UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

urn:nbn:de:hbz:466:1-96800

Visual Library

E. 7x 4480
66/III

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

4480

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Allgemeine

Baukonstruktionslehre

mit besonderer Beziehung

auf das

Hochbauwesen.

Ein Handbuch zu Vorlesungen und zum Selbstunterricht.

Begründet

von

G. A. Breymann,

† Baurat und Professor an der Königl. Polytechnischen Schule in Stuttgart.

Neu bearbeitet

von

H. Lang,

† Oberbaurat und Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Karlsruhe

Dr. Otto Warth,

Oberbaurat und Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Karlsruhe

O. Königer,

Königl. Preuß. Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor in Halle

und

A. Scholtz,

vorm. Dozent für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Königl. Technischen Hochschule in Berlin.

In 4 Bänden.

Band IV: Verschiedene Konstruktionen,

insbesondere:

Heizungs-, Lüftungs-, Wasserversorgungs- u. Beleuchtungs-Anlagen. Haustelegraphen u. Telephone. Grundbau. Mit einem Anhang: Die Bauführung.

Vierte, gänzlich neubearbeitete Auflage

von

A. Scholtz,

vorm. Dozent für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Königl. Technischen Hochschule in Berlin.

Leipzig,

J. M. Gebhardt's Verlag.

1900.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

E 7. 4480
66/IV

Verschiedene Konstruktionen,

insbesondere:

Heizungs-, Lüftungs-, Wasserversorgungs- und Beleuchtungs-Anlagen. Haustelegraphen und Telephone. Grundbau.

Mit einem Anhang:

Die Bauführung.

Vierte, gänzlich neubearbeitete Auflage

von

A. Scholtz,

vorm. Dozent für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Königl. Technischen Hochschule in Berlin.

Mit 837 Holzschnitten und 75 teilweise in Farben ausgeführten lithographierten Figurentafeln, darunter 32 Doppeltafeln.

Leipzig,
J. M. Gebhardt's Verlag.
1900.

819
D/X
UNIVERSITÄTS-BIBLIOTHEK PADERBORN

Alle Rechte, insbesondere
das Recht der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten.

Universitätsbibliothek Paderborn 44

03
MQ
18805

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vorwort zur vierten Auflage.

Für die vorliegende vierte Auflage hat eine sorgfältige Bearbeitung des Textes und soweit der theoretische Teil in Betracht kommt, eine rechnerische Nachprüfung der Formeln und Zahlenwerte stattgefunden. Außerdem ist aber auch der Lehrstoff nicht unbeträchtlich erweitert, so in § 12 des I. Abschnittes durch Mitteilungen über Formveränderungen freistehender Schornsteine und durch die in § 42 behandelten Öfen für Centralluftheizung resp. durch einige der neuesten Dampfkessel mit Zugregulatoren für Niederdruckheizung. Der die künstliche Lüftung durch Maschinen behandelnde Text ist durch neu eingefügte Illustrationen bereichert, und in § 79 sind die neuesten Kontrollapparate für Lüftungsanlagen zur Darstellung gebracht. Die ausgeführten Beispiele über Lüftungsanlagen sind durch die auf den Tafeln 52 bis 55 dargestellte Lüftungsanlage des neuen Stadttheaters in Rostock vermehrt.

Das zweite Kapitel des II. Abschnittes behandelt in eingehender Weise bei knappem, aber durch zahlreiche Illustrationen geschmücktem Text die elektrische Beleuchtung, welche zur Zeit eine sehr umfangreiche Verwendung bei Anlage von öffentlichen und Privatgebäuden findet; die neue Tafel 67 bringt den Verteilungsplan einer elektrischen Beleuchtungsanlage in der üblichen farbigen Darstellung.

Erheblich erweitert sind ferner die im dritten Kapitel behandelten „Gasbeleuchtungsanlagen in Gebäuden“ durch die nach ihren Entwickelungsstadien vorgeführte Beleuchtung mit Gasglühlicht und dessen Verwendung zur Straßenbeleuchtung; auch der Anwendung des Gases zum Kochen und Heizen mußte ein dem gesteigerten Konsum dieses Leuchtstoffes entsprechender Raum des Werkes gewidmet werden. Endlich ist auch die Beleuchtung mit flüssigen Leuchtstoffen durch detaillierte Darstellung der dazu verwendeten neuesten Lampenformen ausreichend besprochen.

Den Schluß des dritten Kapitels bildet die Acetylenbeleuchtung in einer den Zwecken der Bautechnik genügenden, knappen Darstellung, welche neben den eigentlichen Betriebsapparaten auch konstruktive Angaben über Ausführung der Rohrleitung und die zur Zeit gebräuchlichsten Brennerformen enthält. Uber die Leuchtkraft der Acetylenflamme und das Preisverhältnis verschiedener Beleuchtungsarten sind tabellarische Angaben beigefügt.

Das Kapitel über Haustelegraphen und Telephone ist durch Angaben über den Bau vollständiger telephonischer Apparate dem Stande dieser modernen Technik entsprechend erweitert.

Für den III. Abschnitt (Grundbau) ist im allgemeinen Umfang und Einteilung des Stoffes

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

beibehalten, aber Bedacht genommen, daß auch die in der modernen Wasserbautechnik zur Anwendung gelangenden Maschinen in Zeichnung und Beschreibung vorgeführt werden, als da sind: Schöpfmaschinen, Dampframmen mit endloser oder rücklaufender Kette, transportable Dampfmaschinen zum Abschneiden der Pfähle unter Wasser, fahrbare und stationäre Beton- und Mörtelmischmaschinen und dergl. Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß auch die Anzahl der Figurentafeln durch 14 neue Tafeln, darunter 5 Blatt in Farbendruck, vermehrt worden ist.

Zum Schluß ist es mir Bedürfnis, auch der Förderung zu gedenken, welche dem Werke, namentlich im illustrativen Sinne, durch vorzügliche zeichnerische und anderweitige Beiträge von hochansehnlichen deutschen Firmen des Beleuchtungsfaches zu teil geworden ist.

Der vierte Band sei hiermit auch in seiner neuen, erweiterten Auflage dem wohlwollenden Urteil der Fachgenossen empfohlen.

Berlin, im Dezember 1899.

Der Verfasser.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Inhaltsverzeichnis.

I. Abschnitt. Die Feuerungsanlagen.

Seite

Erstes Kapitel. Theorie der Feuerungsanlagen.

§ 1. Definitionen 1
§ 2. Die Brennmaterialien und die Verbrennung 1
§ 3. Chemische Zusammensetzung der Brennmaterialien . . 2
§ 4. Heizeffekt der Brennmaterialien 3
§ 5. Ermittelung der zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge 5

Zweites Kapitel. Feuerungsanlagen im allgemeinen.

§ 6. a) Der Verbrennungsraum 6
Rostformen 6
Heizthür. Aschenraum 9
§ 7. Die Rauchverzehrung 9
§ 8. b) Der Heizraum 11
§ 9. c) Der Schornstein 13
Querschnittsform und architektonische Ausbildung desselben 14
Schornsteinaufsätze 15
§ 10. Ausführung der Schornsteine 15
§ 11. Stabilität freistehender Schornsteine 19
1) Bedingungen der Stabilität 19
2) Bestimmung des Winddruckes 21
§ 12. Formveränderungen freistehender Schornsteine 24

Drittes Kapitel. Transmission der Wärme durch feste Wände.

§ 13. Vorbemerkungen 29
§ 14. Wärmeverluste bei konstanten Temperaturen 30
I. Emission der Wärme 30
Anwendung der Formeln 32
§ 15. II. Transmission der Wärme 33
§ 16. Transmission der Wärme durch Gläser 36
§ 17. Herleitung der Wärmedurchgangs-Koeffizienten . . . 38
§ 18. Wärmeverlust bewohnter Räume 41
§ 19. Einfluß äußerer Temperaturveränderungen auf die Transmission der Mauern 42
§ 20. Intermittierende Heizung 43
§ 21. Empirische Koeffizienten 44

Viertes Kapitel. Heizungsanlagen in Gebäuden.

§ 22. Vorbemerkungen 45
§ 23. I. Kaminheizung 45

Seite

§ 24. Verbesserte Kamine von Rumford, L'Homond u. s. w. 48
Russischer Wandkamin 49
§ 25. Kamine mit Luftcirkulation von C. Geiseler und E. Wille 50
Kamine mit Ventilation 51
Neuere englische Kamine (Kensington-Kamine u. s. w.) 52
§ 26. Freistehende eiserne Kamine mit durchbrochenem Mantel 53
§ 27. Kaminöfen (Cheminées-poêles) 55

Fünftes Kapitel.

II. Heizung mit Zimmeröfen 57
§ 28. Allgemeine Prinzipien 57
§ 29. I. Eiserne Öfen 58
Säulenöfen 59
Etagenöfen 60
§ 30. Verbesserte Einrichtungen eiserner Öfen . . 61
Cirkulationsofen von Leras 61
Füllofen von Gourney 61
Füllofen von Dr. Meidinger 62
Der Pfälzer Schachtfüllofen 63
Der Regulierofen von Kustermann in München 64
Ventilationsfüllofen von Förster & Runge (vorm. Geiseler) in Berlin 64
Regulieröfen des Eisenwerkes „Lauchhammer". . . 65
Koris Patentofen für Dauerbrand 65
§ 31. Mantelöfen 66
Amerikanische Öfen (Crown-Jewel) 67
Cadés Kaminofen 68
II. Thönerne Öfen (Öfen für periodische Heizung) 69
§ 32. Massenöfen 69
Der schwedische Ofen. Der russische Ofen 70
§ 33. Geschichtliche Entwickelung des Ofenbaues 71
§ 34. Konstruktion der Kachelöfen 74
Verschlußvorrichtungen 77
Kitthüren. Balkenthüren. Hebelthüren 77
III. Gemischte Öfen 78
§ 35. Öfen von Winiwarter, Staebe 78
Ofen von Born, Feilner'sche Öfen 79
Einsatz- oder Gitteröfen von Duvigneau 80
§ 36. Rundöfen aus Schmelzkacheln von E. Meyer, Karlsruhe 82
Achteckiger Majolika-Ofen 82

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 37. I. Bestimmung des Nutzeffektes der Stubenöfen . . 83
II. Verhältnisse zwischen der Heizfläche und dem zu erwärmenden Raume 83
III. Erneuerung der Luft der Wohnräume mittels Ofenheizung 84

Sechstes Kapitel. Centralheizungen.

§ 38. Vorzüge derselben. Systeme der Centralheizung . . 86

A. Die Luftheizung.

§ 39. Würdigung des Systems. 86
A. Der Luftheizungsofen. 91
§ 40. Geschichtliche Übersicht der älteren Central-Luftheizapparate (1825 bis 1855) 91
§ 41. Kurze Übersicht der neueren Leistungen. (1855 bis 1898) 93
§ 42. Die modernen Centralapparate für Luftheizung . . . 95
I. Centralschachtofen des Eisenwerks Kaiserslautern 95
II. Der Strahlenraumofen von Prof. Dr. Wolpert in Kaiserslautern 96
III. Luftheizofen von Weibel, Briquet & Comp. in Genf 97
IV. Centralheizungsofen mit Korbrost-Feuerung von Möhrrlin in Stuttgart 98
V. Centralheizungsofen von J. H. Reinhardt in Würzburg 99
VI. Luftheizapparat von Sturm 100
VII. Luftheizungsapparat von Emil Kelling in Dresden 101
VIII. Luftheizapparat von Fischer & Stiehl in Essen . 102
IX. Körtings Patent-Kalorifère 102
X. Vertikal-Gegenstrom-Kalorifère von Kori in Berlin 103
§ 43. Bestimmung des Nutzeffektes und der Heizfläche der Luftheizapparate 105
§ 44. Die Luftleitungsvorrichtungen 106
§ 45. Die Regulierungsvorrichtungen des Leitungssystems . 110
§ 46. Entnahme, Reinigung und Befeuchtung der Luft . . 111
§ 47. Luftheizungsanlage im Direktorialgebäude des Physiologischen Institutes zu Berlin 113
Berechnung der Luftheizungsanlage für das Direktorial-Wohngebäude des Physikalischen Institutes zu Berlin 114
A. Berechnung der Wärmetransmission des Gebäudes 118
B. Übersicht des Gesamt-Wärmeverlustes 120
§ 48. Heizung und Ventilationsanlage der Volksschule am Albanithor in Göttingen 121
§ 49. Kanalheizung. 122
Anordnung der Feuergänge und des Feuerraumes . 123
Heizanlage der Kirche zu Templin 123
Bestimmung der Heizfläche bei Kanalheizungen . . . 125

B. Die Wasserheizung.

§ 50. Prinzipien der Cirkulationsheizung 125
Geschichtliches 126
Allgemeine Übersicht der verschiedenen Systeme der Wasserheizung 127
§ 51. A. Die Warmwasserheizung mit Niederdruck . . . 128
(Der Kessel. — Das Rohrsystem. — Die Expansionsvorrichtung — Heizkörper. — Register. — Wärmeregler).
§ 52 B. Warmwasserheizung mit Mitteldruck. 135
§ 53. C. Heißwasserheizung 138
Allgemeine Anordnungen 138
§ 54. Das Röhrensystem und seine Verbindung 141
§ 55. Die Öfen und deren Montierung 142

Seite

§ 56. Transmissionsröhren 146
Anwendungen.
§ 57. I. Warmwasser-Niederdruckheizung im Schulhaus zu Westerwik in Schweden 150
II. Warmwasser-Mitteldruckheizung der Realschule zu Darmstadt 150
§ 58. III. Heißwasser-Mitteldruckheizung einer Villa zu Lipnik (in Österreichisch-Schlesien) 153
§ 59. Berechnung der Wasserheizungen 155
Berechnung einer Niederdruckheizungsanlage in Petersburg 155
§ 60. Berechnung der Heizungsanlage zu Lipnik 159

C. Die Dampfheizung.

§ 61. Erklärung und Geschichtliches 163
§ 62. Bestimmung der einzelnen Teile einer Dampfheizung 164
Dampfkessel, Dampfleitung. Rohrverbindungen, Lufthähne 164
Luftein- und Auslaßventile 167
Dampfein- und Auslaßventile. Retourauslaßventile . 168
Dampfverteiler 169
Kondensationskammern. Kondensationswasserableiter . 170
Kondensationswasserableiter von Schäffer & Budenberg in Magdeburg und von Kusenberg 170
§ 63. Heizkörper für Dampfheizung 171
§ 64. Kombinierte Dampfwasserheizung 173
Das Sulzer'sche System 173
Anwendungen.
§ 65. Dampfheizung im Physiologischen Institut zu Berlin. Tabellarische Übersicht des Wärmebedarfs und der erforderlichen Heizflächen 174
§ 66. Niederdruck-Dampfheizung 178
I. System Bechem & Post 179
II. System Körting (mit Syphon-Luftregulierung) . 180
III. System der Gebr. Poensgen. 182
§ 67. Berechnung der Dampfheizungen 183
Kosten der Dampfheizung 185

Kombinierte Centralheizsysteme.

§ 68. I. Kombination der Heißwasserheizung mit der Luftheizung 186
II. Verbindung der Warmwasserheizung mit der Luftheizung 186
III. Kombination der Dampfheizung mit der Luftheizung 187
§ 69. Vergleich der gebräuchlichsten Heizsysteme 188

Siebentes Kapitel. Lüftung der Gebäude.

§ 70. Geschichtliche Vorbemerkungen. Litteratur 189
§ 71. Prinzipien der Ventilation.
Notwendigkeit des Luftwechsels 191
Verschlechterung der Luft durch den Lebensprozeß der Menschen 192
Einfluß der Beleuchtung auf die Verschlechterung der Zimmerluft 193
Überhitzung der Luft durch Wärmeproduktion der Menschen 195
Ausscheidung von Wasserdampf durch den Lebensprozeß der Menschen 196
Verderbnis der Luft durch die Bauart des Gebäudes 196
Verderbnis der Luft durch Staub 197

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 72. Ventilationsbedarf 197
§ 73. Arten der Lüftung (Sauglüftung, Drucklüftung) . . 198
§ 74. A. Natürliche Ventilation 199
Permeabilität der Baumaterialien 201
Durchlässigkeit der Wände 201
§ 75. B. Lüftung mit Hilfe von Luftleitungen 202
Abzug der verdorbenen Luft 202
Regeln für die Einführung frischer Luft 203
Querschnitt der Ventilationskanäle 203
Benutzung der Saug- und Druckkraft des Windes . 205
Firstventilation 206
§ 76. C. Künstliche Ventilation
Ventilation durch die Wärme 207
Absaugende Wirkung der Gasflammen 208
Beleuchtung öffentlicher Lokale. Sonnenbrenner . . 209
§ 77. Ausgeführte Beispiele 209
Scharrath'sche Porenventilation 210
§ 78. Lüftung durch Maschinen 211
A. Schraubenventilatoren 211
Schraubenventilatoren mit Wasserbetrieb: a) Aërophor, b) Kosmos-Ventilator 212
Schraubenventilator von Schiele & Co., Frankfurt a. M. 213
Schraubenventilator mit elektrischem Antrieb von Blackmann 214
B. Centrifugalventilatoren 214
C. Strahlapparate 216
1) Körtings Patentventilator 216
2) Strahlapparat von Lutzner 217
D. Ventilation mit Druckluft 217
§ 79. Prüfung von Lüftungsanlagen 218
1) Anemometer von Combes 218
2) Anemometer von Negretti & Zambra . . . 219
3) Anemometer von Casella 219
4) Anemometer von Recknagel 220
5) Anemometer von Hardy mit elektrischem Zähler . 220
Methode der Beobachtung mit dem Anemometer . . 220
Indikatoren. Thermometer 220
Regelung der Raumtemperaturen 221
Kontrollthermometer von G. A. Schultze, Berlin . 221
Spiegelapparat von Fischer & Stiehl in Essen . . 222
Thermotelegraphen 223
Der Fernmeßinduktor von Prof. Dr. Mönnich . . 223
Bestimmung der Luftfeuchtigkeit 224
Prozenthygrometer von Hottinger & Co., Zürich . 224
Psychrometer von Krell in Nürnberg 225

Praktische Anwendungen.

§ 80. I. Lüftung der Wohnräume 225
§ 81. II. Lüftung der Schulen 228

Seite

§ 82. III. Lüftung von Auditorien und amphitheatralischen Hörsälen 231
§ 83. IV. Lüftung der amphitheatralisch gebauten Sitzungssäle der Parlamente 232
§ 84. V. Lüftung der Theater 235
Geschichtliche Vorbemerkungen 235
Die neuere, reationelle Lüftung der Theater . . 236
Das Stadttheater in Rostock 240
§ 85. VI. Lüftung der öffentlichen Lokale 241
„ „ Gesellschaftssäle 242
„ „ Speisesäle 242
§ 86. VII. „ „ Krankenhäuser 243
§ 87. VIII. „ „ Gefängnisse 245
IX. „ „ Kasernen 246
§ 88. „ „ Oberlichtsäle und Lichthöfe . . . 248
§ 89. Aufstellung von Projekten und Berechnungen zur Erwärmung und Lüftung öffentlicher Gebäude 248
§ 90. Anleitung zur Aufstellung von Programmen und Entwürfen für Centralheizungs- und Lüftungsanlagen . 249
I. Leistungen der Bauverwaltung 249
II. Ausarbeitungen der Bewerber 249
III. Vorschriften für die Bearbeitung der Programme und Entwürfe 250
IV. Allgemeines.
1) Verfahren bei Vornahme von Druckproben und Probeheizungen 254
2) Betriebsvorschrift 254
Tabelle zur Berechnung der stündlichen Wärmeverluste 255

Achtes Kapitel. Verschiedene Feuerungsanlagen.

§ 91. Anlage von Kochherden 258
§ 92. Plattenherde mit Wänden aus Kacheln 259
Freistehende Kochherde 260
§ 93. Kochherde aus Eisen 261
Anwendungen.
§ 94. Kücheneinrichtung im Palais von Tiele-Winkler in Berlin 262
I. Kochherd 263
II. Etagenbackofen 263
III. Feuerungen mit Bratspießvorrichtung 264
IV. Das Wärmspind 264
V. Der Abspültisch 264
VI. Der Waschtisch 264
VII. Der Wasserbehälter 264
VIII. Der Anrichtetisch 264
§ 95. Einmauerung von Koch- und Waschkesseln . . . 264

II. Abschnitt. Wasserversorgungs- und Beleuchtungsanlagen, Haustelegraphen und Telephone.

Erstes Kapitel. Wasserversorgung der Gebäude.

§ 1. Geschichtliches 267
§ 2. Beschaffenheit des Wassers 268
§ 3. Wasserverbrauch pro Kopf 268
§ 4. Wassergewinnung 269
A. Quellwasserleitung 269
B. Entnahme von Wasser aus Seen und Flüssen . . 270
§ 5. C. Fassung des Grundwassers 270
I. Kesselbrunnen 271
II. Rohrbrunnen 272
III. Artesische Brunnen 274
D. Vereinigung verschiedener Arten der Wasserfassung 274
§ 6. Das Rohrnetz und der Anschluß der Hausleitung an die Straßenröhren 275

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

Der Anschluß der Privatgrundstücke an das Straßenrohr 275
Die Wassermesser 277
§ 7. Das Röhrenmaterial 278
Die Abzweigungen vom Hauptrohr in die Gebäude 278
Verbindung und Befestigung der Bleirohre 279
§ 8 Ausflußvorrichtungen im Innern der Gebäude 280
I. Küchenausläße 281
II. Waschtoiletten 282
§ 9. III. Badeeinrichtungen 286
Badewannen, Badeöfen, Badehahn-Garnituren, Ausstattung der Baderäume.
§ 10. IV. Anlage der Klosetts mit Wasserspülung . . . 290
Pissoire mit selbstthätiger periodischer Spülung . 294
§ 11. Ausflußvorrichtungen im Freien 295
Anlage der Feuerhähne und Sprenghähne 296
§ 12. Ausführung der Hausanschlüsse an die Kanalisation . 297
§ 13. Anwendungen 298

Zweites Kapitel. Elektrische Beleuchtung.

§ 1. Geschichtliches und Litteratur 300
§ 2. Einleitung 300
§ 3. Allgemeines 301
§ 4. System der Stromerzeugung 302
Stromverteilung 303
Drehstromschaltung 303
§ 5. Die Maschinenstation 303
Dynamomaschinen 304
Die Schalttafel 306
§ 6. Accumulatorenstation 306
§ 7. Anschluß an das Netz einer Centrale 307
§ 8. Elektrizitätszähler 309
§ 9. Schalter 310
§ 10. Schmelzsicherungen 312
§ 11. Leitungsmaterial 313
§ 12. Verlegen der Leitungen 314
System Adt, Böddinghaus, Peschel 315
§ 13. Lichtquellen 316
§ 14. Glühlampen 317
Einzellampen, Wandarme, Hängelampen, Kronen.
§ 15. Bogenlampen 321
a) Gleichstromlampen 321
b) Wechselstromlampen 321
Hauptstromlampen 321
Nebenschlußlampen 322
Differentiallampen 322
Wechselstrombogenlampen 322
Spannung beim Brennen 323
§ 16. Die Leuchtkraft der Bogenlampen 323
Beruhigungswiderstände 325
Transformatoren 325
Deckenreflektoren 326
§ 17. Die Aufhängevorrichtungen für Bogenlampen . . . 327
Laternenständer (Masten) 327
§ 18. Lichtverteilung 328
Farbe des Lichtes 329
§ 19. Herstellung des zeichnerischen Entwurfes für Beleuchtungsanlagen 329
§ 20. Beispiel einer Beleuchtungsanlage (Verteilungsplan) . 330

Seite

Drittes Kapitel. I. Gasbeleuchtungsanlagen in Gebäuden.

§ 1. Geschichtliches und Litteratur 331
§ 2. Intensität des Lichtes 331
§ 3. Meßapparate (Photometer) 332
Die Lichteinheit.
§ 4. Zusammensetzung des Leuchtgases 333
§ 5. Das Leuchten der Flamme 334
§ 6. Mittel zur Erhöhung der Leuchtkraft 335
§ 7. Zuleitung des Gases ins Innere der Gebäude 336
Gasmesser (Gaszähler) 336
Automatische Gasmesser 337
§ 8. Verbindung der Privatrohrleitung 338
§ 9. Die Brenner 341
Einlochbrenner, Zweilochbrenner, Schnittbrenner, Rundbrenner (Argandbrenner) 342
Einfluß des Gasdruckes auf die Brennerflamme . . 343
Druckregler, Flammenregler 344
Verbesserte Argandbrenner 345
§ 10. Die Regenerativ-Gasbeleuchtung 346
§ 11. Gasglühlicht 350
Entwickelungsformen der Brenner für Incandescenzbeleuchtung 351
§ 12. Leuchtkraft des Auer'schen Gasglühlichtes 352
§ 13. Beleuchtungsapparate 353
A. Apparate für Innenbeleuchtung: Wandlampen, Hängelampen mit Zugvorrichtung, Ampeln, Krystallkronen, Gruppenbrennerlampen
§ 14. B. Straßenbeleuchtung.
Kandelaber und Laternen 357
Straßenbeleuchtung durch Argandbrenner und Regenerativbrenner 358
Straßenbeleuchtung mit Gasglühlicht, Zündflammen, Kosten der Straßenbeleuchtung mit Gasglühlicht . 359
§ 15. Ermittelung der Beleuchtungskosten bei Verwendung verschiedener Brenner 360
§ 16. Lüftung mittels Gas 361

II. Die Anwendung des Gases zum Heizen und Kochen.

§ 17. Allgemeine Vorbemerkungen 361
Die Formen der Kochbrenner 362
Röhrenbrenner (für Bratgefäße) 363
§ 18. Einrichtungen zum Kochen und Braten . . . 364
§ 19. Badeöfen mit Gasheizung 366
§ 20. Gasheizöfen 370

Viertes Kapitel. Beleuchtung mit flüssigen Leuchtmaterialien.

§ 1. Die Spiritus-Glühlichtbeleuchtung 374
Spirituslühlampe „Phöbus" 375
§ 2. Spiritusgasherde 376
§ 3. Die Petroleum-Glühlichtbeleuchtung 377
§ 4. Gasstoff 379

Fünftes Kapitel. Acetylenbeleuchtung.

§ 1. Geschichtliches 380
§ 2. Calciumcarbid 380
Die elektrischen Öfen 381

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite
§ 3 Das Acetylen, dessen Herstellung und Eigenschaften . 382
§ 4. Apparate zur Acetylenentwickelung 383
§ 5. Die Rohrleitung 385
§ 6. Die Brenner für Acetylengas 386
§ 7 Leuchtkraft und Temperatur der Acetylenflammen . . 388
§ 8. Regeln für die Installation von Acetylenbeleuchtungsanlagen 388
Nachtrag zu den Beleuchtungsanlagen.
Kosten verschiedener Lichtquellen 389

Sechstes Kapitel. Anlage der Haustelegraphen und Telephone.

I. Pneumatische Haustelegraphen und Sprachrohre.
§ 1. Allgemeines 391
Geschichtliches 391
§ 2. Das System 391
Rohrleitung, Druckknöpfe 391, 392
Zugapparate 393
Pneumatische Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen von Ventilationsklappen. 394
Pneumatische Thüröffner 394
§ 3. Die pneumatischen Signalapparate 394
a) Apparate mit einfachem Schlag 394
b) Apparate mit Carillon-Weckerschlag 395
c) Alarmapparate mit Weckerschlag 395
d) Signaltableau oder Klappenapparate 396
§ 4. Sprachrohre 397
II. Elektrische Haustelegraphen und Telephone.
§ 5. Allgemeines 398
§ 6. Die konstanten Elemente 399
a) Das Meidinger-Element 400
b) Das Element Leclanché. Trockenelemente . . . 401
§ 7. Batterie und Wandleitungen 402
§ 8. Die Telegraphenapparate.
A. Einfache Läutetasten für galvanische Ströme . . 403
1. Die Läutetaste oder der Drücker 403
2. Zugkontakte 404
3. Fußboden- oder Tretkontakte 405
4 Bewegliche Kontakte 405
5. Thürkontakte 405
6. Der Umschalter 406
B. Die Klingeln 406
Bréguets Klingel mit einfachem Schlage . . 406
Rasselklingel mit Selbstunterbrechung 406
C. Kombiniertes Schlag- und Klingelwerk 407
D. Läuteapparate mit Triebwerk 407
E. Klingeln mit sichtbarem Signal 408
F. Fortschellklingel in Verbindung mit einen Tableau 409
§ 9. Anlage und Einrichtung der Hausleitungen . 409
Schemata für einfache elektrische Anlagen 411
§ 10. A Telephonische Anlagen 411
I. Telephon von Graham Bell 411
II. Telephon mit Rufapparat von Dr. Werner Siemens 412
III. Löffeltelephone 412
IV. Doppeltelephon 413
B. Das Mikrophon 413
Die vollständigen Apparate 416
Umschalter 416
Stromwender 416
Centralumschalter 416
Umschaltstation mit Klappenschrank 417
Sprechzellen 417
Die Telephonleitung 417
Resumé 418

Siebentes Kapitel. Anlage der Blitzableiter.

Litteratur 419
Konstruktionsregeln 419
Der Schutzkreis 421
Die Leitung 422
Galvanische Prüfung der Blitzableiter 424
Gutachten, betreffend die Wirkung des Blitzschlages beim Schulhause zu Elmshorn 424

III. Abschnitt. Der Grundbau.

Vorbemerkungen 426
§ 1. Klassifikation des Baugrundes 426
§ 2. Druckfestigkeit der Felsarten 428

Vorarbeiten des Grundbaues.

§ 3. Untersuchung des Baugrundes
I. Durch Aufgraben 429
II. Mit dem Sondiereisen 429
III Durch Erdbohrer 429
Bohren unter Anwendung von Futterröhren . 431
Das Bohrgestänge 432
IV. Durch Einrammen von Probepfählen . . 434
V. Durch Probebelastung 434

Herstellung und Trockenlegung der Baugrube.

§ 4. Das Ausheben der Fundamentgräben 434
§ 5. Transportmittel 435
§ 6. Das Wasserschöpfen. Wahl der Schöpfmaschinen . . 438
§ 7. Ausschöpfen mit Handeimern 439
§ 8. Hölzerne Kolbenpumpen 440
Transportable Doppelpumpen mit eisernem Cylinder 441
Centrifugalpumpen 442
Wasserschnecken 442
§ 9. Baggerarbeiten.
Stiel- und Sackbagger, Eimerbagger. — Schaufelbagger. — Drehbagger. Indische Schaufel 443
Der Millroy'sche Exkavator Die Sandpumpe . . 444
Entfernung von Hindernissen unter Wasser 445

Umschließung der Baugrube.

§ 10. Konstruktion der Fangedämme 445
Das Füllen derselben 448
§ 11. Von den Fundamenten 450
§ 12. Gründung auf gutem, festem Baugrunde 450

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 13. Allgemeine Regeln 452
§ 14. Gründung auf schlechtem Baugrunde 452
§ 15. Gründung auf Schwellrost 453
§ 16. Gründung auf Sandschüttung 454
§ 17. Gründung auf Pfahlrost 455

Ausführung der Rammarbeiten

§ 18. Die Handramme 457
§ 19 bis 21. Die Zugramme 458
§ 22. Die Stützenramme 461
§ 23. Bedienung der Rammen 461
§ 24. Die Kunstramme 462
§ 25. Die Nasmyth'sche Dampframme 464
Die Dampframmen, System Menck & Hambrock, Ottensen 465
Dampframmen nach dem System Lacour 466
Die Pulverramme von Shaw 467
§ 26. Arbeitsleistung bei verschiedenen Rammen und Kosten des Rammens 467
§ 27. Einspülen von Pfählen mittels Druckwassers 468

Seite

§ 28. Von den Holzpfählen 469
§ 29 Tragfähigkeit der Pfähle 470
§ 30. Ausziehen und Abschneiden der Pfähle unter Wasser . 471

Beton- und Mörtelmaterialien.

§ 31. Geschichtliches und Definitionen 473
§ 32. Romancement Portlandcement 473
§ 33. Puzzolane. Traß und dessen Prüfung 475
§ 34 Bereitung des Traßmörtels 477
§ 35. Mischungsverhältnisse bei Betonbereitung 477
§ 36 u. 37. Das Mischen und Versenken des Betons 478, 480
§ 38. Beispiele der Gründung auf Beton 482
§ 39. Gründung mit Erdbögen 483
§ 40. Anwendungen 484
§ 41. Gründung auf Senkbrunnen 484
Form und Anordnung der Brunnen 485
Ausfüllung der Brunnen 486
§ 42. Gründung mittels hölzerner Senkkasten 487
§ 43. Rückblicke 489

IV. Abschnitt. Die Bauführung.

§ 1. Vorarbeiten 490
§ 2. Die Baupläne 490
§ 3. Der Kostenanschlag 491
Einteilung in Titel 492
Baupreise 492
§ 4. Der Erläuterungsbericht 493
§ 5. Das Verdingen der Bauten und die Form der Baukontrakte 494
§ 6. Allgemeine Bedingungen 495
Specielle Bedingungen 498
§ 7. Technische Vorbereitung auf der Baustelle 501
§ 8 Von der Führung des Baues 503

Erster Abschnitt.

Die Feuerungsanlagen.

Erstes Kapitel.

Theorie der Feuerungsanlagen.

§ 1.

Definitionen.

Mit dem Namen Feuerungsanlage wird im allgemeinen jede Vorrichtung bezeichnet, auf welcher Brennmaterialien verbrannt werden, um die Verbrennungswärme derselben zu irgend einem speziellen Zweck nutzbar zu machen. — Je nach der Art des zu verwendenden Brennmateriales und dem Zwecke, dem es dienen soll, wird demnach die Konstruktion der Feuerungsanlagen sich sehr mannigfach gestalten können.

Doch lassen sich in der Regel bei einer derartigen Konstruktion drei Hauptteile unterscheiden:

1) der Verbrennungsraum (Feuerraum) oder Herd,
2) der Heizraum, in dem die Wärme nutzbar gemacht, d. h. wo den Verbrennungsprodukten die Wärme, die sie liefern sollen, entzogen wird, und
3) der Schornstein, der die lästigen Verbrennungsprodukte in gehöriger Höhe in die Atmosphäre führt und hauptsächlich den zur Unterhaltung der Verbrennung nötigen Strom atmosphärischer Luft in den Feuerraum befördert oder — wie man gewöhnlich sagt — den Zug erzeugt.

Nicht immer sind diese drei Teile der Anlage scharf getrennt, es können sozusagen zwei derselben zusammengezogen sein; zuweilen fehlt auch der Schornstein, doch wird der allgemeine Typus auf die vorgenannten Hauptteile sich zurückführen lassen.

Der Endzweck jeder Feuerungsanlage ist daher, entsprechend deren drei Hauptteilen:

die Wärmeerzeugung, die Wärmeübertragung und die Zugerzeugung.

Da es Zweck des vorliegenden Werkes ist, in erster Linie die zur Beheizung von Gebäuden nötigen Anlagen zu besprechen, so setzen wir voraus, daß der zu erwärmende Körper luftförmig oder tropfbar flüssig sei. Eine Darlegung der in gewerblichen Etablissements anzutreffenden und für bestimmte Zwecke errichteten Feuerungsanlagen liegt außerhalb des Rahmens einer Baukonstruktionslehre. Wir wollen uns daher auf Vorführung der dem Bautechniker häufiger vorkommenden Konstruktionen beschränken. Da nun Gestaltung und Abmessung des Feuerraumes von der Beschaffenheit des Brennmateriales und der zu verbrennenden Menge desselben abhängen, so haben wir zunächst die verschiedenen Brennstoffe, welche ihren Aggregatzuständen entsprechend als feste, flüssige und luftförmige unterschieden werden, hier kurz zu besprechen.

§ 2.

Die Brennmaterialien und die Verbrennung.

Die gewöhnlich zur Verwendung kommenden Brennstoffe kann man in natürliche und künstliche einteilen; zu ersteren gehören Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit, zu letzteren Holzkohle, Torfkohle, Coaks, die in Formen gepreßten und alle gasförmigen Brennmaterialien.

Bei allen diesen vorgenannten Körpern ist es lediglich der Kohlenstoff und der Wasserstoff, welcher sich (vollkommene Verbrennung vorausgesetzt) infolge seiner Affinität zum Sauerstoff mit diesem zu Kohlensäure und Wasser ver-

bindet; den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff liefert die Atmosphäre.

Im allgemeinen genügt aber die bloße Berührung des Brennmateriales mit dem Sauerstoff der Luft noch nicht zur Verbindung beider, es muß an irgend einer Stelle die Temperatur bis zu einer gewissen Grenze (500° für gewöhnlich) erhöht werden. Wenn dann an dieser Stelle die Verbrennung eingeleitet ist, werden auch benachbarte Teile auf die Entzündungstemperatur gebracht. Damit sie aber wirklich verbrennen können, muß ihre Berührung mit Sauerstoff ermöglicht sein.

Ist das Brennmaterial entzündet, so wird es durch die Wirkung der Wärme zuerst destilliert, d. h. die flüchtigen Teile werden vom festen Kohlenstoff getrennt. Wenn die auf solche Weise frei gewordenen Kohlenwasserstoffe mit einer genügenden Menge Luft gemischt werden, so brennen sie mit heller Flamme und es bildet sich Kohlensäure und Wasser.

Wenn die bei der Destillation entwickelten Gase unter die Entzündungstemperatur abgekühlt werden, bevor sie mit dem Sauerstoff in Berührung kommen, so kondensieren sich die leicht kondensierbaren, bleiben suspendiert und bringen — je nach ihrer Menge — einen mehr oder weniger dunklen Rauch hervor; zum Teil legen sie sich als Ruß auf die Oberflächen der sogenannten „Züge". Wird der Rauch auf höherer Temperatur als der Entzündungstemperatur gehalten und demselben Luft zugeführt, so entzündet er sich und brennt mit leuchtender, roter, gelber oder weißer Flamme. Vergl. Ferrini, Technologie der Wärme.

§ 3.

Chemische Zusammensetzung der Brennmaterialien.

1) Holz. Man unterscheidet hartes, weiches und harziges Holz. Hart ist das Holz der Buche, Eiche, Ulme; weich dasjenige der Linde, Birke, Erle, Pappel; harzig ist das Holz der Koniferen (Lärche, Fichte, Tanne). Der Unterschied zwischen hartem und weichem Holz liegt nur in der Dichte des Gewebes. — Weiche Holzarten brennen mehr mit Flamme, da sie wasserstoffreicher, auch schneller, da sie porös sind und der Luft mehr Zutritt in das Innere gestatten. Dagegen erzeugen die harten Holzarten nicht so schnell Hitze, konzentrieren sie aber und hinterlassen starke Kohlenglut.

Alle Holzarten enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und gewisse Aschenbestandteile; die erstgenannten Stoffe bilden nach ihrer chemischen Zusammensetzung die Cellulose, welche durch die Atomformel $C_6H_{10}O_5$ dargestellt wird, d. h. die Holzfaser enthält weniger als die Hälfte ihres Gewichtes (44 Proz.) an Kohlenstoff und den Rest an Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnis, wie sie im Wasser vorkommen. Die unverbrennlichen Bestandteile bilden 3 Proz. vom Gewicht des Holzes, in der Rinde bis 7 Proz. derselben.

Frisch gefällte Bäume enthalten hygroskopisches Wasser, und zwar beträgt das letztere etwa $^4/_{10}$ des Holzgewichtes. Wird das Holz im Wetterschutz aufbewahrt und der Rinde entkleidet, so verliert es nach 18 Monaten einen Teil der Feuchtigkeit, es wird lufttrocken und das hygroskopische Wasser beträgt dann nur noch $^1/_5$ vom Gewicht des Holzes.

2) Torf. Der Torf ist das jüngste der fossilen Brennmaterialien; er brennt langsam, mit Flamme und dichtem Rauch. Stets enthält er beträchtliche Mengen hygroskopischen Wassers, welche durch Trocknen an der Luft auf 25 Proz. des Torfgewichtes reduziert werden können. — Trockener Torf bester Qualität enthält nach Regnault: 58 Teile Kohlenstoff, 6 Teile Wasserstoff, 31 Teile Sauerstoff und 5 Teile Asche. Ein Kubikmeter Torf wiegt 250 bis 400 kg.

3) Braunkohlen sind die Reste von Waldungen früherer geologischer Epochen und unterscheiden sich dadurch von den Steinkohlen, daß bei ihnen die Zersetzung noch nicht so weit vorgeschritten ist, als bei diesen. Als Brennstoffe stehen sie zwischen Torf und Steinkohlen mit vielen Übergangsstufen. Sie brennen mit ziemlich hell leuchtender Flamme ohne zu schmelzen und sich aufzublähen; ihr Aschengehalt beträgt 3 bis 6 Proz., zuweilen sogar bis 50 Proz. (sandige und thonige Braunkohle). Die Grubenfeuchtigkeit beträgt 30 bis 50 Proz. des Gewichtes. Analysen von Braunkohlen haben im Durchschnitt ergeben: 67 Teile Kohlenstoff, 5 Teile Wasserstoff, 20 Teile Sauerstoff und 8 Teile Asche.

Braunkohle, an welcher die Holztextur sich noch erkennen läßt, führt den Namen bituminöses Holz oder Lignit.

4) Die Steinkohlen, ebenfalls Reste einer Pflanzenbildung aus der nach ihnen benannten Steinkohlenformation, stammen von Farren der Urwelt, die unter anderen klimatischen Bedingungen wuchsen. Die Verkohlung ist vollständiger, sie zeigen niemals Spuren einer Holzstruktur und sind von schwarzer Farbe. Nach ihrem Aussehen und sonstigen Eigenschaften unterscheidet man:

a) Fette oder bituminöse Steinkohle. Dieselbe brennt mit langer, weißer, stark rußender Flamme. Die Coaks, welche durch Destillation daraus gewonnen werden, sind leicht, voluminös und schwammig. Das spezifische Gewicht der bituminösen Kohlen ist = 1,25; sie enthalten 70 bis 80 Proz. festen Kohlenstoff und beinahe gleiche Gewichte von Wasserstoff und Sauerstoff, welche zusammen 10 Proz. des Gesamtgewichtes ausmachen.

b) Magere Steinkohle, welche härter als die vorhergehende ist, mit weniger lebhafter Flamme und wenig Rauch brennt. Das spezifische Gewicht derselben ist 1,30

und die mittlere Zusammensetzung in 100 Gewichtsteilen des Brennmateriales ist: 80 bis 90 Teile Kohlenstoff, 5 Teile Wasserstoff, 4 Teile Sauerstoff. — Die daraus erhaltenen Coaks sind fest und sehen wie gefroren aus.

c) Trockene Steinkohle ist härter als die vorhergehende, aber nicht so dicht, glänzend, von schwarzem Bruche und brennt mit blauer Flamme, hinterläßt auch beim Brennen erdige Rückstände.

Anmerkungen. Zu den fetten Steinkohlen gehört auch

a[1]) die Schmiedekohle, die ihrer backenden Eigenschaften wegen ausschließlich in den Schmieden verwendet wird. Diese Eigenschaft macht sie dagegen zur Verwendung auf dem Rost ungeeignet, weil sie die Rostspalten verstopft.

a[2]) Die fette Kohle mit langer Flamme wird im Hausgebrauch und auf dem Rost, auch zur Leuchtgasgewinnung verwendet (englische Kohlen).

Die trockenen Kohlen zerfallen ebenfalls in solche, welche lange und kurze Flamme geben; erstere braucht man auf dem Rost, letztere nur zum Betrieb von Kalk- und Ziegelöfen.

5) Anthracit, glänzende Steinkohle, ist das älteste fossile Brennmaterial und besteht beinahe ausschließlich aus 94 bis 96 Proz. Kohlenstoff. In Europa kommt der Anthracit wenig vor, häufiger in Nordamerika, insbesondere aber in Pennsylvanien, wo er zur Stubenheizung (Kaminheizung) verwendet wird. Diese Feuerung ist sehr reinlich, doch erfordert das Brennmaterial starken Zug. Anthracit läßt sich schwer entzünden, brennt langsam, ohne Flamme, ohne Geruch und sichtbaren Rauch und entwickelt bedeutende Hitze.

6) Künstliche Brennmaterialien sind zum Teil solche, welche man aus den festen, natürlichen Brennstoffen durch starke Erhitzung unter Abschluß von Luft erhält. Die aus dem Holze auf solche Weise gewonnenen Produkte der Verkohlung nennt man Holzkohlen. Gute, lufttrockene Holzkohle enthält durchschnittlich 85 Proz. Kohlenstoff, 12 Proz. hygroskopisches Wasser und 3 Proz. Asche; sie ist ziemlich hart, fest, spröde, glänzend schwarz, leicht entzündlich, glüht und verbrennt ohne eigentliche Flamme, höchstens sieht man blaue Flämmchen (brennendes Kohlenoxydgas) davon aufsteigen. — Das Gewicht variiert von 135 bis 250 kg per Kubikmeter.

Torfkohlen werden entweder durch Verkohlung des Torfes in Meilern oder in eigenen Öfen gewonnen. Dieses Brennmaterial ist leicht, schwammig, brennt langsam mit kurzer Flamme und hat 18 bis 20 Proz. Asche als Rückstand. Das Gewicht variiert zwischen 200 und 380 kg per Kubikmeter.

Coaks. Durch Destillation von Steinkohlen in geschlossenen Cylindern (Retorten), wobei sich gleichzeitig Leuchtgas entwickelt, oder in speziell dafür konstruierten Öfen werden Steinkohlencoaks, kurzweg Coaks genannt, gewonnen. Am meisten in Anwendung für häusliche Feuerungen sind die erstgenannten oder Gascoaks. Sie eignen sich vorzüglich zur Stuben- und Küchenfeuerung, wenn die Heizapparate danach eingerichtet sind. Die Feuerung mit Coaks hat die Vorzüge großer Reinlichkeit und Bequemlichkeit. — Für industrielle Zwecke eignen sich besser die in Öfen erzeugten Coaks, da sie dichter als die Gascoaks sind. Dies Material enthält, wenn von der ziemlich variablen hygroskopischen Feuchtigkeit desselben abgesehen wird, im Durchschnitt 93 Proz. Kohlenstoff, sonst nur Asche. Aus 100 kg Steinkohlen werden 40 bis 70 kg Coaks gewonnen.

Briquetten oder Kohlenziegel werden gewöhnlich aus sonst schlecht verwertbaren pulverförmigen Abfällen von Steinkohlen und Braunkohlen, die mit Steinkohlenteer zu einem Teig angemacht werden, durch Pressung hergestellt. Sie liefern ein gutes, reinliches und auch billiges Heizmaterial.

§ 4.

Heizeffekt der Brennmaterialien.

Zur Messung einer gewissen Wärmemenge benutzt man gewöhnlich irgend eine Wirkung, die sie hervorbringt. Als Einheit für die Messung wird allgemein die Wärmemenge benutzt, welche 1 kg Wasser von 0° auf 1° C. erwärmt, und diese mit dem Namen Kalorie oder Wärmeeinheit bezeichnet.

Die spezifische Wärme eines Körpers bei einer gegebenen Temperatur ist die Wärmemenge, welche eine Menge dieses Körpers im Gewicht von 1 kg um 1° in der Temperatur erhöht. Hiernach ist die Kalorie nichts anderes, als die spezifische Wärme des Wassers bei 0°.

Die Anzahl Kalorien, welche man durch die vollständige Verbrennung von 1 kg eines Brennmateriales erhält, ist dessen absoluter Wärmeeffekt.

Daß durch chemische Verbindungen im allgemeinen Wärme erzeugt, durch Zersetzungen solche konsumiert wird, mag als bekannt gelten; auch kann man annehmen, daß die Zersetzung eines Körpers in seine chemischen Bestandteile ebensoviel Wärme erfordert, als bei der Verbindung dieser Teile entwickelt wurde, vorausgesetzt, daß die getrennten Stoffe wieder in den Zustand versetzt werden, in dem sie sich vor ihrer Verbindung befanden.

Die in § 3 vorgeführten Brennmaterialien bestehen nun sämtlich aus Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; der darin enthaltene Kohlenstoff und Wasserstoff kann aber erst nach Trennung der chemischen Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft neue Verbindungen eingehen. Da ferner die Verbrennungsprodukte stets gasförmig sind, auch wenn das Brennmaterial fest war, so können wir nunmehr die vorstehende Definition dahin erweitern:

Der absolute Wärmeeffekt eines Brennmateriales ist die algebraische Summe der Wärmemenge, die durch Verbrennung des in 1 kg desselben enthaltenen Kohlenstoffes und Wasserstoffes entwickelt wird, minus der Wärmemengen, die durch die Zersetzung und die molekulare Arbeit der Verflüchtigung des Brennmateriales, das vorher fest oder flüssig war, verbraucht werden.

Für das zweite Glied dieser Summe fehlen meist die nötigen Angaben. Nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse der Versuche von Favre und Silberman[1]) über die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche bei der Verbrennung einiger Körper in reinem Sauerstoff erzeugt werden.

Tabelle I.

	Wärmeeinheiten
Holzkohle zu Kohlenoxyd verbrannt	2 473
Holzkohle zu Kohlensäure verbrannt	8 080
Natürlicher Graphit zu Kohlensäure verbrannt	7 810
Diamant zu Kohlensäure	7 770
Kohlenoxyd	2 403
Wasserstoffgas	34 462
Sumpfgas (CH_4)	13 063
Ölbildendes Gas (C_2H_4)	11 858
Stearinsäure	9 820
Weingeist	7 184
Petroleum	11 773

Wie aus vorstehender Tabelle hervorgeht, giebt ein Kilogramm festen Kohlenstoffes, in Kohlensäure umgewandelt, eine verschiedene Anzahl Wärmeeinheiten je nach dem Grade seiner Dichtigkeit, je nachdem es als Holzkohle, Graphit oder Diamant sich vorfindet, und zwar eine mit der Dichtigkeit abnehmende Wärmemenge. Da aber die chemische Erscheinung in diesen drei Fällen dieselbe ist, muß man schließen, daß die Tabelle nicht die wahre Wärmemenge giebt, die der Verbindung von 1 kg Kohlenstoff mit circa $2^1/_2$ kg Sauerstoff entspricht, sondern den Überschuß derselben über die für die Verdampfungsarbeit aufgewendete Wärmemenge, welche, der Kohäsion des Stoffes entsprechend, in jedem der Fälle verschieden ausfällt.

Zur praktischen Bestimmung des absoluten Wärmeeffektes eines zusammengesetzten Brennmateriales, wie solche die Natur liefert, nimmt man an: daß die von 1 kg desselben entwickelte Wärmemenge diejenige Summe von Wärmeeinheiten sei, welche man nach Tabelle I erhielte, wenn man den darin enthaltenen Kohlenstoff und freien Wasserstoff einzeln verbrennen würde. Bei dieser Hypothese wird die durch die Zersetzungsarbeit aufgewendete Wärme einfach vernachlässigt und über die Verflüchtigungsarbeit der nicht gasförmigen Brennstoffe werden gewisse willkürliche Annahmen gemacht.

Grashof hat den absoluten Wärmeeffekt mehrerer festen Brennstoffe berechnet, die wir in Tabelle II zusammenstellen. Hierbei sind der Kohlenstoff (C) und der Wasserstoff (H) als alleinige brennbare Bestandteile angesehen, und bezüglich des Sauerstoffes ist die Annahme gemacht, daß derselbe an Wasserstoff gebunden sei. Spalte 3 enthält die Angabe über das chemisch gebundene Wasser, Spalte 4 giebt den Betrag des hygroskopischen Wassers, Spalte 5 den Aschengehalt der Brennstoffe und Spalte 6 den absoluten Wärmeeffekt K derselben, ausgedrückt in Kolorien.

Tabelle II. Heizeffekte fester Brennstoffe.

Brennstoff	C	H	H_2O	W	A	K
Lufttrockenes Holz	0,39	—	0,40	0,195	0,015	2731
Lufttrockener Torf	0,35	0,01	0,29	0,25	0,10	2743
Lufttrockene Braunkohle	0,50	0,015	0,205	0,20	0,08	4176
Steinkohle	0,80	0,04	0,09	0,03	0,04	7483
Holzkohle	0,85	0,01	0,03	0,06	0,05	7034
Coaks	0,87	0,005	0,015	0,05	0,06	7065

Es ist nun die Frage, wie sich der praktische Heizeffekt zu dem in der Tabelle verzeichneten theoretischen Wärmeeffekt K verhält. Hierüber vermag nur der experimentelle Versuch genügende Klarheit zu verschaffen. In unrationell betriebenen Feuerungsanlagen, z. B. in vielen Stubenöfen, wird durch unvollkommene Verbrennung unserer Brennstoffe nur ein Teil des Kohlenstoffes zu Kohlensäure, der übrige Teil zu Kohlenoxydgas verbrannt, dessen absoluter Wärmeeffekt nur rot. 2400 Wärmeeinheiten (vergl. Tabelle I) erreicht, während bei vollständiger Verbrennung zu Kohlensäure 8000 Wärmeeinheiten aus 1 kg Kohlenstoff erzeugt werden könnten. Das Bestreben der Heizingenieure, nach dieser Richtung die Leistungsfähigkeit der Anlagen zu steigern, ist daher vollberechtigt.

Das Verhältnis des praktischen Heizeffektes zu dem theoretischen nennt man in der Heiztechnik den „Wirkungsgrad des Feuerraumes“. Die Experimente zur Er-

1) Annales de chimie et de physique, 3. série XXXIV, 357—450; XXXVI, 5—47; XXXVII, 405—508.

mittelung dieses Wirkungsgrades sind in der Art angestellt worden, daß man bestimmte, wie groß die Wassermenge ist, welche durch 1 kg des zu untersuchenden Brennstoffes verdampft werden kann.[1]) Hierbei ergab sich im allgemeinen: daß der Wirkungsgrad η zwischen 0,40 und 0,80 des theoretischen Heizeffektes schwankt, daß aber bei guten Anlagen $\eta = 0{,}75$ bis 0,80 gesetzt werden darf. Selbstverständlich hängt η auch sehr von der Bedienung des Herdes, z. B. der Höhe der Brennstoffschicht, der Zugregulierung und den Intervallen, in denen neuer Brennstoff aufgeschüttet wird, ab. Bei annähernder Berechnung der Feuerungsanlagen kann also der Wert $\eta = 0{,}75$ bis 0,80 nur dann in Anwendung kommen, wenn sorgfältige Wartung des Feuers durch einen geschickten Heizer — wie dies bei größeren Centralheizungen der Fall ist — in Aussicht steht.

§ 5.

Ermittelung der zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge.

Die Bestimmung der zur Verbrennung nötigen Menge Sauerstoff unterliegt keinerlei Schwierigkeit, sobald sie unter der Annahme durchgeführt wird, daß lediglich der Kohlenstoff und der freie Wasserstoff die brennbaren Bestandteile des Brennstoffes bilden.

Es ist bekannt, daß

1 kg Wasserstoff mit 8 kg Sauerstoff zu 9 kg Wasser und ferner, daß

3 kg Kohlenstoff mit 8 kg Sauerstoff zu 11 kg Kohlensäure verbrennen, daß also zur vollständigen Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff $\frac{8}{3}$ kg Sauerstoff nötig sind.

Enthält hiernach der Brennstoff:

C kg Kohlenstoff,
H kg freien Wasserstoff,

so ist behufs vollständiger Verbrennung desselben die Zuführung von

$$\left(\frac{8}{3}\,C + 8\,H\right)\ \text{kg}$$

Sauerstoff geboten und läßt sich also leicht die Menge der zuzuführenden Luft bestimmen. Wird nämlich die atmosphärische Luft lediglich als aus 77 Teilen Stickstoff und 23 Teilen Sauerstoff bestehend gedacht, wird also von den übrigen Beimischungen (Wasser, Kohlensäure u. s. w.) abgesehen, so beträgt das theoretische Luftquantum:

$$L = \frac{100}{23}\left(\frac{8}{3}\,C + 8\,H\right) \qquad (3)$$

welches durch das thatsächlich zuzuführende Quantum

$$L' = m\,L$$

zu ersetzen ist, wobei passend

für Holz und Torf $m = 1{,}5$
„ Kohlen $m = 2{,}0$

zu wählen sind.

Mit Hilfe von Formel 3 hat Grashof nachstehende Tabelle berechnet, welche nicht nur das Gewicht G der Heizgase in Kilogrammen, sondern außerdem die Dichtigkeit δ derselben, bezogen auf die atmosphärische Luft als Einheit und ihre mittlere spezifische Wärme c enthält, und zwar für $m = 1$ und $m = 2$. Für $m = 1{,}5$ wird man Mittelwerte nehmen.

Tabelle III.

Brennstoff	L	m = 1			m = 2		
		G	δ	c	G	δ	c
Holz	4,52	5,50	1,003	0,266	10,02	1,002	0,254
Torf	4,41	5,31	0,993	0,268	9,72	0,996	0,256
Braunkohle	6,32	7,24	1,023	0,258	13,56	1,012	0,250
Steinkohle	10,67	11,63	1,043	0,250	22,30	1,022	0,245
Holzkohle	10,20	11,15	1,071	0,244	21,35	1,036	0,242
Coaks	10,26	11,20	1,077	0,242	21,46	1,039	0,241

Schwer nur gelingt es bei unseren Feuerungen, in denen feste Brennstoffe zur Verwendung kommen, sämtlichen zugeführten Sauerstoff zum Verbrennen zu bringen, weil auch die geschickteste Anordnung des Verbrennungsraumes und die aufmerksamste Bedienung die zum Feuer zugeführte Luft nicht in der Art zu verteilen vermag, daß der Sauerstoff an jeder Stelle mit gleicher Intensität verbrennt, schon deshalb, weil der Brennprozeß durch Aschen- und Schlackenbildung beeinträchtigt wird.

1) Die Verdampfungsfähigkeit eines bestimmten Brennstoffes gestattet nun den Heizwert desselben zu beurteilen. Aus dem Heizwert aber kann auf die Preiswürdigkeit der betreffenden Brennstoffe geschlossen werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zweites Kapitel.

Feuerungsanlagen im allgemeinen.

Während im vorhergehenden Kapitel die Erscheinungen, welche sich im Bereich unserer Feuerungsanlagen beobachten lassen, vom Standpunkte der Theorie aus erörtert wurden, mögen nunmehr die einzelnen Teile der im vorliegenden Bande zu behandelnden Feuerungen in ihren allgemeinen Umrissen besprochen werden. Wir knüpfen dabei an die in § 1 gegebenen Definitionen an, wonach sich bei jeder derartigen Konstruktion drei Hauptteile unterscheiden lassen, nämlich:

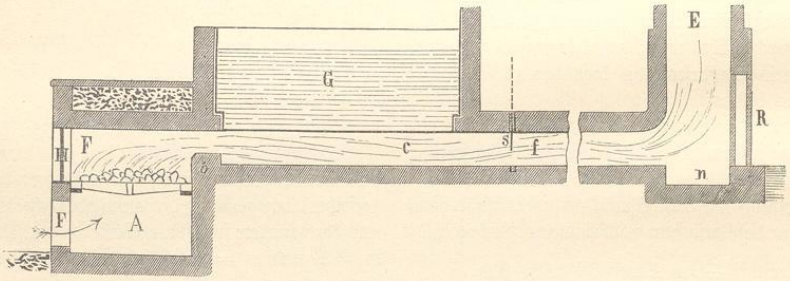
a) der Verbrennungsraum oder die Stätte der Wärmeerzeugung;

b) der Heizraum als Apparat der Wärmeüberführung;

c) der Schornstein als Zugerzeuger.

Zu diesem Zwecke ist in Figur 1 die Anordnung einer Feuerungsanlage dargestellt. Darin bezeichnet der Buchstabe F den Feuerraum oder Herd. Zur Einbringung des Brennstoffes dient die Heizthür. E stellt die Esse dar und der zwischen Esse und Feuerraum liegende, kanalartige Teil c, in welchem die Heizgase dicht unter dem Boden des Gefäßes hingeführt werden, bildet den Heizraum.

Fig. 1.



§ 6.

Der Verbrennungsraum.

Dieser Raum soll den Brennstoff aufnehmen und den sich entwickelnden Heizgasen den Abzug nach dem Heizraum ermöglichen. Er ist deshalb auf der einen (unteren) Seite durch den Herd bezw. den Rost, die Unterlage des Brennmateriales, auf drei anderen Seiten durch feste Wände begrenzt, während auf der fünften und sechsten Seite die zur Einbringung des Brennstoffes dienende Heizthür (Schüröffnung) bezw. die das Entweichen der gasförmigen Verbrennungsprodukte gestattende Öffnung sich befinden.

Der Herd besteht in der Regel aus einem glatten Boden von Mauersteinen oder aus einer eisernen Platte, und wird die die Verbrennung unterhaltende Luft durch in der Heizthür befindliche spaltenförmige Öffnungen, die mittels eines Schiebers nach Bedürfnis größer oder kleiner gemacht werden können, zugeführt.

Wird ein Rost, d. i. eine durchbrochene Platte gewählt, so ist unter diesem stets ein Aschenraum, zugänglich durch das Aschenloch (A, Fig. 1), anzuordnen, durch welches letztere die Luft unter den Rost tritt, um, dessen Spalten passierend, den Brennstoff zu durchstreichen. Die Bedienung des Rostes ist hierbei so zu regeln, und die Dimensionen sind so zu bemessen, daß die Luftzuführung eine den jedesmaligen Umständen angemessene ist, und daß nur der Asche, nicht aber kleineren Brennstoffstückchen das Durchfallen ermöglicht wird. Ferner ist darauf Bedacht zu nehmen, daß der Rost den Brennstoff mit genügender Sicherheit stützen und den verheerenden Einwirkungen des Feuers eine gewisse Zeit lang widerstehen soll.

Die üblichsten Rostkonstruktionen lassen sich in folgende Kategorien bringen:

1) Planroste,
2) Treppenroste,
3) Etagenroste.

1) Der Planrost besteht bei kleineren Anlagen (Kochherden, Stubenöfen, kleineren Waschkesselfeuerungen) aus einer in einem Stücke gegossenen durchbrochenen eisernen

Platte, wird jedoch bei mittleren und größeren Anlagen aus einzelnen Stäben, den sogenannten Roststäben (Tafel 1, Fig. 1 bis 3), zusammengesetzt. Diese erhalten Trapezquerschnitt, von oben nach unten um 4 bis 6 mm sich verjüngend, und werden an den Enden und, wenn länger als circa 0,60 m, auch in der Mitte derart verstärkt, daß bei dicht aneinandergelegten Stäben die Rostspalten die gewünschte Weite erhalten. Die Stäbe werden auf gußeiserne Platten gelagert, und zwar in der Weise, daß eine Verschiebung auf der Lagerfläche möglich ist. Dies geschieht, damit die durch Temperaturerhöhung bedingte Ausdehnung, welche ungefähr $^1/_{50}$ der Roststablänge beträgt, nicht schädliche Spannungen erzeuge oder schließlich ein Sich-Krümmen der Stäbe veranlasse; doch hat die häufig anzutreffende Anordnung von Spielräumen den Nachteil, daß diese illusorisch werden, sobald sie durch Schlacken oder kleine Brennstoffteilchen verstopft sind. In neuerer Zeit findet man daher nicht selten an dem einen Ende eine schräge Gleitfläche (Tafel 1, Fig. 2), eine Konstruktion, die sich empfiehlt, sobald der Rost nicht länger als zwei Roststablängen ist. Dies letztere ist in der Regel der Fall. Besteht der Rost aus zwei oder mehreren hintereinanderliegenden Rosten (Tafel 1, Fig. 3), so wird der zwei Roststabsystemen gemeinschaftliche Rostträger zweckmäßig zu durchbrechen sein, damit die freie Rostfläche möglichst wenig geschmälert werde.

Bezüglich der Lage des Planrostes ist es empfehlenswert, ihn stets horizontal anzuordnen, da es bei geneigtem Roste ungleich schwieriger wird, die Brennstoffschicht konstant dick zu erhalten.

Das Bestreben, die Roststäbe feuerfest herzustellen, hat zu sehr verschiedenen Konstruktionen, die nur wenig Eingang gefunden haben, geführt. So hat man hohle Stäbe konstruiert und in diesen kaltes Wasser cirkulieren lassen; man hat ferner anstatt des Gußeisens sich des Schmiedeeisens bedient; ja man hat sogar hohle thönerne Stäbe gebildet — alles ohne den gewünschten Erfolg, so daß man jetzt fast durchgängig mit beinahe alleiniger Ausnahme einiger hüttenmännischen Feuerungsanlagen (Puddel- und Schweißöfen), bei denen noch schmiedeeiserne Stäbe anzutreffen sind, dem Gußeisen den Vorzug giebt.

Zweckmäßige Dimensionen der Roststäbe sind die folgenden:

Länge der Roststäbe $\leqq 1$ m, so daß also bei Rosten von mehr als 1 m Länge zwei Roststablängen in Anwendung kommen.

Breite der Rostspalten:

für Holz als Brennstoff	. .	7 bis	9 mm
„ Torf „ „	. .	13 „	18 „
„ staubige Braunkohle	. .	4 „	9 „
für stückige Braunkohle	. .	9 bis	13 mm
„ fette, backende Steinkohle		17 „	20 „
„ nicht backende „		8 „	10 „
„ Coaks	. . . . .	10 „	12 „

Höhe des Roststabes in der Mitte (nach v. Reiche)

$$h = 25 \text{ mm} + 0{,}1\, l,$$

wobei l die Länge des Stabes bedeutet.

Dicke des Roststabes oben gemessen 20 mm,
Höhe des Stabes am Auflager 35 mm.

2) Der Treppenrost (Tafel 1, Fig. 4), welcher fast nur Anwendung findet, wenn der Brennstoff staubförmig ist, also vorzugsweise bei staubiger Braunkohle, besteht im wesentlichen aus zwei in der Regel unter 30° geneigten und im Abstande 0,4 m bis in maximo 0,6 voneinander angeordneten Wangen, an denen horizontale, sich teilweise überdeckende Stufen befestigt sind und die oben und unten auf je einen gußeisernen Balken sich lagern. Oberhalb B befindet sich ein Fülltrichter, durch welchen der Brennstoff möglichst häufig und in kleinen Portionen dem Roste zugeführt wird. Das unverbrannt an der tiefsten Stelle des Rostes anlangende Brennmaterial wird auf dem dort befindlichen Planroste P verbrannt und besteht dieser entweder aus einer durchbrochenen Platte oder aus einem Rahmen mit Roststäben der vorhin erläuterten Konstruktion. Der Luftzutritt unter diesen Planrost wird dann bei sorgfältiger durchgeführten Konstruktionen durch teilweises Aufziehen des horizontalen plattenförmigen Schiebers S reguliert und dient dann letzterer gleichzeitig zur Aufnahme der durch den Planrost ausgestoßenen Asche. Auch die auf dem Roste P sich ansammelnde Schlacke kann man sehr leicht entfernen, wenn man den zur Aufnahme der Roststäbe dienenden Rahmen schieberartig einrichtet. Nach Ausziehen desselben fallen dann die Schlacken auf den Schieber S und nach Öffnen dieses in das Aschenloch A.

Die zweckmäßigste Verbindung der Stufen mit den Wangen wird jedenfalls die sein, welche das Auswechseln jeder einzelnen Stufe gestattet und zudem verhindert, daß die Deformation einer Stufe die Formänderung sämtlicher übrigen im Gefolge hat. Deshalb empfiehlt sich die in Tafel 1, Fig. 5 dargestellte Anordnung. Die Stufen ruhen auf an die Wangen angegossenen Leisten derart, daß einer Ausdehnung infolge der Erwärmung kein Hindernis sich entgegenstellt. Die oberste Stufe ist zur sogenannten Schürplatte verbreitert.

Nach v. Reiche erweisen sich folgende Abmessungen als zweckmäßig:[1])

Breite der Wangen 100 mm bis 120 mm,
Stärke „ „ 25 mm,

1) v. Reiche, a. a. O.

Gesamtlänge des Rostes höchstens 2 m,
Breite „ „ „ 1,3 m,
Dicke der Stufen 8 mm bis 12 mm,
Lichter Abstand der Stufen 19 mm bis 20 mm,
Breite der Roststäbe 118 mm bis 120 mm.

Die gußeisernen Balken zur Unterstützung des unteren Endes des Rostes und des Schiebers S sind 130 mm breit und 40 mm bis 50 mm stark zu machen.

Dem Balken B zur Unterstützung des oberen Endes ist hingegen bei 6 cm Breite eine Höhe von 9 cm zu geben; auch ist derselbe 15 cm tief in die Mauer einzulassen.

Der Schieber S erhält bei circa 45 cm Länge 1,0 bis 1,2 cm Dicke und springt 8 cm in die Mauer ein.

Der Planrost wird — falls er aus einer durchbrochenen Platte besteht — 2,5 cm stark gemacht; sonst erhält er 5 bis 7 cm Höhe.

Der Treppenrost hat den Vorzug leichter Bedienung und ist — wie bereits bemerkt worden — sehr empfehlenswert für staubförmigen Brennstoff. Er hat jedoch den Nachteil, die Asche nicht selbst auszustoßen, und macht deshalb während des Betriebes eine häufige Reinigung der Spalten nötig; auch wird der Brennstoff mit einer verhältnismäßig großen Masse Eisen in Berührung gebracht und dadurch merklich abgekühlt. Der Treppenrost ist unbrauchbar für sinternde oder gar backende Brennstoffe, da das bei diesen so notwendige Aufbrechen nicht möglich ist.

3) Langens Etagenrost. Eine Rostkonstruktion, die bei ihrem ersten Erscheinen großes Aufsehen erregte, die Erwartungen Vieler auf das Höchste spannte, jetzt aber wenig mehr in Gebrauch ist, da die Brennmaterialersparnis keineswegs die gewünschte war, ist die von Langen erfundene und durch die Skizze Tafel 1, Fig. 6 veranschaulichte Kombination des Treppenrostes und Planrostes, bekannt unter dem Namen Langen'scher Etagenrost. Der Anordnung, auf deren Details wir nicht weiter eingehen wollen, liegt das Prinzip zu Grunde, mehrere übereinander gelegene Schürplatten zu gewinnen, und hiermit ist der große Vorteil verbunden, daß bei Beschickung einer der unteren Schürplatten die aus dem frisch aufgeworfenen Brennstoffe sich entwickelnden, die Produkte einer sehr unvollkommenen Verbrennung enthaltenden Gase die heißen Edukte der oberen Schürplatten durchstreichen müssen und durch diese weiter verbrannt werden. Infolge dieses Arrangements, welches einen nicht unbeträchtlichen Abstand der einzelnen Etagen bedingt, ergiebt sich aber eine zu hohe Brennstoffschicht, die der Luft nur schwer den Durchgang gestattet und deshalb eine Verstärkung des Zuges erheischt, um die dem Luftzutritt entgegengesetzten Widerstände zu bewältigen. Dieser sehr schwer in die Wagschale fallende Umstand ist besonders gewichtig bei staubförmigem Brennstoff, während bei sinterndem und backendem Materiale aus Gründen des erschwerten Aufbrechens die Wahl des Etagenrostes als eine keineswegs glückliche sich erweisen dürfte. Da nun auch die Stückkohle am besten auf einem Planroste verbrannt wird, so ist die Auswahl des Brennstoffes für den Etagenrost eine so geringe, daß es wohl erklärlich bleibt, warum die Konstruktion verlassen wurde.

Zu der Skizze Tafel 1, Fig 6 werde noch bemerkt, daß an der tiefsten Stelle des Langen'schen Rostes ein Planrost sich befindet, dem die zweifache Funktion der Verbrennung des herabgefallenen Brennstoffes und der Entfernung der Schlacken obliegt.

Auf eine Beschreibung noch weiterer Rostkonstruktionen müssen wir — dies Spezialwerken überlassend — verzichten, und wenden uns den anderen Teilen des Feuerraumes zu.

Zunächst ist hervorzuheben, daß die Seitenwände normal zur Rostfläche gerichtet sein müssen, um den Luftstrom zu zwingen, in dieser Richtung die Brennstoffschicht zu durchstreichen. Diese Bedingung veranlaßt auf der den Heizgasen den Abfluß gestattenden Seite die Anordnung der sogenannten Feuerbrücke b, Fig. 1, Seite 6, deren erster Zweck es also nicht ist — wie vielfach behauptet wird —, den Querschnitt des Feuerraumes auf den kleiner ausfallenden der Züge zu reduzieren, sondern welche hauptsächlich deshalb bis zu mindestens 0,3 m Höhe aufgeführt werden muß, um den Luftzutritt in einer die Verbrennung begünstigenden Weise zu beeinflussen. Nebenzweck der Feuerbrücke ist allerdings auch die Abgrenzung des Feuerraumes und — namentlich bei schräg liegenden Rosten — die Bildung eines Widerlagers für die Brennstoffschicht; sie hindert auch das Mitreißen der Flugasche durch die Feuergase. Es geht hieraus hervor, daß es zweckmäßig sein wird, die Feuerbrücke nicht zu krümmen, sondern nur an der Oberkante leicht abzurunden.

Die Höhe des Feuerraumes richtet sich zuvörderst nach der Beschaffenheit des Brennstoffes; sie muß so groß sein, daß die Flamme sich völlig entwickeln kann und die Heizgase noch vor Eintritt in den Heizraum möglichst vollständig verbrennen. Weiter wird die Beschaffenheit des die Decke bildenden Materiales maßgebend sein. Bei größeren Anlagen, in deren Feuerstätten hohe Temperaturen entstehen, wird der Verbrennungsraum einer Vorfeuerung stets mittels feuerfester Steine umschlossen. Ferner wird über dem die Decke bildenden Gewölbe — durch eine Isolierschicht getrennt — ein zweites angeordnet, und dieses mit schlechten Wärmeleitern bedeckt, um Wärmeverlusten vorzubeugen. Dann wird es sich empfehlen, den Feuerraum möglichst niedrig[1]) zu machen, damit das Gewölbe schnell glühend

1) Bei Vorfeuerung, wie solche Fig. 1, Seite 6, darstellt, macht man den Verbrennungsraum nicht höher als die Heizthür,

wird und den aus dem frisch aufgeschütteten Brennstoffe sich bildenden Rauch entzündet. Die Minimalhöhe ist gleich der durch die Ermöglichung einer bequemen Bedienung des Rostes normierten Minimalhöhe der Heizthür. Die Dimensionen dieser sind folgende:

1) wenn einflügelig:
   Breite: 30 bis 35 cm
   Höhe: 25 „ 30 „
2) wenn zweiflügelig:
   Breite: 45 bis 53 cm
   Höhe: 30 „ 35 „

Teils zur Verhinderung von Wärmeverlusten, teils auch um die Heizthür gegen die verheerenden Wirkungen des Feuers zu schützen, empfiehlt es sich, an der Innenseite der Thür Rippen anzubringen und zwischen diese dann eine Schicht feuerfesten Thon zu lagern. Zu gleichem Zwecke wird sehr häufig im Abstande von circa 10 cm von der Feuerthür eine mit dieser durch Stehbolzen verbundene schmiedeeiserne Schutzplatte angebracht, behufs deren Abkühlung in der Thür kleine, durch einen Schieber ganz oder teilweise verschließbare Öffnungen sich befinden. Außerdem ist es bei größeren Anlagen durchaus ratsam, zwischen der Vorderkante des Rostes und der Feuerthür circa 30 bis 40 cm Abstand zu lassen; eine Anordnung, die sich übrigens schon des bequemeren Schürens wegen empfiehlt.

Der Aschenraum A in Fig. 1, auch das Aschenloch genannt, erhält mit dem Roste mindestens gleiche Breite und Länge; geringere Dimensionen sind unter keinen Umständen zuzulassen. Die Höhe des Aschenraumes ist gleichgiltig; sie übt auf den Luftzutritt keinen Einfluß; man wählt sie in der Regel so, daß die das Aschenloch schließende Thür nicht stark erhitzt wird. Diese Thür wird, um eine Regulierung des Luftzutrittes zu ermöglichen, zweckmäßig durch einen in gußeisernem Rahmen laufenden Schieber ersetzt. Auf den Boden des Aschenraumes stellt man zuweilen ein Gefäß mit Wasser, das bestimmt ist, die nach unten strahlende Wärme aufzunehmen und die Unterseite des Rostes zu kühlen, die Roststäbe also zu konservieren. Auch tragen die sich entwickelnden Wasserdämpfe dazu bei, die Verbrennung lebhafter zu gestalten. Diese an und für sich rationelle Anordnung wird jedoch, namentlich bei größeren Anlagen, für die Dauer etwas unbequem und ist dies wohl der Grund, warum man ihr so selten begegnet.

bei Unterfeuerung (Fig. 4) und Innenfeuerung ist die Höhe nicht zu gering zu wählen; als Minimum ist die Höhe = 0,60 m anzusehen. — Grashof empfiehlt für Unterfeuerung und backende Steinkohle die Höhe h des Feuerraumes = 0,8 + 0,35 = 0,43 m und für staubförmige Steinkohle h = 0,12 + 0,35 = 0,47 m; für Coaks ist h = 0,55 m zu wählen.

§ 7.

Die Rauchverzehrung.

Nachdem wir das allgemeine Bild eines Verbrennungsraumes fixiert haben, liegt uns die Erörterung einer Frage ob, die seit Dezennien den Geist der Ingenieure beschäftigt und zur Erfindung einer geradezu unübersehbaren Menge von Konstruktionen drängte, nämlich die Frage der Rauchverzehrung.

Nicht nur, daß es Gründe der Ökonomie sind, welche die Beseitigung des der Esse entströmenden Rauches, dieses Kennzeichens einer unvollkommenen Verbrennung und einer unrationellen Verwertung des immer kostbarer werdenden Brennstoffes wünschenswert erscheinen lassen; es sind auch sanitätspolizeiliche Rücksichten, welche der Erzielung möglichst rauchloser Verbrennung das Wort reden; sie haben in beinahe allen Staaten Veranlassung gegeben, in die Vorschriften, betreffend die Erteilung der Genehmigung zur Erbauung einer größeren Feuerungsanlage einen Passus aufzunehmen, der fast übereinstimmend sich dahin ausspricht, daß die benachbarten Grundbesitzer durch Rauch und Ruß keine erheblichen Belästigungen und Beschädigungen erleiden dürfen und daß, falls solche Übelstände sich nach Eröffnung des Betriebes bemerkbar machen, der Unternehmer zur nachträglichen Beseitigung derselben durch Erhöhung des Schornsteines, Benutzung eines anderen Brennmateriales, Anwendung rauchverzehrender Vorrichtungen oder auf andere Weise verpflichtet sei.

Trotz alledem und ungeachtet der Anstrengungen einer großen Anzahl tüchtiger Ingenieure ist die Frage nach einem allen Anforderungen entsprechenden Rauchverzehrungsapparate noch weit von ihrer Lösung entfernt, und ist es namentlich die Bedingung der größtmöglichen Ökonomie, deren Erfüllung sich nicht unbedeutende Schwierigkeiten entgegenstellen. Eine große Zahl der vorhandenen Konstruktionen, ja sogar solche, deren Grundprinzipien zu hohen Erwartungen berechtigten, zählen demnach heute nur noch zu den historischen.

So sehr sich nun auch die Ansicht Bahn zu brechen scheint, daß ein geschickt bedienter Planrost — oder (bei staubförmigem Brennstoff) ein sorgsam abgewarteter Treppenrost — dieselbe Wirkung zu erzielen im stande sei, als die Mehrzahl der zu Tage geförderten und häufig mit großer Reklame eingeführten Rauchverzehrungen, und daß er dabei hinsichtlich der Anlagekosten weit unter jene zu stehen komme, so sind die Prinzipien vieler dieser Anlagen doch so richtig, daß ein Aufgeben der Lösung der Frage keineswegs gerechtfertigt wäre, um so weniger, als Mangel an verständnisvoller Dimensionierung und das unzulängliche Sich-Anschmiegen an die Verhältnisse der gesamten Anlage nicht unwesentlich dazu beigetragen haben mögen,

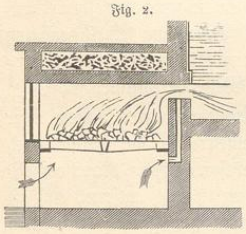
viele der Rauchverzehrungen zu diskreditieren. Auch befinden sich einige Konstruktionen darunter, die als recht rationell von kompetenter Seite empfohlen sind.

Deshalb sollen im folgenden diese Prinzipien besprochen und die Wege angedeutet werden, auf denen man die Lösung der Aufgabe zu finden bestrebt war und noch zu finden bestrebt ist.

1) Das am häufigsten in Anwendung gebrachte Mittel war die Zuführung von Luft durch besondere Kanäle, und zwar von erwärmter Luft, weil sonst die Aufhebung des Luftmangels durch Erhöhung der Abkühlung leicht aufgewogen werden kann. Zu Gunsten dieser Lösung der Frage spricht der Umstand, daß gerade dann, wenn infolge Beschickung des Rostes mit frischem Brennstoffe die Produkte einer unvollkommenen Destillation entweichen, der Luftzutritt infolge der größeren Dicke der Brennstoffschicht ein unzulänglicher ist und erst später bei abnehmender Dicke sich lebhafter gestaltet.

Man hat ferner hohle Roststäbe konstruiert, welche die Luft, sich darin erwärmend, passieren muß, um hinter der Feuerbrücke mit den Heizgasen sich zu mischen. Man hat auch in den Seitenwänden oder in der Feuerbrücke Kanäle angelegt, welche mit der atmosphärischen Luft kommunizieren (Fig. 2). Die angewärmte Luft entströmt denselben in der Nähe der Feuerbrücke und gesellt sich zu den Verbrennungsprodukten. Indes ist bei derartigen Anlagen darauf zu achten, daß — falls nicht etwa heiße Luft zur Verfügung steht — die Erwärmung der Luft dem Herdfeuer selbst obliegt, welcher Umstand einen Wärmeverlust im Gefolge hat und leicht Veranlassung geben kann, daß bei nicht zweckmäßiger Regulierung dieses sekundären Luftzutrittes, der genau nur so lange währen kann, als die bei Neubeschickung entstehende Trockendestillation dauert, zwar eine teilweise Rauchverzehrung, aber auch Verlust an Wärme, also eine Verringerung des Wirkungsgrades der Feuerungsanlage zu gewärtigen ist.

Fig. 2.



2) Ein zweites sehr wirksames Mittel, eine vollkommenere Verbrennung zu erzielen, ist:

„die Heizgase mit glühenden, möglichst porösen Körpern in Berührung zu bringen und an diesen sich entzünden zu lassen."

Es wird dies bei der Vorfeuerung, wie schon erörtert, dadurch erreicht, daß die Höhe des Feuerraumes auf ein Minimum beschränkt bleibt, und daß man außerdem Decke und Seitenwände dick, aus feuerfestem Stein und unter Anwendung von Isolierschichten aufführt. Auch die Feuerbrücke gehörig zu verbreitern, ist empfehlenswert, da dieselbe bei größerer Oberfläche in erhöhtem Maße fähig ist, von den Feuergasen der letzten Beschickung Wärme aufzunehmen, um sie an die Destillationsprodukte der neuen Beschickung wieder abzugeben. Bei Unterfeuerungen bleibt die Funktion der Rauchverzehrung den Seitenwänden und der Feuerbrücke allein überlassen, bei der Innenfeuerung sogar lediglich dieser letzteren, so daß erklärlich ist, warum unter sonst gleichen Umständen der kalorimetrische und in noch höherem Grade der pyrometrische Effekt der Vorfeuerung größer ist als bei der Unterfeuerung oder bei der Innenfeuerung.

3) Sehr rationell ist die Anordnung von zwei nebeneinander- oder übereinanderliegenden Rosten, welche abwechselnd beschickt werden. Der Vorzug der Anlage ist nicht allein der anfänglich bezweckte, nämlich eine Mischung der auf dem letzt beschickten Roste sich bildenden Destillationsprodukte mit den heißen Gasen der anderen Feuerstätte, sondern auch eine bessere Regulierung des Luftzutrittes, da Luftmangel über dem neu aufgeschütteten und Luftüberschuß über dem früher aufgebrachten Brennstoffe sich annähernd ausgleichen.

Zwei derartige Anlagen sind auf Tafel 2 dargestellt. Die eine von Fairbairn herrührende Anordnung zweier übereinanderliegenden geneigten Planroste (Fig. 4) bedarf einer weiteren Erläuterung nicht. Die zweite, Fig. 1 u. 2, v. Reiche[1]) als sehr vorzüglich empfohlen, besteht aus zwei nebeneinanderliegenden horizontalen Planrosten. Das Feuergewölbe a ist aus einzelnen Bögen gebildet, die zwischen sich die Spalten s lassen, durch welche die Gase in den beiden Feuerstätten gemeinschaftlichen, feuerfest überwölbten, mit Isolierschichten versehenen Raum K strömen und in diesem vor Eintritt in den Heizraum H sich mischen. Der Vorzug der Konstruktion ist nicht allein in der jedenfalls in hohem Maße stattfindenden Rauchverbrennung zu suchen, welche namentlich dadurch sehr gefördert wird, daß der Rauch an den glühenden Bögen a sich entzündet, sondern auch darin, daß die den Feuerraum nach hinten völlig abschließende vertikale Wand die zuströmende Luft zwingt, die Brennstoffschicht normal zur Ebene des Rostes zu durchstreichen, eine Bedingung, welcher durch Anordnung einer Feuerbrücke immerhin nur unvollkommen Genüge geleistet wird.

4) Man hat die periodische Beschickung des Rostes durch eine kontinuierliche zu ersetzen versucht, und ist als eine der dahin zielenden Vorrichtungen, und zwar als die noch am häufigsten im Gebrauch sich befindende, der schon bei

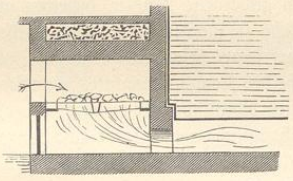
1) v. Reiche, a. a. O.

Besprechung des Treppenrostes erwähnte Fülltrichter anzusehen. Daß an eine kontinuierliche Beschickung des Rostes im vollen Sinne des Wortes nicht zu denken ist, dürfte selbstverständlich sein; alle dahin zielenden Versuche scheiterten an der unregelmäßigen Beschaffenheit und der allzusehr variierenden Stückgröße der Brennstoffe.

5) Sehr empfehlenswert ist weiter das Bestreben, das neu aufzubringende Brennmaterial zwischen den Rost und die auf diesem befindliche Brennstoffschicht zu lagern. Dasselbe hat die Konstruktion des Langen'schen Etagenrostes veranlaßt, der sich aber der vorhin gerügten Fehler wegen ein großes Feld praktischer Anwendung nicht zu erobern im stande war.

6) Die weitere Verfolgung des sub 5 ausgesprochenen Gedankens führte zur Umkehrung des Zuges (veranschaulicht durch die Skizze in Fig. 3). Feuerbrücke und

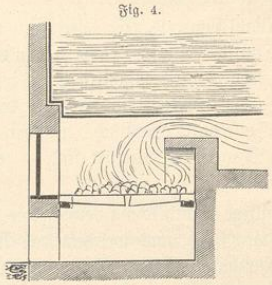
Fig. 3.



Heizkanal befinden sich unterhalb des Rostes. Das Aschenloch ist geschlossen, die Heizthür geöffnet, und sind somit die Heizgase gezwungen, ihren Weg durch die Brennstoffschicht zu nehmen. Die Edukte einer Neubeschickung werden beim Passieren der glühenden Brennstoffschicht jedenfalls in einer sehr rationellen Weise verwertet; doch sind mit der Anlage nicht zu unterschätzende Nachteile verbunden, welche dieselbe nur sehr bedingungsweise als empfehlenswert charakterisieren. Es ist dies zunächst eine außerordentlich starke Abnutzung der Roststäbe, welche, der größten Glühhitze preisgegeben, durch keinen Luftzug gekühlt werden und demzufolge eine in einzelnen Fällen nicht unerhebliche Steigerung der Unterhaltungskosten veranlassen. Sodann ist aber durch das den heißen Gasen eigene Bestreben, nach oben zu steigen, eine stärkere Zugwirkung erforderlich, als unter denselben Verhältnissen bei einer Feuerung mit gewöhnlichem Zuge, und dürfte dieser Punkt wesentlich die Anlagekosten beeinflussen. Trotz alledem ist die Anordnung der Zugumkehrung dort empfehlenswert, wo es sich um größtmögliche Ausnutzung des pyrometrischen Effektes handelt, namentlich also bei Anlagen, wo es sich weniger um vollständige Verwertung der nutzbar gemachten Wärme, als vielmehr um Erzielung einer sehr hohen Temperatur handelt, bei denen also die Heizgase mit noch beträchtlicher Temperatur in die Esse entweichen und deshalb selbst bei minder hohen Schornsteinen einen kräftigen Zug erzeugen.

7) Ein dem sub 6 erläuterten analoges Prinzip ist es, die Stichflamme zu zwingen, vor Passieren der Feuerbrücke rückwärts zu schlagen (Fig. 4), um die Destillationsprodukte der auf der vorderen Partie des Rostes lagernden

Fig. 4.



frischen Beschickung zu verbrennen. Es wird dies erzielt durch ein vor der Feuerbrücke angebrachtes glattes Gewölbe.

8) Eine fernere Kategorie rauchverzehrender Anlagen leitet einen Strom von Wasserdämpfen in den Feuerraum und bezweckt hierdurch nicht allein eine lebhaftere Verbrennung, sondern soll ein Glühendwerden des Rostes verhindern, hierdurch also wesentlich zur Konservierung der Roststäbe beitragen. Perkins brachte überhitzten Dampf in Anwendung und will hierdurch eine sehr beschleunigte Verbrennung erzielt haben.

9) Zum Schluß sind noch zu nennen die Gasfeuerungen, aus zwei Verbrennungsräumen bestehend, in deren erstem, dem Generator, absichtlich eine unvollkommene Verbrennung, nämlich Verwandlung des Kohlenstoffes in Kohlenoxydgas angebahnt wird, während in dem zweiten Verbrennungsraume die Generatorgase aufgenommen werden und deren vollständige Verbrennung erzielt wird.

§ 8.

Der Heizraum.

Der Heizraum ist der zwischen dem Verbrennungsraume und der Esse gelegene Apparat zur Wärmeüberführung; er ist bestimmt, die nutzbar gemachte Wärme möglichst vollständig zu verwerten, und wird zu diesem Zwecke aus einem System von Kanälen, den sogenannten Feuerzügen, zusammengesetzt. In den Kanälen werden die Heizgase um den zu erwärmenden Körper herumgeführt, auf diese Weise gezwungen, ihre Wärme an jenen abzugeben, und schließlich mit einer auf ein bestimmtes Maß gebrachten Temperatur in die Esse geleitet, um den für die Verbrennung notwendigen Zug zu erzeugen.

Zunächst drängt sich uns hierbei die Frage nach der zweckmäßigsten Anordnung der Kanäle auf und ist vor allem die Entscheidung zu treffen, ob engen oder weiten Kanälen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Vorzug einzuräumen sei. Nun ist durch Untersuchungen dargelegt, daß die an den Kanälen auftretenden Reibungswiderstände zu ihrer Überwindung eine nicht unbeträchtliche Druckhöhe erfordern. Dieser Umstand spricht zu Gunsten der Anordnung weiter Kanäle.

Für die Wahl enger Kanäle lassen sich aber ebenfalls triftige Gründe aufstellen, und gehört hierzu namentlich die größere Wärmetransmissionsfähigkeit, d. i. die größere nützliche Abkühlung der Heizgase und — falls die Kanäle nur auf der einen Seite durch Heizfläche, auf der anderen aber vielleicht durch Mauerwerk begrenzt sind — eine geringere schädliche Abkühlung.

Eine endgiltige Entscheidung vermag die Theorie nicht zu treffen, da das Gesetz, nach welchem das Wärmeabgabevermögen der Heizgase mit ihrer Entfernung von der Heizfläche abnimmt, nicht bekannt ist und nur dieses eine rationelle Grundlage wissenschaftlicher Untersuchung der in Rede stehenden Frage bilden dürfte.

Es ist daher geboten, sich auf die Erfahrung des Praktikers zu stützen, welche insofern nicht völlig maßgebend ist, als sie wohl zeigt, wie eine Anlage gestaltet werden müsse, um ein gutes und die gestellten Erwartungen befriedigendes Resultat zu erzielen, die aber nicht leicht im stande ist, uns auf diejenige Konstruktion zu führen, welche das beste aller überhaupt möglichen Ergebnisse liefert. Dies zu erreichen, müßten noch sehr viele Variationen durchprobiert werden.

Ein bloßer Vernunftschluß könnte vielleicht einen Anhaltspunkt bieten und dieser ist folgender:

Enge Kanäle besitzen ein großes Wärmetransmissionsvermögen, ermöglichen also eine bessere Ausnutzung der produzierten Wärme; sie erfordern einen geringeren Brennmaterialverbrauch und infolgedessen ein kleineres Betriebskapital. Diesem steht jedoch eine höhere Esse und, durch diese bedingt, ein größeres Anlagekapital gegenüber. Dagegen tritt im Gefolge weiter Kanäle ein größerer Konsum an Brennstoff, also ein größeres Betriebskapital, aber auch der kleineren Reibungswiderstände wegen eine geringere Schornsteinhöhe und ein kleineres Anlagekapital auf.

Was nun die Praxis anbetrifft, so spricht sich dieselbe mit großer Entschiedenheit für die Anordnung enger Kanäle aus, und führt beispielsweise v. Reiche in seinem die Anlage und den Betrieb von Dampfkesseln betreffenden Werke an, man solle die Heizkanäle der Dampfkesselfeuerungen für den Fall, daß sie nur einseitig von Heizfläche, im übrigen aber von Kesselmauerwerk begrenzt sind, nicht enger als 10 cm und nicht weiter als 15 cm machen, wobei die angeführten Maße diejenigen normal zur Heizfläche sind, für den Fall jedoch, daß die gesamte Begrenzung des Kanales Heizfläche ist, diesen so eng als möglich anordnen.

Wir machen noch auf einen Umstand aufmerksam, dessen Unterschätzung alle die etwa angestellten subtilen Untersuchungen illusorisch machen dürfte und der Veranlassung geben kann, daß das bestkonstruierte Kanalsystem den gewünschten Erfolg nicht zu liefern vermag.

Es ist dies ein Hinweis auf die Notwendigkeit der häufigen Reinigung der Züge und führen wir als ein jedenfalls eklatantes Beispiel die von Nöggerath beobachtete Erscheinung an, daß durch berußte Metallflächen selbst Heizgase von bis 400° Temperatur kaum nennenswerte Wärmemengen zu transmittieren im stande sind. Es ist hiernach bei Anordnung der Kanalsysteme vornehmlich darauf Bedacht zu nehmen, eine leicht vorzunehmende, den Betrieb nur wenig störende Reinigung sämtlicher Züge zu ermöglichen.

Was nun die Bestimmung der Größe des Kanalquerschnittes anbetrifft, so können wir die beinahe stereotyp gewordene Manier, dieselben gleich der der freien Rostfläche zu machen, keineswegs gutheißen.

Es bedarf keines besonderen Beweises, um einzusehen, daß die Größe des Kanalquerschnittes nicht sowohl von der Größe der freien Rostfläche, als vielmehr von der den Kanal passierenden Gasmenge abhängig ist, und daß auf demselben Roste, je nach der Dicke der Brennstoffschicht, in derselben Zeit ein sehr variables Volumen von Heizgasen sich entwickeln wird. Es werden ferner die Richtungsänderungen der Kanäle, sowie deren Länge und die Zugwirkung des Schornsteines in Betracht zu ziehen sein. Dies thut nun die Praxis nicht, sie empfiehlt ein- für allemal die oben angeführte Regel und hält nur an der Feuerbrücke (resp. an denjenigen Stellen des Feuerbrückenkanales u. s. w., wo der Kanal absichtlich verengt werden soll) eine Verminderung des Querschnittes für erlaubt. Trotzdem halten wir es für geraten, nur im Falle eines mittleren stündlichen Brennmaterialkonsumes, der bei

Steinkohlenfeuerung	auf	50 k	pro	qm	Rostfläche
Braunkohlenfeuerung	„	100 k	„	„	„
Holzfeuerung	„	150 k	„	„	„
Torffeuerung	„		„	„	„
Coaksfeuerung		50 k	„	„	„

zu normieren sein dürfte, sich an diese Regel zu halten, im Falle größeren oder kleineren Brennstoffverbrauches jedoch den Kanalquerschnitt etwas größer oder kleiner zu machen.

Noch ist uns die Erörterung einer Frage vorbehalten, welche von der Praxis sehr verschieden beantwortet wird. Es betrifft dies die hinsichtlich der günstigen Anzahl der Kanäle zu treffende Entscheidung. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, es werde behufs Erwärmung des in Fig. 5 skizzierten Gefäßes nur ein — vielleicht am Boden des Gefäßes fortlaufender — Heizkanal angeordnet, und es möge mit dieser

Anordnung die in Fig. 6 dargestellte verglichen werden, welche bei gleichem Brennmaterialkonsum eine gleich große Heizfläche bietet und so getroffen ist, daß die Heizgase im Kanal 1 von vorn nach hinten, im Kanal 2 von hinten nach vorn und im Kanal 3 wieder von vorn nach hinten geführt werden. Dann ist leicht ersichtlich, daß die Anordnung Fig. 5 die rationellere ist, da sie bei gleicher Wirkung geringere Reibungswiderstände bietet, und da sie ferner die nur durch Strahlung ihrer Wärme abgebenden Glasteilchen näher der Heizfläche vorüberführt. Der häufig gezogene Schluß, das System Fig. 6 sei besser, basiert auf der Thatsache, daß die Verbrennungsprodukte bei gleicher Geschwindigkeit längere Zeit mit der Heizfläche in Berührung bleiben, übersieht aber den Umstand, daß die in der Zeiteinheit berührte Heizfläche kleiner ist.

Fig. 5.

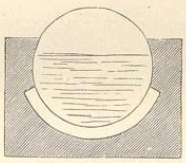


Fig. 6.

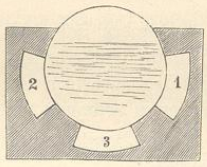
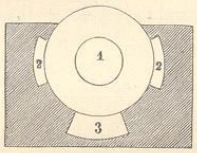


Fig. 7.



Wenn trotzdem in der Praxis die Anordnung Fig. 6 häufig vorgezogen wird, so ist dies auf verschiedene andere Vorteile, z. B. Herstellung von Kanälen bestimmter Weite, Gewinnung von Stützpunkten für das zu erwärmende Gefäß u. s. w. zurückzuführen, manchmal allerdings auch auf Mangel an Verständnis. Jedenfalls ist klar, daß eine ins Extrem getriebene Verlängerung der Züge insofern bedenklich wirken kann, als sie bei Nichterhöhung des Wirkungsgrades eine erheblich stärkere Zugwirkung verlangt.

Daß die Widerstände in der Anlage ebenfalls erhöht werden, wenn statt eines Zuges deren zwei angeordnet werden, ist evident. Fig. 7 zeigt eine solche Anordnung. Die Gase passieren den Kanal 1 von vorn nach hinten, gleichzeitig die Kanäle 2 von hinten nach vorn, füglich Kanal 3 von vorn nach hinten.

Auf weitere Besprechung dieser Anordnungen, auf Abwägung ihrer Vorzüge, auf die Entscheidung der Frage, ob es vielleicht zweckmäßig wäre, die Reihenfolge der Kanäle in Fig. 7 anders zu wählen u. s. w., können wir hier nicht näher eingehen und beschränken unsere diesbezüglichen Mitteilungen vorläufig darauf, hervorzuheben: daß für den Fall der Teilung eines Kanales die einzelnen Teilzüge bei gleichem Querschnitte *gleich lang werden müssen*, unter Voraussetzung ungleicher Längen aber in ihren Querabmessungen derart anzuordnen sind, daß die Summe der Widerstände in beiden gleich groß ist, da sonst erfahrungsmäßig die Heizgase denjenigen Weg wählen, auf dem die kleinsten Widerstände sich ihnen entgegenstellen.

§ 9.

Der Schornstein.

Nachdem die Heizgase die Feuerzüge verlassen haben, gelangen sie in den häufig mehreren Apparaten gemeinsamen *Fuchs* f (vergl. Fig. 1, S. 6), d. i. den den Heizraum mit dem Schornsteine verbindenden Kanal, dessen Querschnitt durch einen vom Heizerstande regierbaren Schieber s nach Erfordern verengt werden kann.

Diesen Fuchs legt man, besonders wenn der Schornstein in einiger Entfernung von dem Heizraume liegt, möglichst tief, um einen Aufbau über dem Erdboden zu vermeiden; doch darf man, falls es sich als unthunlich herausstellt, den Ausgang des Kanalsystemes in der gewünschten Tiefe anzulegen, sich durchaus nicht verleiten lassen, dem Fuchse Fall nach dem Schornsteine zu geben. Dies könnte, namentlich wenn der Fuchs die Heizgase verschiedener Apparate sammelt, insofern zu Verminderung des Zuges Veranlassung geben, als die kälteren Gase an der tiefsten Stelle sich ansammeln und den Schornsteinquerschnitt verengen würden. Man lasse daher den Fuchs — wenn angängig — nach dem Schornsteine hin *ansteigen* und vermittle überdies den Übergang aus dem Fuchse in den Schornstein durch eine stark ansteigende Kurve.

Den Abschluß der Esse nach unten pflegt man durch eine zur Ansammlung der Flugasche dienende Grube n (Fig. 1, S. 6) zu vermitteln, bringt sogar häufig derartige Aschenfänge an mehreren Stellen des Kanalsystemes an.

Münden verschiedene Füchse in ein und denselben Schornstein, so teilt man diesen unten durch *Zungen*, welche so hoch aufzuführen sind, daß die Gase gezwungen werden, in vertikalem Sinne sich zu bewegen.

Jeder freistehende Schornstein ruht auf einem Sockel mit in der Regel quadratischem Grundrisse. In diesem Sockel befinden sich dann die das Befahren des Fuchses und des Schornsteines ermöglichenden Öffnungen, welche zweckmäßig so groß angelegt werden, daß ein erwachsener Mensch dieselben aufrecht zu passieren vermag.

Die Höhe der Öffnungen dürfte hiernach auf mindestens 1,75 m, die Breite auf ca. 0,75 m zu bemessen sein. Der Verschluß der Reinigungsöffnung wird durch zwei 0,13 m

starke Wände (R in Fig. 1), die aus Backstein in Lehm aufgemauert werden und sich nach Erfordernis schnell abbrechen und wieder erneuern lassen, bewirkt. Die beiden Wände schließen überdies eine die Abkühlung der Heizgase vermindernde Luftschicht ein. Es dürfte sich überhaupt empfehlen, zum mindesten den unteren Teil des Schornsteines mit Isolierschicht zu mauern.

Was die Querschnittsform des Schornsteines betrifft, so ist derjenigen der Vorzug einzuräumen, welcher die geringsten Reibungswiderstände entsprechen. Der günstigste Querschnitt ist dann der Kreis, darauf folgt das reguläre Achteck, während der Quadratquerschnitt in dieser Beziehung am wenigsten zu empfehlen ist. Andere Querschnittsformen sind nicht üblich.

Weiter wird man aber bei Wahl des Querschnittes auch die Schwierigkeiten, welche sich der Ausführung entgegenstellen, sowie die Herstellungskosten in Betracht zu ziehen haben, und gilt nach dieser Richtung der Quadratquerschnitt als der geeignetste, da er es möglich macht, den Schornstein auch mit gewöhnlichen Backsteinen aufzuführen. Der Achteckquerschnitt bedingt stets die Beschaffung von Formsteinen zur Herstellung der Ecken, während ein runder Schornstein so viele verschiedene Façonsteine erfordert, als verschiedene Wandstärken zur Anwendung gelangen. Vergl. § 10, „Ausführung der Schornsteine".

Die theoretischen Untersuchungen von Schönflies[1]) lehren allerdings überzeugend, daß es so sehr viel auf die Querschnittsform nicht ankommt, da die durch die Widerstände in der Anlage bedingte Schornsteinhöhe den bei weitem größten Teil der Gesamthöhe ausmacht. Die Ermittelung theoretischer Resultate mittels der Formeln von Schönflies ist umständlich. Wir geben daher nachstehend die von Grashof unter Voraussetzung mittlerer Verhältnisse erhaltenen Resultate. Es bedeutet hierbei:

S den Steinkohlenkonsum pro Stunde,
T_1 die Temperatur, mit der die Gase in den Schornstein eintreten,
T_2 die Temperatur, mit der die Gase aus dem Schornsteine entweichen,
V die Ausflußgeschwindigkeit der Gase per Meter und Sekunde,
Q den Mündungsquerschnitt der Esse,
H die Höhe der Schornsteinmündung über der Horizontalebene des Rostes.

1) Berechnung der Dampfkesselanlagen. Elberfeld 1874.

1) Quadratische gemauerte Schornsteine.

S	Q	H	T_1	T_2	V
50	0,2	19,9	299	213	2,1
100	0,3	21,9	246	200	2,7
200	0,5	25,1	202	177	3,1
400	0,9	30,0	162	148	3,2
800	1,7	37,1	129	121	3,2

2) Runde Blechschornsteine.

S	Q	H	T_1	T_2	V
50	0,2	19,9	398	158	1,8
100	0,3	21,9	300	164	2,5
200	0,5	25,1	233	152	2,9
400	0,9	30,0	181	131	3,1

Für den Fall, daß mehrere Feuerungen eine gemeinschaftliche Esse erhalten, bedeutet S die Steinkohlenmenge in Kilogrammen, welche stündlich auf allen Feuerherden zusammen verbrannt wird.

Die Berechnung der Tabelle geschah nach folgenden Formeln:

$$Q = 0{,}1 + 0{,}002\ S$$
$$H = 11 + \sqrt{40 + 0{,}8\ S},$$

ferner für gemauerte Essen

$$T_1 = \frac{300\ H}{\left(0{,}971 - \frac{0{,}3}{\sqrt{S}}\right) H - 8} - 273,$$

für Blechkamine

$$T_1 = \frac{300\ H}{\left(0{,}975 - \frac{0{,}9}{\sqrt{S}}\right) H - 8} - 273.$$

Hinsichtlich der Form des Längenprofiles frägt es sich, ob der prismatische, der nach oben verjüngte oder nach oben sich erweiternde Schornstein die beste Lösung des Zugerzeugungsproblemes bietet. Daß die letztgenannte Anordnung zu verwerfen ist, nicht allein der größeren Reibungswiderstände wegen, sondern namentlich, weil dem Einfallen kalter Luft und dem Eintreten von Windstrahlen sehr Vorschub gethan wird, liegt auf der Hand; aus gleichen Gründen leuchtet ein, daß der Pyramidenstumpf mit kleinerer oberer Grundfläche die zweckmäßigste Form ist.

Auf Tafel 3 sind in den Figuren 1, 2, 4, 5 einige ausgeführte Schornsteine dargestellt. In Fig. 2 nimmt der Querschnitt nach oben hin ab; in Fig. 5 ist der Querschnitt konstant. Die verschiedenen Wandstärken verursachen in Fig. 2 nach der Innenseite gelegene Absätze, während

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Außenseite glatt bleibt. Den schädlichen Einfluß derartiger Absätze theoretisch zu untersuchen, dürfte sehr schwer sein. In dem Werke von Weiß „Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen“ (welchem die gemauerten Schornsteine, Fig. 1 und 2, und der eiserne Schornstein, Fig. 3, entnommen sind) finden sich diesbezügliche Erörterungen, welche das Ergebnis liefern, daß bei geringem Brennmaterialkonsum die Absätze von ganz unmerklichem Nachteile sind, daß dieser schädliche Einfluß aber bedeutend wächst, sobald der Brennstoffverbrauch sich steigert. Die Praxis hat diesen Ausspruch jedoch nicht verifiziert, sie hat schon verschiedentlich bei großen Anlagen Schornsteine mit den besprochenen Absätzen ausgeführt und wesentliche Nachteile nicht entdeckt. Daß ein Schornstein unter übrigens gleichen Umständen besser ziehen wird, wenn er innen glatt ist, dürfte evident sein.

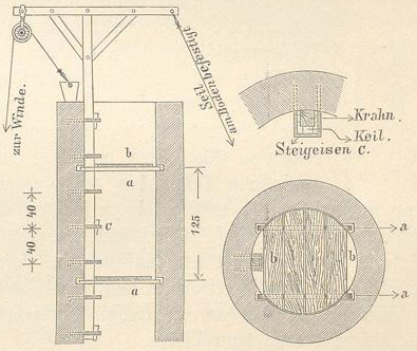
Die Schornsteine mit quadratischem Querschnitte erhalten in der Regel oben einen Aufsatz mit stark geneigten Seitenflächen, Tafel 3, Fig. 5. Es ist bei Herstellung desselben darauf zu sehen, daß die behauenen Seiten der Backsteine weder nach der Außen-, noch nach der Innenseite der Schornsteinwandung zu liegen kommen, da sie sonst schnell verwittern würden. Einen häufig angewandten Verband zeigt Tafel 3, Fig. 6.

Um den Schornstein architektonisch auszubilden, wird derselbe in der Regel als Säule aufgefaßt und demgemäß gegliedert. Der Kopf wird dann mit einem ausladenden Gesims (Schornsteinkranz) geziert. Ist schon an und für sich diese Dekoration wenig gerechtfertigt, da sie dem Zwecke des Schornsteines nicht im geringsten entspricht, so erscheint sie um so weniger nachahmenswert, als sie nicht zu unterschätzende Nachteile im Gefolge hat. Der den Schornstein treffende Wind fließt nämlich teils nach unten, teils nach oben ab, verhält sich gleichsam wie ein auf eine ruhende Fläche treffender Wasserstrahl. Dies hat zur Folge, daß die nach oben gehenden Windstrahlen über der Mündung ein Vakuum zu erzeugen suchen und auf diese Weise den Zug erhöhen. Durch einen Schornsteinkranz wird aber diese den Zug der Esse begünstigende Wirkung des Windes nicht nur unmöglich gemacht, sondern es bilden sich über der Mündung Wirbel, welche das Eindringen des Windes in den Schornstein unausbleiblich machen. In richtiger Erkenntnis dieses Übelstandes hat man über dem Kopfgesims den Schornstein noch circa $0{,}6$ m prismatisch glatt weitergeführt, und ist es dadurch zwar gelungen, die schädliche Wirkung des Kranzes aufzuheben, jedoch nur unter Verzichtleistung auf die günstige Wirkung der Windstrahlen. Daß der Schornstein durch einen derartigen Aufbau außerdem entstellt wird und dem glatt hochgeführten ästhetisch nachsteht, bedarf kaum einer Erwähnung. Es erscheint deshalb dringend geboten, jenen ungerechtfertigten und schädlichen Schmuck fortzulassen, oder aber auf andere Weise die in seinem Gefolge auftretenden Übelstände aufzuheben. Es geschieht dies in der Regel durch Anbringen eines Schornsteinaufsatzes, welche Anordnung sich auch für Schornsteine ohne Kopfgesims empfiehlt, da sie sehr geeignet ist, den Unempfindlichkeitsgrad gegen meteorologische Einflüsse zu steigern.[1])

§ 10.
Ausführung der Schornsteine.

Die Ausführung der Schornsteine kann entweder mit Hilfe eines Gerüstes oder aber „von innen“ erfolgen. Hinsichtlich des Baues der Gerüste verweisen wir auf Band II dieses Werkes „Die Konstruktionen in Holz“ und bemerken, daß man dem Gerüst mit Rechteckgrundriß in der Regel den Vorzug giebt vor dem quadratischen Grundriß. Das Gerüst wird dicht um den Schornstein erbaut, die Materialien werden außerhalb des Gerüstes hoch gewunden, eine Maßnahme, die mit Rücksicht auf die ungünstige Beanspruchung hoher Gerüste wenig empfehlenswert ist. Bei rechteckiger Grundrißdisposition kann das

Fig. 8.



Material im Innern des Gerüstes hochgezogen werden; vergl. Tafel 4. Das hier dargestellte Gerüst fand Anwendung beim Bau der Invalidensäule in Berlin. Über dem Raume A befand sich der Windebock und gestattete, die hoch gewundenen Bauteile bequem an den Ort ihrer Bestimmung zu schaffen, eine Einrichtung, die bei Gerüsten für Fabrikschornsteine nicht nötig ist.

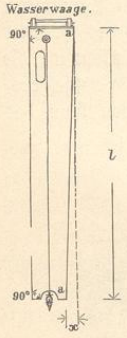
Wegen der bedeutenden Kosten, welche die Herstellung eines Gerüstes verursacht, werden in der Neuzeit hohe Fabrikschornsteine „von innen“ gemauert, wenn die Lichtweite derselben mindestens 75 cm beträgt. Gewöhnlich

1) Vergl. siebentes Kapitel „Apparate zur Benutzung der Saug- und Druckkraft des Windes“

wird dann als Querschnittsform der Kreis zu Grunde gelegt, der ja die geringste Abkühlungsfläche bietet, die geringste Masse erfordert, nach allen Seiten gleiche Stabilität besitzt und dem Winde die geringste Angriffsfläche darbietet.

Damit der Maurer im Innern des Schornsteines einen regelrechten Stand erhält, werden in Abständen von circa 1,25 m Eisen, a a Fig. 8, eingelegt, die wieder herausgenommen werden können und diese mit passenden Bohlen b b belegt. Außerdem werden in Entfernungen von 40 zu 40 cm Steigeeisen c eingemauert, die dauernd bleiben und sowohl zum Festhalten des Krahnes, als zum Besteigen des Schornsteines dienen, auch den Vorteil bieten, daß der Krahn — dem Fortschritt des Baues entsprechend — sicher nach oben geschoben werden kann. Seine Befestigung in den Steigeeisen geschieht durch Holzkeile.

Fig. 8a.



Die eigentliche Ausführung geschieht dann in der Weise, daß der Maurer den kreisförmigen Grundriß des Schornsteines über der Postamentgleiche genau aufträgt, in acht Teile teilt und im Verlaufe der Arbeit die Teilpunkte aufrecht lotet, wozu er das sogenannte Dossierscheit (Fig. 8a) benutzt, das an der Kante a a entsprechend abgeschrägt ist. In der Regel beträgt die Dossierung $1/_{50}$ der Höhe, d. h. pro steigendes Meter = 2 cm. Das Dossierscheit ist mit einer Lotschnur oder besser mit Wasserwage versehen, um vom Luftzuge unabhängig zu sein. Steht die Wage auch in den oberen Teilpunkten genau wagerecht auf dem Dossierscheit, so werden die verjüngten oberen Schornsteinquerschnitte ebenfalls kreisrund und die Achse des Schornsteines lotrecht sein müssen. Um sicher zu gehen, sollte man aber in Abständen von 8 bis 9 m durch ein im Mittelpunkte des inneren Kreises herabgelassenes Lot die äußere Lotung kontrollieren.

Die obere Wandstärke beträgt bei den neueren Fabrikschornsteinen nicht unter 15 cm und bei einem lichten Durchmesser von 1,5 m nicht unter 20 cm.

Die Wandungen werden nach unten in Absätzen verstärkt, und zwar durchschnittlich auf 4 bis 5 m Höhe um 6 cm oder in 8 bis 10 m Höhe um 12 bis 13 cm (Fig. 9).

Die Vermauerung der keilförmigen Formziegel erfolgt im sogenannten Kopfverbande; die Länge der Steine beträgt bei 16 cm Breite 15, 20, 25, 30 cm. Die Dicke der Formsteine, welche sonst $6^1/_2$ cm nicht zu übersteigen pflegt, wird jetzt meistens bis auf 9 cm gesteigert. Falls dieselben — wie in Fig. 10 bis 12 — senkrecht zur Lagerfläche mit Hohlräumen versehen sind, liegen Schwierigkeiten für die Fabrikation in tadelloser Weise nicht vor, das Gefüge wird dicht und die in den Hohlräumen eingeschlossene Luft schützt die Schornsteinwände vor Abkühlung. Derartige Formsteine für den Bau freistehender runder Schornsteine liefern:

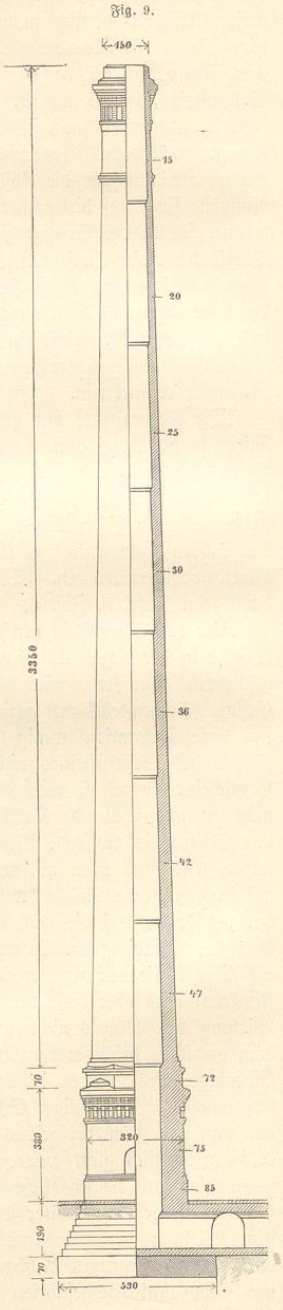
Kunheim & Co. in Berlin, H. R. Heinicke in Chemnitz u. a. Die erstgenannte Firma verfertigt zwölf verschiedene Sorten Formsteine für nachstehende Mündungsdurchmesser: 0,75 m, 1,00 m, 1,25 m und 1,50 m.

Ingenieur Heinicke liefert seine Steine angeblich für acht verschiedene Durchmesser.[1])

Die sogenannten Mantelkamine, deren kreisförmiger Querschnitt mit einem in 25 bis 30 cm Abstand vorgelegten konzentrischen Mantel aus demselben Material umgeben ist, derart, daß Schornstein und Mantel durch vertikale Zungen (Sporen) in Verband gebracht sind, werden ihrer umständlichen Ausführung halber kaum mehr zur Ausführung gebracht, da sie mehr Arbeitslohn erfordern, auch den vollwandigen, aus Hohlziegeln bester Gattung hergestellten Kaminen gegenüber kaum einen technischen Vorzug bieten.

Die Fundierung freistehender hoher Schornsteine muß mit großer Vorsicht erfolgen, um einseitige Senkungen zu verhüten; der

Fig. 9.



1) Bezüglich des Mauerverbandes der Schornsteinetagen sei auf die ausführliche Darstellung in Band I dieses Werkes „Ausführung runder Fabrikschornsteine“ verwiesen.

Baugrund sollte höchstens mit $1\frac{1}{2}$ kg pro Quadratcentimeter belastet werden. Als Baugrundsohle ist eine durchgehende Betonschicht von 0,75 bis 1,25 m Stärke und darüber zu wählen.

Fig. 10.

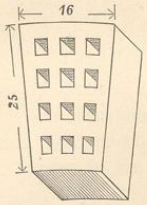


Fig. 11.

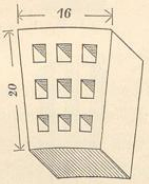
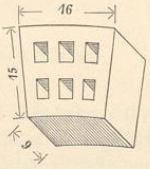


Fig. 12.



Vorstehenden, die Fabrikschornsteine betreffenden Ausführungen schließen wir nachfolgende kurze Besprechung an.

Über Schornsteine in Gebäuden. Diese haben die Verbrennungsprodukte aus Kaminen und Öfen aller Art, Kochherden, Waschkesselfeuerungen und dergleichen aufzunehmen und abzuführen. Sie werden kurzweg Rauchröhren genannt und ihre Abmessungen sind gewöhnlich durch baupolizeiliche Vorschriften festgestellt. — Erfolgt ihre Reinigung durch Befahren, so nennt man sie „befahrbare“ oder „besteigbare“ Schornsteine; Röhren, welche von oben her mittels mechanischer Vorrichtungen gereinigt werden, heißen enge oder russische Röhren.

1) Besteigbare Schornsteine müssen einen rechteckigen Querschnitt und bestimmte, baupolizeilich vorgeschriebene Abmessungen erhalten. So verlangt:

die Baupolizeiordnung für den Stadtkreis Berlin einen Querschnitt von mindestens . . .	0,42	zu 0,47 m
im Großherzogtum Baden sind vorgeschrieben	0,42	„ 0,48 „
in Württemberg sind vorgeschrieben	0,45	„ 0,50 „
nach der Wiener Bauordnung	0,48	„ 0,48 „

2) Enge, russische Röhren sollen einen gleichbleibenden rechteckigen oder kreisrunden Querschnitt erhalten, dessen lichte Abmessungen festgesetzt sind:

nach der Berliner Baupolizeiordnung für 3 Zimmeröfen auf		250 qcm
„ 4 „ „		330 „
im Großherzogtum Baden soll die Lichtweite betragen für eine Feuerstätte	0,18	zu 0,18 m
für mehrere Feuerstätten . .	0,25	„ 0,25 „
in Württemberg für mehrere Öfen	0,12	„ 0,25 „
im Wiener Polizeibezirk für 2 Feuer	0,16	„ 0,16 „

In betreff des Mauerverbandes befahrbarer und russischer Schornsteine wird auf Band I dieses Werkes, Tafel 6, beziehungsweise § 11 verwiesen.[1])

Gemauerte Schornsteine müssen nach Polizeivorschrift mindestens 12 cm starke Wangen erhalten, die an den Nachbargrenzen auf 25 cm zu verstärken sind. Für Centralheizungen und andere große Feuerungsanlagen können stärkere Wangen vorgeschrieben werden. Für nebeneinanderliegende Schornsteine genügt eine gemeinsame Wange von 12 cm Stärke.

Jedes Rauchrohr muß von Grund auf fundamendiert oder durch unverbrennliche Tragkonstruktionen unterstützt werden.

Von Balkenlagen und sonstigem Holzwerke müssen die Außenseiten der Schornsteine, falls die Wangenstärke unter 0,25 m beträgt, überall mindestens 0,065 m entfernt gehalten und durch doppelte, in Verband gelegte Dachsteinschichten getrennt werden. Im Dachverbande muß die Entfernung freiliegender Hölzer von 12 cm starken Schornsteinwangen mindestens 10 cm betragen.

Eiserne Schornsteine in Gebäuden sind unter Freihaltung eines Luftraumes von 10 cm feuersicher zu ummanteln.

Alle Schornsteine müssen ordnungsmäßig gereinigt werden können. Bei besteigbaren Schornsteinen ist die untere Mündung mit einer gefalzten eisernen Einsteigethür zu versehen.

Unbesteigbare Schornsteine müssen unten und oben, außerdem auch bei Richtungsveränderungen, wenn die Neigung gegen die Wagerechte weniger als 60° beträgt, hinlänglich große Reinigungsöffnungen erhalten. Obere Reinigungsöffnungen sind entbehrlich, wenn die Reinigung bequem vom Dache aus erfolgen kann. Alle seitlichen Reinigungsöffnungen sind mit gefalzten eisernen Thüren dicht zu verschließen. Die Anwendung von Schiebern ist nicht gestattet.

In Küchen, einschließlich der Waschküchen mit geschlossener Feuerung, ist ein besonderes Rohr zum Abzuge der Wasserdämpfe einzurichten, welches für eine oder zwei Küchen einen Querschnitt von 250 qcm, für jede hinzutretende Küche eine Vergrößerung von 50 qcm erhalten muß.

Die Schornsteine sind so anzulegen und zu benutzen, daß die Gebäude und deren Umgebung durch Funken, Rauch und Ruß nicht gefährdet werden, sie sind daher mindestens bis 0,30 m über die Dachfläche zu führen.

Aufsätze sind auf Schornsteinen nur zulässig, soweit sie die ordnungsmäßige Reinigung nicht behindern.

1) Vergl. auch: Scholtz, die „Fachschule des Maurers“ (S. 48 u. f.). Leipzig, J. M. Gebhardt's Verlag.

Die Frage, ob den besteigbaren oder den russischen Röhren der Vorzug gebührt, ist durch die heutige Baupraxis wohl ohne Zweifel zu Gunsten der letzteren entschieden. Im allgemeinen ziehen enge Röhren besser als weite, doch haben erstere sich für offene Herdfeuer als untauglich erwiesen. — Die Ansicht, daß es unstatthaft sei, mehrere übereinander gelegene Öfen in ein und dasselbe enge Rohr zu leiten, ist auch durch die Praxis widerlegt. Andererseits muß man die in einer Etage einmündenden Ofenrohre in verschiedenen Höhen des Schornsteines ausmünden lassen, um das Rauchen der minder gut ziehenden Feuerungen zu vermeiden.

Da jede Küchenfeuerung ihr besonderes russisches Rohr erhalten muß, ergeben sich häufig in mehrstöckigen Mietshäusern, in denen zwei Küchen in jeder Etage nebeneinanderliegen, bei knapp zubemessenem Raume recht schwerfällige Rohrkasten. Fig. 13 stellt einen solchen doppelten Schornsteinkasten, enthaltend zehn Rauchröhren und zwei Dunströhren für fünf übereinanderliegende Etagen von beiläufig 1,74 m Länge und 0,66 m Breite dar. In Fig. 14

Fig. 13.

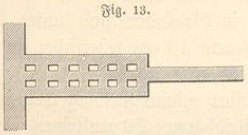
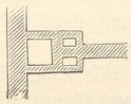


Fig. 14.



sind die Küchenfeuerungen dagegen in ein befahrbares Rohr eingeleitet. Die beiden russischen Rohre sind = 15/21 cm dimensioniert und dienen lediglich zur vorschriftsmäßigen Abführung des Wrasens (Dunstes). Wo der Raum nicht beschränkt ist, verdient die Anordnung in Fig. 13 den Vorzug.

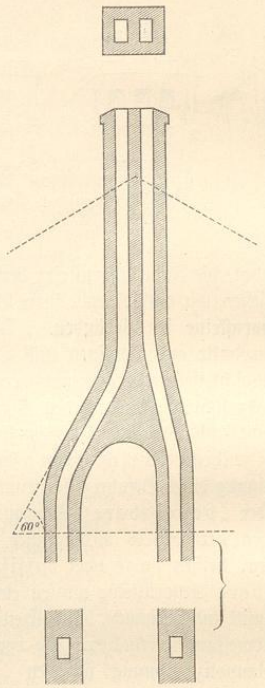
In der Dach-Etage pflegt man zwei oder mehrere nahe aneinander gelegene Schornsteine zu einem einzigen zu vereinigen, um den Dachverband und die Dachdeckung möglichst wenig zu stören. Es geschieht dies durch das sogenannte Ziehen und Schleifen der Schornsteine.

Fig. 15 zeigt das Aneinanderschleifen zweier Schornsteine, welche beide, vertikal aufgeführt, im First aus dem Dache treten. Das Gewölbe erhält hierbei die Form eines steigenden Bogens. Werden zwei Schornsteinkästen in dieser Weise aneinandergeschleift und enthält der eine ein Rohr weniger als der andere, so muß ein sogenanntes blindes Rauchrohr eingeschaltet werden.

In der Regel sucht man es zu vermeiden, Schornsteine in größerem Abstande vom First durch das Dach zu führen, da dies bekanntlich die Konstruktion einer „Kehle“ zwischen Schornstein und First nötig macht. Soll ein einzelner Schornstein nach dem First hin geschleift werden, so muß derselbe vertikal durch Mauerwerk unterstützt werden (Fig. 16).

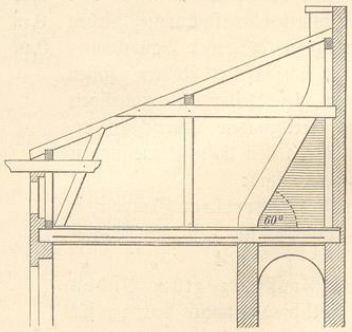
Das Ineinanderschleifen der Schornsteine, d. h. das Weglassen der Zungen nach vollzogenem Ziehen, ist auf

Fig. 15.



keinen Fall zulässig, da das Rauchen in den Zimmern sonst unvermeidlich ist.

Fig. 16.



Wie hoch der Schornstein über das Dach hinauszuführen sei, richtet sich nach der Höhe der umgebenden Gebäude. Wenn möglich, soll derselbe von den nachbarlichen Gebäuden nicht überragt werden. — Bei völlig freistehenden Häusern führt man die das Dach am First durch-

dringenden Schornsteine mindestens 0,25 m über denselben hinaus; andere, seitlich vom Dachfirst mündende Schornsteine erhöhe man um 0,30 bis 0,60 m über First, und zwar nähere man sich dem letzten Werte desto mehr, je größer der Abstand des Schornsteines vom Dachfirst ist.

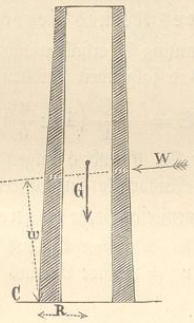
§ 11.

Stabilität freistehender Schornsteine.

1) Bedingungen der Stabilität.

Die Untersuchungen über die Stabilität hoher Schornsteine, die namentlich durch den Winddruck sehr gefährdet ist, werden in der Regel von ganz falschem Gesichtspunkte

Fig. 17.



aus durchgeführt. Es wird der Winddruck W sowie dessen Angriffspunkt ermittelt und das zur Sicherung der Stabilität erforderliche Gewicht G aus der auf den Drehpunkt C (Fig. 17) bezogenen Momentengleichung

$$G\,R = W\,w$$

bestimmt, in welcher

R den Hebelarm von G
und w den Hebelarm von W

bedeutet.

Das theoretische

$$G = \frac{W\,w}{R}$$

wird dann ebenfalls noch durch ein

$$G = c\,\frac{W\,w}{R} \quad \ldots\ldots\ (I)$$

ersetzt, wo c einen Sicherheitskoeffizienten, den man Stabilitätskoeffizienten zu nennen pflegt, darstellt.

Daß eine derartige Betrachtung sich nicht verteidigen läßt, leuchtet ein. Zunächst fehlt der geeignete Anhalt für die Beurteilung des Wertes c, da eine Ermittelung desselben aus Vergleichen mit der Praxis insofern wenig rationell ist, als ausgeführte Konstruktionen nicht immer gleichzeitig zweckmäßige sein müssen. Weiter bietet die Berechnung der Schornsteindimensionen nach Formel I keine Garantie gegen eine etwaige Überlastung des Materiales. Sie zieht nur die sogenannte Standsicherheit in Betracht, nicht aber die Festigkeit des Materiales und die Sicherheit gegen Gleiten auf der Lagerfuge.

Jeder mit den Lehren der Baumechanik Vertraute wird wissen, daß man in analoger Weise früher die Futtermauern zu berechnen pflegte, daß man aber in neuerer Zeit wesentlich andere Bedingungen für deren Stabilität aufstellt.

Der Verfasser hält sich deshalb um so mehr berechtigt, eine rationellere Berechnung in ausführlicherer Weise zur Darstellung zu bringen.

Die an jede Steinkonstruktion mit Fug und Recht zu stellende Forderung ist:

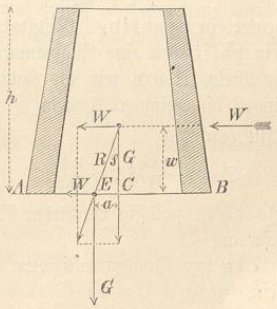
> daß in keinem Teile derselben eine übermäßige Zugspannung, vielmehr nur eine so geringe Zugspannung auftritt, daß eine Gefährdung der Konstruktion nicht zu gewärtigen ist.

Diese größte zulässige Zugspannung dürfte hierbei auf 1 kg pro Quadratcentimeter bemessen werden dürfen, doch wird es ratsam sein, selbst von dieser, eine Verringerung des Querschnittes gestattenden Annahme abzusehen, wenn es sich um die Berechnung von hohen Schornsteinen handelt, da das Mauerwerk nicht allein unter dem Einflusse der Witterung, sondern auch durch die Hitze leidet.

Der Gang der Untersuchung ist folgender:

Es sei Fig. 18 A B ein Querschnitt im Abstande h von der Mündung, G sei das Gewicht des Schornsteinsegmentes,

Fig. 18.



W der Winddruck auf dieses, nach Lage und Größe gegeben und horizontal wirkend vorausgesetzt. Weiter sei R die Resultante aus W und G, sie schneide A B in E und bilde mit der Normalen zu A B den Winkel φ.

Die Horizontalkomponente von R, welche gleich W ist, wird ein Gleiten auf der Lagerfuge erstreben und wird, wenn von der Festigkeit des Mörtels abgesehen wird, kleiner

als der Reibungswiderstand sein müssen. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn

$$\varphi \leqq \varrho$$

ist, wo ϱ den Reibungswinkel bedeutet, welcher $= 33^0$ anzunehmen ist.

Die Stabilität gegen Gleiten erfordert daher, daß

$$W \leqq G \operatorname{tg} 33^0,$$

d. i.

$$W \leqq 0{,}65\, G$$

ist.[1])

Die Vertikalkomponente von R, d. i. die in E angreifende Kraft G, beansprucht den Querschnitt AB auf exzentrischen Druck.

Nennt man

a den Abstand des Punktes E von dem Schwerpunkte C des Querschnittes,

so entsteht das Biegungsmoment

$$M = G\,a,$$

welchem in den Fasern B und A die Spannungen

$$\mathfrak{S}_1 = \pm \frac{G\,a}{\mathfrak{W}}$$

entsprechen, unter

$\mathfrak{W}$ das Widerstandsmoment (den Querschnittsmodul) des Schornsteinquerschnittes verstanden.

Dem Drucke G entspricht die Normalspannung

$$\mathfrak{S}_2 = -\frac{G}{F}$$

wo F der Inhalt des Querschnittes ist.

Die Gesamtspannung wird

$$\mathfrak{S} = -\frac{G}{F}\left[1 \pm \frac{a\,F}{\mathfrak{W}}\right]$$

und zwar bedeutet ein negatives Resultat eine Druckspannung, ein positives eine Zugspannung.

Den Schornstein erklären wir als stabil und gleichzeitig als rationell dimensioniert,[2]) wenn

1) die Druckspannung

$$\mathfrak{S} = -\frac{G}{F}\left(1 + \frac{a\,F}{\mathfrak{W}}\right)$$

gerade den als höchst zulässig erachteten Wert annimmt und dürfte dieser auf

7 kg pro Quadratcentimeter

zu bemessen sein,

2) wenn die Zugspannung gleich oder kleiner als Null ist.

Der aus Bedingung 2 sich ergebende Grenzwert a folgt aus der Gleichung

$$1 = \frac{a\,F}{\mathfrak{W}}$$

und möge mit e bezeichnet werden. Es ist dann

$$e = \frac{\mathfrak{W}}{F}.$$

Den geometrischen Ort der Punkte, welche im Abstande e von C liegen, nennen wir die Kernfläche, den von dieser und den Endquerschnitten des Schornsteines eingeschlossenen Raum den Kern; weiter bezeichnen wir den geometrischen Ort der Punkte C mit dem Namen Stützlinie und sprechen nun die Bedingungen 2 wie folgt aus:

> Soll in der Schornsteinwandung keine Zugspannung auftreten, so müssen sämtliche Punkte der Stützlinie innerhalb des Kernes liegen.

Für die Spannung $\mathfrak{S}$ erhalten wir unter Berücksichtigung des Wertes e folgenden Ausdruck:

$$\mathfrak{S} = -\frac{G}{F}\left(1 \pm \frac{a}{e}\right)$$

und zwar sind für $\mathfrak{W}$, F und e folgende aus der Festigkeitslehre bekannte Ausdrücke einzuführen:

a) für den Schornstein mit Kreisquerschnitt, Fig. 19:

R = großer Radius
r = kleiner Radius

Fig. 19.

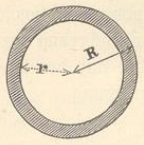
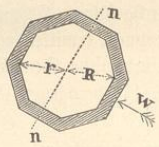


Fig. 20.



$$\mathfrak{W} = \frac{\pi}{4\,R}(R^4 - r^4) = \frac{0{,}785\,(R^4 - r^4)}{R}$$

$$F = \pi\,(R^2 - r^2) = 3{,}142\,(R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4\,R};$$

b) für den Schornstein mit Achteckquerschnitt, Fig. 20:

R, r die Radien der bezüglichen umschriebenen Kreise:

$$\mathfrak{W} = \frac{0{,}690}{R}(R^4 - r^4)$$

$$F = 2{,}828\,(R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4{,}10\,R} = \frac{0{,}244}{R}(R^2 + r^2);$$

(in Fig. 20 deutet der Pfeil an, daß der Winddruck normal zu einer Seite anzunehmen ist);

c) für den Schornstein mit Sechseckquerschnitt, Fig. 22:

1) Diese Bedingung ist stets erfüllt; man hat deshalb nicht nötig, die bezügliche Gleichung zu untersuchen.

2) Wir fassen hierbei selbstverständlich nur die Festigkeit ins Auge, sehen also von den an die Esse als guten Zugerzeuger zu stellenden Forderungen ab.

Fig. 21.

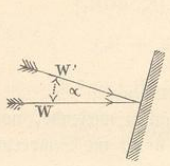
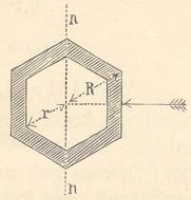


Fig. 22.



$$\mathfrak{W} = \frac{0{,}625}{R}(R^4 - r^4)$$

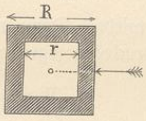
$$F = 2{,}598\,(R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4{,}16\,R} = \frac{0{,}240}{R}(R^2 + r^2);$$

d) für den Schornstein mit Quadratquerschnitt:

R = äußere Quadratseite
r = innere Quadratseite

Fig. 23.



$$\mathfrak{W} = \frac{1}{6\,R}(R^4 - r^4)$$

$$F = R^2 - r^2$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{6\,R}.$$

Die Strecke a findet man, wenn der Abstand w des Winddruckes von C gegeben ist, aus der Proportion:

$$a : w = W : G,$$

woraus

$$a = \frac{W\,w}{G},$$

so daß die Spannung:

$$\mathfrak{S} = -\frac{G}{F}\left[1 \pm \frac{W\,w}{G\,e}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (x)$$

wird. Mit Hilfe dieser Formel läßt sich die Aufgabe lösen, sobald der Winddruck W und dessen Hebelarm w in Bezug auf den Querschnitt A B gegeben ist.

2) Bestimmung des Winddruckes.

Wie die Aerodynamik lehrt, ist der Druck, welchen der Wind auf eine ruhende, zu seiner Bewegungsrichtung normale Fläche ausübt:

$$W' = c\,\gamma\,\frac{F v^2}{2g},$$

unter:

F den Inhalt der Fläche in Quadratmetern,
γ das Gewicht pro Kubikmeter Luft (= 1,292 kg bei 13° C. und 1 Atmosphäre Spannung),
g die Beschleunigung der Schwere (= 9,81),
c einen Erfahrungskoeffizienten, der bei kleinen Flächen 1,86 ist,
v die Geschwindigkeit des Windes in Metern pro Sekunde

verstanden. Der Ausdruck geht nach Einführung der für γ, g und c angegebenen Werte über in

$$W' = 0{,}12\,F v^2,$$

wonach für verschiedene beobachtete Geschwindigkeiten sich folgende Drucke pro Quadratmeter ergeben.

	v	W' pro qm
		kg
Lebhafter Wind	5	3
Sehr lebhafter Wind	10	12
Starker „	15	27
Sehr starker „	20	48
Leichter Sturm	25	75
Starker „	30	108
Orkan	40	192
Stärkster bekannter Orkan	48	278

Welcher dieser Werte der Berechnung der Schornsteinabmessungen zu Grunde zu legen ist, hängt von der Örtlichkeit ab. Geraten dürfte es sein, den Druck pro Quadratmeter auf mindestens 200 kg festzusetzen, ihn jedoch bei sehr dem Winde preisgegebenen Anlagen auf 300 zu erhöhen. In die folgenden Untersuchungen möge der erstgenannte Wert eingeführt und demnach

$$W' = 200\,F$$

geschrieben werden. Der zweiten Annahme entsprechende Resultate erhält man, indem man die nachstehend für Ww entwickelten und in Formel (x) einzusetzenden Ausdrücke mit 1,5 multipliziert.

Aus der Aerodyamik ist ferner bekannt, daß der auf eine ruhende Fläche, deren Normale mit der Windrichtung den Winkel α (Fig. 21) einschließt, sich äußernde, in der Richtung normal zur Fläche gemessene Winddruck — und zwar unter Einführung des oben angegebenen spezifischen Druckes —

$$W' = 200\,F\cos^2\alpha$$

ist (da die Geschwindigkeit normal zur Fläche = v cos α), woraus sich der horizontal wirkende Winddruck

$$W = 200\,F\cos^3\alpha$$

ergiebt.

Mit Hilfe dieser Angaben läßt sich nun das Produkt Ww leicht bestimmen. Wir betrachten zunächst:

a) den Schornstein mit Achteckquerschnitt.

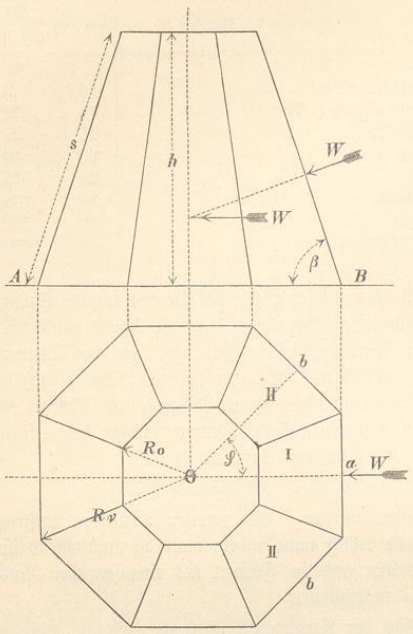
Der Mantel des Schornsteines ist in Fig. 24 im Grundriß und Aufriß dargestellt. Der Neigungswinkel der Seitenfläche gegen den Horizont sei β; dann ist der Winkel α zwischen der Windrichtung und der Normalen auf die Fläche I gleich $90° - \beta$, und der horizontale Winddruck auf Fläche I:

$$W_I = 200\,F\cos^3(90° - \beta)$$
$$= 200\,F\sin^3\beta.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Normale zur Fläche II bildet mit der Windrichtung einen Winkel γ, der sich durch den Winkel β und den Winkel φ, welchen die im Grundriß vom Mittelpunkte o

Fig. 24.



auf die Kanten a und b gefällten Lote miteinander einschließen, ausdrücken läßt, und zwar lautet die bezügliche Relation:

$$\cos\gamma = \sin\beta\cos\varphi.$$

Es wird hiernach der Winddruck auf Fläche II

$$W_{II} = 200\ F \sin^3\beta \cos^3\varphi$$

und wegen

$$\varphi = 45^0;\ \cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$W_{II} = 71\ F \sin^3\beta.$$

Der gesamte auf den Pyramidenstumpf-Mantel sich äußernde horizontale Winddruck ist also:

$$W = 200\ F \sin^3\beta + 2 \cdot 71\ F \sin^3\beta$$

$$W = 342\ F \sin^3\beta.$$

Ist nun

R_o der umschriebene Radius des oberen Achtecks,

R_u „ „ „ „ unteren „

so sind die entsprechenden Achteckseiten

$$0{,}7654\ R_o \text{ resp. } 0{,}7654\ R_u.$$

Wird dann weiter mit

s die Höhe des Trapezes I bezw. II

bezeichnet, dann ergiebt sich

$$F = \frac{s}{2} \cdot 0{,}7654\ (R_o + R_u)$$

$$= 0{,}3827\ s\ (R_o + R_u),$$

weshalb

$$W = 131\ s\ (R_o + R_u) \sin^3\beta.$$

Der auf jede der Seitenflächen wirkende, normal zu diesen gerichtete Winddruck W′ greift im Schwerpunkt der bezüglichen Fläche an und wird hiernach der gemeinschaftliche Angriffspunkt aller dieser Kräfte W′ als der Schnittpunkt der nun nach Lage bestimmten W′ mit der Achse der Pyramide gefunden. Dieser Angriffspunkt kann aber als mit dem Schwerpunkte eines durch die Achse gelegten Längenprofiles zusammenfallend angenommen werden, so daß sich für seinen Abstand w von der Grundfläche der Ausdruck

$$w = \frac{h}{3}\,\frac{2R_o + R_u}{R_o + R_u}$$

ergiebt. Dann wird das gesuchte Moment des Winddruckes bezogen auf den Schwerpunkt der Grundfläche

$$W\,w = \frac{131}{3}\,s\,h\,(2R_o + R_u) \sin^3\beta$$

und wenn

$$\sin\beta = \frac{h}{s}$$

gesetzt wird,

$$W\,w = \frac{131\ h^4\,(2R_o + R_u)}{3\ s^2}.$$

Nun kann man sich leicht durch Rechnung die Überzeugung verschaffen, daß bei den für Schornsteine üblichen Verjüngungsverhältnissen

$$s = h$$

gesetzt werden kann, so daß obiger Ausdruck durch

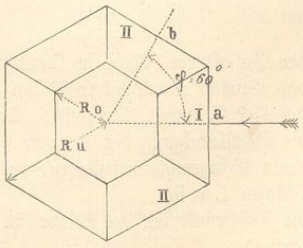
$$W\,w = 44\ h^2\,(2\ R_o + R_u)$$

ersetzt werden darf.

b) Der Schornstein mit Sechseckquerschnitt.

Wir führen hier sofort die vereinfachende Annahme ein, bei Ermittelung des Wertes W die Pyramide durch

Fig. 25.

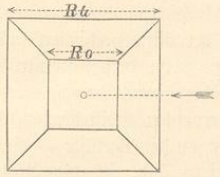


ein Prisma zu ersetzen, dessen Querschnitt der umschriebene Radius

$$R_l = \frac{R_o + R_u}{2}$$

entspricht.

Fig. 26.



Der Winddruck auf die Seitenfläche I ist

$$W_I = 200\ F,$$

der auf Seitenfläche II:

$$W_{II} = 200\ F \cos^3 60^0 = 200\ F \left(\frac{1}{2}\right)^3$$

$$W_{II} = 25\ F$$

mithin der gesamte horizontale Winddruck:

$$W = 250\ F,$$

worin

$$F = R_l\, h = \frac{h}{2}(R_o + R_u).$$

Da ferner

$$w = \frac{h}{3}\,\frac{2\,R_o + R_u}{R_o + R_u},$$

so folgt:

$$W\,w = 42\,h^2\,(2\,R_o + R_u).$$

c) Der Schornstein mit Quadratquerschnitt

$$W = 200\ F = 200\ R_l\, h$$

$$w = \frac{h}{3} \cdot \frac{2\,R_o + R_u}{2\,R_l}$$

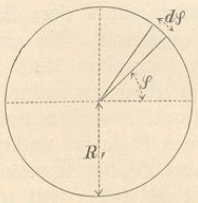
$$W\,w = 33\,h^2\,(2\,R_o + R_u).$$

d) Der Schornstein mit Kreisquerschnitt.

Für das dem Winkel φ (Grundriß Fig. 27) entsprechende Element ist:

$$d\,W = 200 \cos^3 \varphi\, d\,F,$$

Fig. 27.



worin

$$d\,F = h\,R_l\,d\,\varphi.$$

Demnach wird

$$W = 2\int_0^{\frac{\pi}{2}} d\,W = 400\,h\,R_l \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3\varphi\, d\,\varphi$$

$$= 400\,h\,R_l \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1 - \sin^2\alpha)\, d\,(\sin\alpha)$$

$$= 400\,h\,R_l \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\sin\alpha - \frac{\sin^3\alpha}{3}\right)$$

$$= 400\ h\ R_l \cdot \frac{2}{3}.$$

Ferner ist:

$$w = \frac{h}{3}\,\frac{2\,R_o + R_l}{2\,R_l}$$

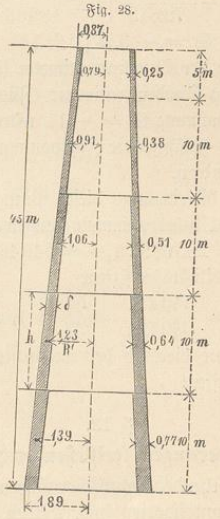
mithin:

$$W\,w = 400\,h^2\,(2\,R_o + R_l)\,\frac{1}{9}$$

$$W\,w = 45\,h^2\,(2\,R_o + R_l).$$

Es erübrigt noch, den Gang der Rechnung durch ein Beispiel zu erläutern, und wählen wir hierzu die Untersuchung der Stabilität des in Fig. 28 dargestellten Schornsteines, der einen kreisförmigen Querschnitt habe.

Fig. 28.



Die Gewichte der einzelnen in der Wandung gleichstarken Absätze berechnen wir nach dem für Rotationskörper geltenden Gesetze.

Nennen wir

h die Höhe des Segmentes,

$F = \delta\,h$ den Inhalt der rotierenden Fläche,

R' den Abstand des Schwerpunktes dieser Fläche von der Achse des Schornsteines, so ist

$$G = \gamma\ .\ 2\ \pi\ R'\ .\ \delta\ h,$$

wo γ das Gewicht pro Kubikeinheit des Mauerwerkes.

Wird $\gamma = 1600$ kg pro Kubikmeter angenommen, so ist

$$G = 1600\ .\ 2\ .\ \pi\ R'\ \delta\ h = 10060\ \delta\ h\ R'.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hiernach ergeben sich folgende Gewichte:

$$G_I = 10060 \,.\, 0{,}25 \,.\, 5{,}0 \,.\, 0{,}79 = 9934$$
$$G_{II} = 10060 \,.\, 0{,}38 \,.\, 10{,}0 \,.\, 0{,}91 = 34787$$
$$G_{III} = 10060 \,.\, 0{,}51 \,.\, 10{,}0 \,.\, 1{,}06 = 54384$$
$$G_{IV} = 10060 \,.\, 0{,}64 \,.\, 10{,}0 \,.\, 1{,}23 = 79192$$
$$G_V = 10060 \,.\, 0{,}77 \,.\, 10{,}0 \,.\, 1{,}39 = 107672$$
$$\Sigma\, G = 285969 \text{ kg}$$

Dem untersten Querschnitte entspricht der Kernabstand

$$e = \frac{1{,}89^2 + 1{,}12^2}{4 \,.\, 1{,}89} = 0{,}64.$$

Das Produkt W w (bezogen auf den gesamten Schornstein) ist

$$W\,w = 45 \,.\, 45^2\,(2 \,.\, 0{,}87 + 1{,}89) = 330783{,}75 \text{ kgm}$$

während das Produkt G e sich nur

$$G\,e = 285969 \,.\, 0{,}64 = 183020{,}16 \text{ kgm},$$

herausstellt.

Die Spannungen im untersten Querschnitte sind wegen

$$F = \pi\,(189^2 - 112^2) = 72813 \text{ qcm}$$

$$\mathfrak{S} = -\frac{285969}{72813}\left[1 \pm \frac{330784}{183020}\right] =$$

$$\mathfrak{S} = -3{,}93\,[1 \pm 1{,}8]$$

$\mathfrak{S} = -11$ kg pro Quadratcentimeter (Druckspannung)

$+3$ kg pro Quadratcentimeter (Zugspannung).

Die Druckspannung $\mathfrak{S} = -11$ wäre bei gutem Materiale allenfalls zulässig, die Zugspannung 3 aber *unter keinen Umständen*.

Hätte man die eingangs dieses Paragraphen getadelte Methode der Stabilitätsbestimmung angewendet, so hätte, da

$$G\,R = 285969 \,.\, 1{,}89 = 540481 \text{ kgm}$$

ist, sich ein Stabilitätskoeffizient

$$c = \frac{540481}{330784} = \frac{54}{33} = 1{,}64$$

ergeben und hätte hiernach der Schornstein für stabil erklärt werden müssen.

§ 12.

Formveränderungen freistehender Schornsteine.

1) Bei freistehenden Fabrikschornsteinen, die einer starken Beanspruchung unterworfen sind, werden nicht selten nach einer gewissen Nutzungsdauer Deformationen des Schornsteingemäuers resp. Lageveränderungen an dem Baukörper wahrgenommen. Am häufigsten tritt der Fall ein, daß das Schornsteinmauerwerk infolge Einwirkung der Feuergase berstet und sich in dem geschlossenen Baukörper Risse bilden, welche mehr oder weniger vertikal verlaufen, auch wohl der Richtung der Fugentreppung folgen. Diese Sprünge beginnen in der Regel über dem Postamentmauerwerk und ziehen sich in die oberen Schornstein-Etagen hinauf, ohne jedoch einen fortlaufenden Riß zu bilden.

Um den Fortschritt dieser, die Stabilität des Bauwerkes beeinträchtigenden Deformationen zu hindern, muß der Schornstein bis zu derjenigen Höhe, in welcher Risse wahrnehmbar sind, äußerlich berüstet werden. Es werden sodann in vertikalen Abständen von 1 bis 1,25 m 6 bis 8 cm hohe Bänder von Flacheisen umgelegt und deren Enden durch Schrauben kräftig zusammengezogen. Hierdurch wird die Erweiterung der Risse verhindert und der deformierte Schornstein kann, wenn dessen Konstruktion keine fehlerhafte ist, noch Jahre hinaus benutzt werden.

2) Bei neuerbauten freistehenden Schornsteinen — namentlich solchen an der Seeküste — die dauernd starkem Winddruck ausgesetzt sind, ist die Beobachtung gemacht worden, daß die noch nicht erhärteten Lagerfugen der oberen Schornstein-Etagen — namentlich wenn Kalkmörtel verwendet wurde — unter dem Einfluß heftiger Stürme zusammengepreßt wurden. Dieser obere Teil des Schornsteines bildet dann auf der dem Winde zugewendeten Seite eine konvexe, auf der entgegengesetzten Seite eine konkave Linie. Der Fugenmörtel an der konkaven Seite ist komprimiert, an der konvexen Seite dagegen haben sich die Fugen geöffnet. Abhilfe geschieht in diesem Fall wie folgt: der Schornstein ist in ganzer Höhe äußerlich zu berüsten, sodann werden nach Bedarf an der konvexen Seite in vertikalen Abständen mittels einer Schrotsäge mehrere Mörtelbänder etwa bis zur Schornsteinachse hin eingesägt. Hierauf bringt man unterhalb des Schornsteinkopfes vertikale Versteifungsschienen, die durch starke Eisenbänder gegürtet werden, an und befestigt die zum Geraderichten erforderlichen Taue an den hierzu angebrachten, starken eisernen Haken. Zu dem Ende sind in angemessener Entfernung vom Schornsteinpostament *Windevorrichtungen* aufgestellt und mit dem Erdboden fest verbunden: mittels dieser wird der Schornstein leicht in die ursprüngliche, normale Lage zurückgezogen. Die Kontrolle erfolgt durch ein im Innern des Schornsteines aufgehängtes Lot, welches an einem über der Schornsteinmündung angebrachten Fadenkreuz befestigt ist. Als Ersatz für den durch die Säge entfernten Mörtel wird dünnflüssiger Cementmörtel mittels einer Spritze in die betreffenden Fugen eingebracht. Bis zur Erhärtung des Letzteren muß der Schornstein durch die angespannten Taue in seiner Lage festgehalten werden. Man darf aber zu dieser Arbeit niemals neue Taue verwenden, weil dieselben bei eintretendem Regen sich verkürzen und somit die normale Richtung des Baukörpers verändern würden.

3) Seltener ist endlich *der Fall*, daß sich die *Fundamentsohle* des Schornsteines — etwa infolge ungeeigneten Baugrundes — *gesenkt hat*, die Mauerschichten demzufolge nicht horizontale, sondern geneigte Ebenen bilden und die Schornsteinachse eine Abweichung von der Vertikalen erleidet, welche bei hohen Schornsteinen 1,0 m und darüber betragen kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Solche bedeutende Lageveränderungen hatte im Laufe von 20 Jahren ein zu Frankfurt a. O. errichteter, 43,82 m hoher Schornstein angenommen! Die Abweichung der Mittellinie desselben vom Lot betrug 1,10 m! Verfasser wurde (im Jahre 1891) damit betraut, festzustellen:

„Ob die Standfestigkeit des fraglichen Schornsteines noch ausreichend sei, um jede Gefährdung benachbarter Baulichkeiten und des darin beschäftigten Personales auszuschließen."

Mit Hilfe einer älteren Bauzeichnung und — gestützt auf die an Ort und Stelle vorgenommenen genauen Messungen — sind die Grundrisse und ein Profil des Schornsteines aufgetragen und auf Tafel 4ª zur Darstellung gebracht.

Nachstehend geben wir die zu diesem Zweck angestellten Stabilitätsuntersuchungen.

A. Gewichte der einzelnen Schornsteinabsätze. Dieselben werden in Tonnen ausgedrückt und das Kubikmeter Mauerwerk mit 1,6 t in Ansatz gebracht.

Absatz I

$$\pi \frac{2{,}32 + 1{,}62}{2} \cdot 0{,}15 \cdot 5{,}84 \cdot 1{,}6 \text{ t} = 8{,}67 \text{ t}$$

Absatz II

$$\pi \frac{2{,}64 + 1{,}82}{2} \cdot 0{,}25 \cdot 4{,}72 \cdot 1{,}6 \text{ t} = 13{,}23 \text{ t}$$

Absatz III

$$\left.\begin{aligned} \pi \frac{3{,}17 + 2{,}14}{2} \cdot 0{,}25 \cdot 7{,}84 \cdot 1{,}6 \text{ t} &= 30{,}10 \\ \pi \cdot 2{,}01 \cdot 0{,}15 \cdot 7{,}84 \cdot 1{,}6 \text{ t} &= 11{,}88 \end{aligned}\right\} = 41{,}98 \text{ t}$$

Absatz IV

$$\left.\begin{aligned} \pi \frac{4{,}15 + 2{,}67}{2} \cdot 0{,}25 \cdot 15{,}70 \cdot 1{,}6 \text{ t} &= 67{,}27 \\ \pi \cdot 2{,}11 \cdot 0{,}25 \cdot 15{,}70 \cdot 1{,}6 \text{ t} &= 41{,}63 \end{aligned}\right\} = 108{,}90 \text{ t}$$

Absatz IVª

$$\left.\begin{aligned} \pi \cdot 3{,}95 \cdot 0{,}30 \cdot 0{,}48 \cdot 1{,}6 \text{ t} &= 2{,}86 \\ \pi \cdot 2{,}11 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}48 \cdot 1{,}6 \text{ t} &= 1{,}27 \end{aligned}\right\} = 4{,}13 \text{ t}$$

Absatz V

$$[4{,}4^2 - \frac{\pi}{4}(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2)] \cdot 7{,}50 \cdot 1{,}6 \text{ t} = 169{,}63 \text{ t}$$

Absatz VI

$$[4{,}55^2 - \frac{\pi}{4}(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2)] \cdot 1{,}74 \cdot 1{,}6 \text{ t} = 43{,}09 \text{ t}$$

Absatz VII

$$[4{,}86^2 - \frac{\pi}{4}(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2)] \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}6 \text{ t} = 29{,}43 \text{ t}$$

Absatz VIII

$$5{,}50^2 \cdot 3{,}0 \cdot 1{,}6 \text{ t} = 145{,}20 \text{ t}$$

Hieraus Summenbelastungen:

ΣG^{I}	= 8,67 t	ΣG^{V}	= 346,54 t
ΣG^{II}	= 21,90 „	ΣG^{VI}	= 389,63 „
ΣG^{III}	= 63,88 „	ΣG^{VII}	= 419,06 „
ΣG^{IV}	= 172,78 „	ΣG^{VIII}	= 564,26 „
ΣG^{IVa}	= 176,91 „		

In dieser Gewichtsermittelung sind zu Gunsten der Standsicherheit vernachlässigt die Gewichte der horizontalen und radialen Bindeglieder.

B. Um die Wirkung der Ausweichung aus dem Lot beurteilen zu können, ist die Bestimmung der Schwerpunkte der Massen erforderlich.

In I berechnet sich

$$\frac{2{,}17 + 2\sqrt{2{,}17 \cdot 1{,}77} + 3 \cdot 1{,}77}{4(2{,}17 + \sqrt{2{,}17 \cdot 1{,}77} + 1{,}77)} \cdot 5{,}84 = \frac{11{,}40}{23{,}60} \cdot 5{,}84 = 2{,}87 \text{ m}$$

in II

$$\frac{2{,}39 + 2\sqrt{2{,}39 \cdot 2{,}07} + 3 \cdot 2{,}07}{4(2{,}39 + \sqrt{2{,}39 \cdot 2{,}07} + 2{,}07)} \cdot 4{,}72 = \frac{13{,}048}{23{,}736} \cdot 4{,}72 = 2{,}304 \text{ m}$$

in III

$$\frac{2{,}92 + 2\sqrt{2{,}92 \cdot 2{,}39} + 3 \cdot 2{,}39}{4(2{,}92 + \sqrt{2{,}92 \cdot 2{,}39} + 2{,}39)} \cdot 7{,}84 = \frac{15{,}374}{31{,}808} \cdot 7{,}84 = 3{,}79 \text{ m}$$

in IV

$$\frac{3{,}90 + 2\sqrt{3{,}90 \cdot 2{,}92} + 3 \cdot 2{,}92}{4(3{,}90 + \sqrt{3{,}90 \cdot 2{,}92} + 2{,}92)} 15{,}70 = \frac{19{,}41}{40{,}78} \cdot 15{,}70 = 7{,}473 \text{ m}$$

Hieraus findet man die Schwerpunkthöhe über:

a^{I} für ΣG^{I} = 2,87 m

a^{II} für ΣG^{II}

$$\frac{(4{,}72 + 2{,}87)\ 8{,}67 + 2{,}304 \cdot 13{,}23}{21{,}90} = 4{,}279 \text{ m}$$

a^{III} für ΣG^{III}

$$\frac{(7{,}84 + 4{,}279)\ 21{,}90 + 3{,}79 \cdot 30{,}10 + 30{,}92 \cdot 11{,}88}{63{,}88} = 6{,}67 \text{ m}$$

a^{IV} für ΣG^{IV}

$$\frac{(15{,}7 + 6{,}67)\ 63{,}88 + 7{,}473 \cdot 67{,}27 + 7{,}85 \cdot 41{,}63}{172{,}78} = 13{,}072 \text{ m}$$

a^{V} für ΣG^{V}

$$\frac{(7{,}98 + 13{,}072)\ 172{,}78 + 7{,}74 \cdot 4{,}13 + 3{,}75 \cdot 169{,}63}{346{,}54} = 12{,}424 \text{ m}$$

a^{VI} für ΣG^{VI}

$$\frac{(1{,}74 + 12{,}424)\ 346{,}54 + 0{,}87 \cdot 43{,}02}{389{,}63} = 12{,}694 \text{ m}$$

a^{VII} für ΣG^{VII}

$$\frac{(1{,}00 + 12{,}694)\ 389{,}63 + 0{,}50 \cdot 29{,}43}{419{,}06} = 12{,}767 \text{ m}$$

a^{VIII} für ΣG^{VIII}

$$\frac{(3{,}00 + 12{,}767)\ 419{,}06 + 1{,}50 \cdot 145{,}20}{564{,}26} = 12{,}105 \text{ m}$$

Hiernach ergeben sich, da eine Ausweichung von 1,10 m auf 47,83 m entfällt, folgende Momente aus der excentrischen Belastung:

in a^{I}: $8{,}67 \cdot 1{,}10 \cdot \frac{2{,}87}{47{,}82} = 0{,}57$ tm

„ a^{II}: $21{,}90 \cdot 1{,}10 \cdot \frac{4{,}279}{47{,}82} = 2{,}16$ „

„ a^{III}: $63{,}88 \cdot 1{,}10 \cdot \frac{6{,}67}{47{,}82} = 9{,}80$ „

„ a^{IV}: $172{,}78 \cdot 1{,}10 \cdot \frac{13{,}072}{47{,}82} = 51{,}95$ „

„ a^{V}: $346{,}54 \cdot 1{,}10 \cdot \frac{12{,}424}{47{,}82} = 99{,}04$ „

„ a^{VI}: $389{,}63 \cdot 1{,}10 \cdot \frac{12{,}694}{47{,}82} = 113{,}77$ „

„ a^{VII}: $419{,}06 \cdot 1{,}10 \cdot \frac{12{,}767}{47{,}82} = 123{,}07$ „

„ a^{VIII}: $564{,}26 \cdot 1{,}10 \cdot \frac{12{,}105}{47{,}82} = 157{,}12$ „

Die Wirkung dieser Momente ist vermöge der Widerstandsmomente in denselben zu beurteilen.

Die Widerstandsmomente sind:

in a^{I} $\mathfrak{W}^{I} = \frac{\pi\,(2{,}32^4 - 2{,}02^4)}{32 \cdot 3{,}32} = 0{,}521$

„ a^{II} $\mathfrak{W}^{II} = \frac{\pi\,(2{,}64^4 - 2{,}14^4)}{32 \cdot 2{,}64} = 1{,}022$

„ a^{III} $\mathfrak{W}^{III} = \frac{\pi\,(3{,}17^4 - 2{,}67^4 + 2{,}16^4 - 1{,}86^4)}{32 \cdot 3{,}17} = 1{,}857$

„ a^{IV} $\mathfrak{W}^{IV} = \frac{\pi\,(4{,}15^4 - 3{,}65^4 + 2{,}36^4 - 1{,}86^4)}{32 \cdot 4{,}15} = 3{,}269$

„ a^{V} $\mathfrak{W}^{V} = \frac{4{,}40^3}{6} - \frac{\pi\,(2{,}96^4 - 2{,}36^4 + 1{,}86^4)}{32 \cdot 4{,}46} = 13{,}960$

„ a^{VI} $\mathfrak{W}^{VI} = \frac{4{,}55^3}{6} - \frac{\pi\,(2{,}96^4 - 2{,}36^4 + 1{,}86^4)}{32 \cdot 4{,}55} = 14{,}458$

„ a^{VII} $\mathfrak{W}^{VII} = \frac{4{,}86^3}{6} - \frac{\pi\,(2{,}96^4 - 2{,}36^4 + 1{,}86^4)}{32 \cdot 4{,}86} = 17{,}970$

„ a^{VIII} $\mathfrak{W}^{VIII} = \frac{5{,}6^3}{6} = 27{,}729$

Die Druckfläche der Fugen beträgt:

in a^{I} $F^{I} = \frac{\pi}{4}\,(2{,}32^2 - 2{,}02^2) = 1{,}023$ qm

„ a^{II} $F^{II} = \frac{\pi}{4}\,(2{,}64^2 - 2{,}14^2) = 1{,}877$ „

„ a^{III} $F^{III} = \frac{\pi}{4}\,(3{,}17^2 - 2{,}67^2 + 2{,}16^2 - 1{,}86^2) = 3{,}241$ „

„ a^{IV} $F^{IV} = \frac{\pi}{4}\,(4{,}15^2 - 3{,}65^2 + 2{,}36^2 - 1{,}86^2) = 4{,}720$ „

„ a^{V} $F^{V} = 4{,}4^2 - \frac{\pi}{4}\,(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2) = 14{,}136$ „

in a^{VI} $F^{VI} = 4{,}55^2 - \frac{\pi}{4}\,(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2) = 15{,}478$ qm

„ a^{VII} $F^{VII} = 4{,}86^2 - \frac{\pi}{4}\,(2{,}96^2 - 2{,}36^2 - 1{,}86^2) = 18{,}395$ „

„ a^{VIII} $F^{VIII} = 5{,}50 = 30{,}250$ „

Hieraus ergiebt sich ohne Hinzutritt von Winddruck eine Fugenpressung

in a^{I}: $\frac{8{,}67}{1{,}023} \pm \frac{0{,}57}{0{,}521} = 8{,}475 \pm 1{,}094 = \begin{cases} 9{,}569 \text{ t/q} \\ 7{,}381 \text{ „} \end{cases}$

„ a^{II}: $\frac{21{,}90}{1{,}877} \pm \frac{2{,}16}{1{,}022} = 11{,}668 \pm 2{,}113 = \begin{cases} 13{,}781 \text{ „} \\ 9{,}555 \text{ „} \end{cases}$

„ a^{III}: $\frac{63{,}88}{3{,}241} \pm \frac{9{,}80}{1{,}857} = 19{,}710 \pm 5{,}277 = \begin{cases} 24{,}987 \text{ „} \\ 14{,}433 \text{ „} \end{cases}$

„ a^{IV}: $\frac{172{,}78}{4{,}720} \pm \frac{51{,}95}{3{,}269} = 36{,}606 \pm 15{,}892 = \begin{cases} 52{,}498 \text{ „} \\ 20{,}714 \text{ „} \end{cases}$

„ a^{V}: $\frac{346{,}54}{14{,}136} \pm \frac{99{,}04}{13{,}690} = 24{,}689 \pm 7{,}234 = \begin{cases} 31{,}923 \text{ „} \\ 17{,}455 \text{ „} \end{cases}$

„ a^{VI}: $\frac{389{,}63}{15{,}478} \pm \frac{113{,}77}{14{,}458} = 25{,}173 \pm 7{,}869 = \begin{cases} 33{,}042 \text{ „} \\ 17{,}304 \text{ „} \end{cases}$

„ a^{VII}: $\frac{419{,}06}{18{,}395} \pm \frac{123{,}07}{17{,}970} = 22{,}781 \pm 6{,}849 = \begin{cases} 29{,}630 \text{ „} \\ 15{,}932 \text{ „} \end{cases}$

„ a^{VIII}: $\frac{564{,}26}{30{,}25} \pm \frac{157{,}12}{27{,}729} = 18{,}653 \pm 5{,}666 = \begin{cases} 24{,}319 \text{ „} \\ 12{,}987 \text{ „} \end{cases}$

In diesen Resultaten beziehen sich die Werte des größeren Druckes (bis zu 52,5 t/qm = 5,25 kg/qcm) auf diejenige Kante, gegen welche der Schornstein geneigt ist, diejenigen des kleineren Druckes auf die entgegengesetzte Kante.

C. Der „Winddruck" auf einen Cylinder ist gleich dem geraden Druck auf den Vertikalschnitt durch den Cylindermittelpunkt, multipliziert mit einem Faktor, dessen theoretische Größe sich aus dem Integral ergiebt

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \varphi \, \mathrm{d}\, \varphi = \frac{2}{3}$$

wobei von der geringen Neigung durch Dossierung abgesehen wird.

Betrüge der Winddruck auf ein Quadratmeter senkrecht getroffener Fläche 1 t, so ist der Druck auf eine Trapezfläche, die oben eine Breite a, unten solche von A und eine Höhe h hat:

$$W = a\,h + (A - a)\,\frac{h}{2}$$

und das Moment, bezogen auf die untere Fuge, ist

$$M\,W = a\,h\,\frac{h}{2} + (A - a)\,\frac{h}{2} \cdot \frac{h}{3}$$

$$= \frac{h^2}{6}\,(A - 2a).$$

Daraus würden sich, immer bei 1 t Winddruck pro Quadratmeter, die folgenden Momente ergeben:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in a^I: $\frac{2}{3} \cdot \frac{5{,}84^2}{6} (2{,}32 + 2 \cdot 1{,}93) = 23{,}39$ tm

in a^{II}: $\frac{2}{3} \cdot \frac{10{,}56^2}{6} (2{,}64 + 2 \cdot 1{,}93) = 80{,}54$ „

„ a^{III}: $\frac{2}{3} \cdot \frac{18{,}40^2}{6} (3{,}17 + 2 \cdot 1{,}93) = 264{,}45$ „

„ a^{IV}: $\frac{2}{3} \cdot \frac{34{,}10^2}{6} (4{,}15 + 2 \cdot 1{,}93) = 1034{,}90$ „

Ferner erhält man, da der Winddruck auf den Körper $\Sigma\, G^{IV}$ betragen würde

$$\frac{2}{3} \cdot 34{,}10 \cdot \frac{4{,}15 \cdot 1{,}93}{2} = 69{,}11 \text{ t}$$

auf G^{IVa} $\frac{2}{3} \cdot 0{,}48 \cdot 4{,}35 = 1{,}39$ „

70,50 t

das Moment

in a^{IVa}: $1034{,}90 + 0{,}48\,(69{,}11 + \frac{1{,}39}{2}) = 1068{,}41$ tm

„ a^V: $1068{,}71 + 7{,}50\,(70{,}50 + \frac{1}{2} \cdot 4{,}40 \cdot 7{,}50)$

$= 1068{,}41 + 7{,}50\,(70{,}50 + \frac{1}{2}\, 33) = 1720{,}91$ tm

bei einem Gesamtwinddruck von

$$70{,}50 + 30 = 103{,}50 \text{ t}$$

in a^{VI}: $1720{,}91 + 1{,}74\,(103{,}50 + \frac{1}{2}\, 1{,}74 \cdot 4{,}55)$

$= 1720{,}91 + 1{,}74\,(103{,}50 + \frac{1}{2}\, 7{,}92) = 1907{,}89$ tm

bei einem Gesamtwinddruck von

$$103{,}50 + 7{,}92 = 111{,}42 \text{ t}$$

in a^{VII}: $1907{,}89 + 1{,}0 \cdot 111{,}42 = 2019{,}31$ tm

„ a^{VIII}: $2019{,}31 + 3{,}0 \cdot 111{,}42 = 2353{,}57$ „

Beträgt aber der Winddruck auf das Quadratmeter senkrecht getroffener Fläche nicht 1 t, sondern den Bruchteil c dieser Einheit, so resultiert nach dem Vorstehenden aus dem Winddruck eine Fugenbeanspruchung

in a^I: $\frac{23{,}39\ c}{0{,}521} = \pm\ 44{,}894\ c$ t/qm

„ a^{II}: $\frac{80{,}54\ c}{1{,}022} = \pm\ 78{,}806\ c$ „

„ a^{III}: $\frac{264{,}45\ c}{1{,}857} = \pm\ 142{,}407\ c$ „

„ a^{IV}: $\frac{1034{,}90\ c}{3{,}269} = \pm\ 316{,}580\ c$ „

„ a^V: $\frac{1720{,}91\ c}{13{,}690} = \pm\ 127{,}706\ c$ „

„ a^{VI}: $\frac{1907{,}89\ c}{14{,}458} = \pm\ 131{,}968\ c$ „

„ a^{VII}: $\frac{2019{,}31\ c}{17{,}970} = \pm\ 112{,}371\ c$ „

„ a^{VIII}: $\frac{2353{,}57\ c}{27{,}729} = \pm\ 84{,}877\ c$ „

also die Gesamtbeanspruchung

in a^I $\begin{cases} 9{,}569 \\ 7{,}381 \end{cases} \pm\ 44{,}898\ c$ tqm

„ a^{II} $\begin{cases} 13{,}781 \\ 9{,}555 \end{cases} \pm\ 78{,}806\ c$ „

„ a^{III} $\begin{cases} 24{,}987 \\ 14{,}433 \end{cases} \pm\ 142{,}407\ c$ „

„ a^{IV} $\begin{cases} 52{,}498 \\ 20{,}714 \end{cases} \pm\ 316{,}580\ c$ „

„ a^V $\begin{cases} 31{,}923 \\ 17{,}455 \end{cases} \pm\ 127{,}706\ c$ „

„ a^{VI} $\begin{cases} 33{,}042 \\ 17{,}304 \end{cases} \pm\ 131{,}968\ c$ „

„ a^{VII} $\begin{cases} 29{,}630 \\ 15{,}932 \end{cases} \pm\ 112{,}371\ c$ „

„ a^{VIII} $\begin{cases} 24{,}319 \\ 12{,}987 \end{cases} \pm\ 84{,}877\ c$ „

Soll die Forderung gestellt werden, daß niemals Zugspannung in den Fugen entstehe, so ergiebt sich als Grenzwert für die Windstärke c

in Fuge a^I $c = \frac{7{,}381}{44{,}894} = 0{,}164$ (= 164 kg/qm)

in a^{II} $c = \frac{9{,}555}{78{,}806} = 0{,}121$ (= 121 „)

„ a^{III} $c = \frac{14{,}433}{142{,}407} = 0{,}101$ (= 101 „)

„ a^{IV} $c = \frac{20{,}714}{316{,}580} = 0{,}065$ (= 65 „)

„ a^V $c = \frac{17{,}455}{127{,}706} = 0{,}137$ (= 137 „)

„ a^{VI} $c = \frac{17{,}304}{131{,}968} = 0{,}131$ (= 131 „)

„ a^{VII} $c = \frac{15{,}932}{112{,}371} = 0{,}142$ (= 142 „)

„ a^{VIII} $c = \frac{12{,}987}{84{,}877} = 0{,}153$ (= 153 „)

Diese strengste aller Forderungen erfüllt also der Schornstein in seiner gegenwärtigen Verfassung bis zu einem Winddruck von 65 kg pro Quadratmeter in allen Fugen.

Solcher Winddruck entspricht einer Windgeschwindigkeit von

$$\sqrt{\frac{65}{0{,}12248}} = 23{,}1 \text{ m/Sekunde},$$

d. i. ungefähr die $1\frac{1}{2}$ fache Kourierzug-Geschwindigkeit, wie sie auch einem starken Orkan entspricht.

Wird dagegen eine Zugspannung bis zu 10 t/qm = 1 kg/qcm als zulässig angesehen, so ergiebt sich in der Bruchfuge (a^{IV}):

Stabilität bis zum Winddruck von

$$c = \frac{20{,}714 + 10}{316{,}580} = 0{,}097 \ (= 97 \text{ kg/qm})$$

Dies entspricht der Windgeschwindigkeit von

$$v = \sqrt{\frac{97}{0{,}12248}} = 28{,}1 \text{ m pro Sekunde},$$

also einer Geschwindigkeit, wie sie nur in sehr seltenen Fällen beobachtet wird.

In Berlin wird von den Organen der Baupolizei gerechnet mit einem größten Winddruck von 125 kg/qm, also mit $c = \frac{1}{8}$.

In der Fuge a^{IV} giebt dies eine Beanspruchung mit:

$$\left\{\begin{matrix}52{,}498\\20{,}714\end{matrix}\right. \pm \frac{316{,}580}{8},$$

$$= \left\{\begin{matrix}52{,}498\\20{,}714\end{matrix}\right. \pm 39{,}573 = \left\{\begin{matrix}+\ 90{,}071 \text{ t/qm}\\-\ 18{,}859\ \text{„}\end{matrix}\right.$$

demnach eine größte Pressung mit

9 kg/qcm

an der Druckseite

und eine größte Zugbeanspruchung mit

1,89 kg/qm

an der entgegengesetzten Seite.

Wenn diese Beanspruchungen bei einem neu zu erbauenden Schornsteine nicht ganz unbedenklich wären, so verschwinden die Bedenken doch füglich bei dem Alter des Schornsteines, und um so mehr, als eine Katastrophe, wie sie dem Winddruck von 125 kg/qm entspricht — wenn überhaupt innerhalb der Grenzen der Wahrscheinlichkeit liegend — doch immer nur einen sehr kleinen Zeitraum umfassen würde, währenddessen die Zerstörung des Schornsteines nicht zu erwarten ist, da dies eine innere Arbeit erfordert, die einer ungleich längeren Zeit zu ihrer Vollendung bedarf.

Es kann hiernach nicht als wahrscheinlich erachtet werden, daß den Schornstein, seiner schiefen Stellung ungeachtet, eine ernste Gefahr bedrohe.

Lediglich um ein höheres Maß von Zuversicht dieser etwaigen Gefahr wegen zu gewähren, wird noch kurz darauf hingewiesen, daß man sich — selbst bei Behörden — gewöhnlich mit einem viel einfacheren Stabilitätsnachweis begnügt, nämlich mit dem Nachweis, daß das Angriffsmoment aus dem Winddruck und (im vorliegenden Falle) der schiefen Stellung mindestens hinter dem Stabilitätsmoment zurückbleiben, wobei allerdings — behufs Korrektur dieser unzulänglichen Prüfung — ein viel bedeutenderer Winddruck, als er thatsächlich zu erwarten ist, der Prüfung unterstellt wird.

Wird das Stabilitätsmoment andererseits um die aus der Excentricität sich ergebende Beanspruchung gekürzt, so bleibt ein Widerstandsmoment von — und zwar in der Bruchfuge —

$$M = \frac{4{,}15}{2} \cdot 172{,}78 - 51{,}95 = 306{,}57 \text{ tm}.$$

Das Moment des Windes in derselben Fuge ist dagegen: $M = 1034{,}90\,c$ tm.

Soll nun das erstere Moment stets das zweite übertreffen, so muß sein

$$c \leqq \frac{306{,}57}{1034{,}9} = 0{,}296$$

also ein Winddruck bis zu 296 kg/qm erfüllt diese Bedingung in der Bruchfuge und in allen übrigen Fugen würde nach derselben Anschauung sich ein noch viel größerer Winddruck als zulässig ergeben.

Es ist nunmehr der Druck auf den Baugrund zu prüfen.

Für $c = \frac{1}{8}$ (125 kg Winddruck pro Quadratmeter) resultiert nach dem Vorstehenden ein Druck auf den Baugrund von

$$\left\{\begin{matrix}24{,}319\\12{,}967\end{matrix}\right. \pm \frac{84{,}877}{8} = \left\{\begin{matrix}24{,}319\\12{,}967\end{matrix}\right. \pm 10{,}610 =$$

$$= \left\{\begin{matrix}+\ 34{,}919 \text{ t/qm.}\\+\ 2{,}377\ \text{„}\end{matrix}\right.$$

Nach baupolizeilicher Vorschrift gilt hierorts ein Druck von 2,5 kg/qcm = 25 t/qm als zulässig und es darf auch wohl nicht mit Unrecht angenommen werden, daß bei Anlage der Fundamente des aus dem Lot gewichenen Schornsteines der Druck auf den Baugrund nicht gebührend berücksichtigt und die Fundamente demgemäß nicht entsprechend verbreitert worden sind. Vielleicht liegt darin die Hauptursache der eingetretenen schiefen Stellung.[1]) Wenn nun aber schon seit langer Zeit eine Vergrößerung der Neigung nicht wahrgenommen werden konnte, so ist die Annahme berechtigt, daß der Baugrund sich im Laufe der Zeit derart festgesetzt hat, daß — trotz der starken Belastung — ein weiteres Ausweichen nicht mehr zu befürchten ist und dies um so mehr, da Bedacht genommen worden ist, daß der Boden nicht unterwaschen werden kann.

Die Stabilität des Schornsteines läßt sich hiernach nicht bezweifeln, auch ist die für die Berechnung gewählte Windrichtung (von Norden nach Süden) die denkbar ungünstigste. In Wirklichkeit wird sich der Winddruck darum geringer herausstellen, weil der Wind meistens in einer gegen den Horizont geneigten Richtung, d. h. „schräg" einfällt.

1) Neuerdings ist der Schornstein abgetragen worden; das Fundament wurde ganz intakt vorgefunden. Dasselbe ruhte auf einer 1,0 m hohen Sandschüttung und unter dieser befand sich erdige Braunkohle. Die Sandschüttung hat aber die Fundamentsohle nur um ein geringes Maß überragt und demzufolge war die Druckverteilung auf die darunter gelagerte Braunkohle eine ungleichförmige.

Drittes Kapitel.

Transmission der Wärme durch feste Wände.

§ 13.

Vorbemerkungen.

Wenn zwei elastische oder tropfbare Flüssigkeiten von verschiedener Temperatur durch eine feste Wand von gleicher Dicke getrennt sind, so geht in einer bemessenen Zeit eine bestimmte Wärmemenge von der wärmeren zur kälteren Flüssigkeit über. Die Größe des Wärmeüberganges ist einerseits abhängig von dem Material, der Form und Lage und den Abmessungen der Wand, andererseits von der Art der sie berührenden Flüssigkeiten, deren Temperaturen und den Bewegungen, welche dieselben längs der Wand hin haben können.

Mit Bezug auf letzteren Umstand können wir als häufig vorkommend unterscheiden:

a) Den Wärmeübergang ohne Strom, wenn beide Flüssigkeiten stagnieren, d. h. keine Bewegung längs der Wand haben, als etwa die durch Ungleichheit der Temperatur hervorgerufene. Dieser Fall liegt vor bei jedem geschlossenen Raume, in dem die Luft wärmer ist als außen; ein Teil der Wärme geht fortwährend durch die umschließenden Wände verloren.

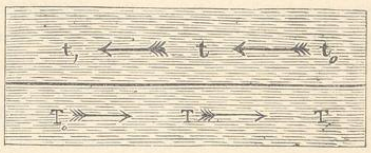
b) Der Wärmeübergang mit einfachem Strome kommt bei Dampfkesseln vor, wo eine Seite der Kesselwandung durch das Wasser berührt wird, während die heißen Feuergase die äußere Seite der Kesselwand bestreichen.

c) Wärmeübergang mit Parallelstrom ist u. a. vorhanden, wenn ein Ventilationskamin durch einen darin central aufgestellten und von Heizgasen durchströmten eisernen Schornstein erwärmt wird; dadurch soll eine aufwärts und parallel gerichtete Bewegung der Ventilationsluft hervorgerufen werden.

d) Der Wärmeübergang mit Gegenstrom wird dargestellt durch Fig. 29.

Um zu einem analytischen Ausdruck zu gelangen für den Zustand einer ruhig stehenden Flüssigkeit in Berührung mit einer Wand, wird man die Temperatur an allen Punkten derselben als gleich ansehen dürfen. Außerdem läßt sich annehmen, daß der stagnierenden Flüssigkeit durch eine geeignete Wärmequelle unaufhörlich so viel Wärme zugeführt wird, als sie selbst an die Wand abgiebt, und daß daher die betreffende Flüssigkeit nicht nur in allen Teilen gleich, sondern auch in Bezug auf die Zeitdauer konstant sei.

Fig. 29.



Beharrungszustand. Betrachten wir nun eine homogene Wand von gleicher Dicke, welche einen geschlossenen Wohnraum von der äußeren atmosphärischen Luft trennt, und soll dieser Raum auf einer gegebenen konstanten Temperatur T erhalten werden; ist auch die Temperatur t der Außenluft überall gleich und konstant und $T > t$, so wird die innere Fläche F_1 der Wand (die wir als eben voraussetzen) mit der Luft von der Temperatur T in Berührung kommen. Hierdurch werden deren Moleküle erwärmt, und sobald ihre Temperatur steigt, teilen sie den unmittelbar dahinter gelegenen Molekülen die Wärme mit. Dieser Vorgang wiederholt sich und setzt sich fort bis zur äußeren Wandfläche F_2, die mit der Luft von der Temperatur t in Berührung ist; auch werden die Erscheinungen sich in jedem beliebigen Stück der homogenen Wand zwischen den beiden Begrenzungsflächen wiederholen und es wird endlich ein Zeitpunkt eintreten, wo nicht nur die Begrenzungsflächen F_1 und F_2, sondern auch alle damit parallelen Durchschnittsebenen F_x im Innern der Wand isothermische Flächen bilden.

Denkt man die Wand durch eine Reihe solcher Flächen, die gleich weit voneinander abstehen, in eine große Anzahl dünner Schichten oder Elementarplatten geteilt, so werden offenbar die Temperaturen dieser Schichten anfänglich von F_1 nach F_2 hin progressiv abnehmen. Auch die Temperaturdifferenzen zweier benachbarten isothermischen Flächen werden allmählich von F_1 nach F_2 hin abnehmen, weil die zwischenliegenden Schichten von der einen Seite mehr Wärme aufnehmen, als sie an die benachbarte Schicht abgeben, einen Teil also festhalten und dadurch ihre Temperatur erhöhen. Mit dem Anwachsen der Temperatur nehmen aber die vorgenannten Differenzen mehr und mehr ab und mit ihnen auch die Differenzen der Wärmemengen,

welche von den einzelnen Schichten aufgenommen und abgegeben wurden. So tritt schließlich ein Zustand ein, wo jede Schicht von der vorhergehenden gerade so viel Wärme empfängt, als sie in derselben Zeit an die folgende abgiebt, d. h. die Wärmemenge, welche innerhalb gegebener Zeit durch irgend eine isothermische Fläche hindurchgeht, ist konstant. Solange also die Temperaturen T und t sich nicht ändern, bleiben die Temperaturen der isothermischen Flächen stationär. Diese Grenze ist der Beharrungszustand.

Sobald man aufhört, die Temperatur der Zimmerluft mittels der Wärmequelle auf T zu erhalten, nehmen die Temperaturen der Wandmoleküle wieder ab. Man nennt diese Phase wohl auch den Endzustand. Die, dem Beharrungszustande vorhergehende Phase des Wärmeüberganges, während welcher die Temperaturen der Wandmoleküle allmählich und bis zur Grenze steigen, wird als Anfangszustand unterschieden.

§ 14.

Wärmeverluste bei konstanten Temperaturen.

Zur Bestimmung der Wärmemenge, welche durch eine ebene Wand von gleicher Dicke hindurchgeht, wenn die berührenden Medien auf konstanter Temperatur gehalten werden, hatte Péclet, unter Zugrundelegung des bekannten Gesetzes von Dulong und Pétit, eine Reihe von Versuchen über die Abkühlung dünnwandiger Gefäße aus Metall angestellt und 1854 veröffentlicht. Er kam dabei zu folgenden Resultaten[1]):

1) Die Abkühlung eines Körpers ist abhängig von seiner Strahlung gegen die umgebende Luft und von dem Kontakt desselben mit der Luft, d. h. von der Leitung.
2) Die durch Strahlung emittierte Wärmemenge R ist gegeben durch die Formel:
$$R = K\,\Theta\,(1 + 0{,}0056\,\Theta).$$
3) Die durch Leitung verlorene Wärmemenge A drückt sich aus durch:
$$A = K^1\,\Theta\,(1 + 0{,}0075\,\Theta).$$

In diesen Formeln bezeichnet:
Θ die Temperaturdifferenz zwischen dem erkaltenden Körper und seiner Umgebung, und
K einen Koeffizienten, welcher abhängig ist von der Natur der Oberfläche, während
K^1 einen von der Form und den Dimensionen des Körpers abhängigen Koeffizienten bezeichnet.

Wenn man statt der beiden Koeffizienten 0,0056 und 0,0075 das arithmetische Mittel aus beiden setzt, so erhält man mit hinreichender Genauigkeit für den totalen Wärmeverlust W die Gleichung:

$$W = R + A = (K + K_1)\,.\,\Theta\,.\,(1 + 0{,}0065\,\Theta).$$

Für schwache Temperaturdifferenzen ($\Theta < 20^0$) kann man die Glieder zweiten Grades vernachlässigen und hat dann:

$$W = R + A = (K + K^1)\,\Theta \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Der Ausdruck 1) heißt das Gesetz von Newton; es gilt nur innerhalb der Grenzen $\Theta > 25$ und $< 65^0$ und für eine Lufttemperatur $T = 12^0$. Für höhere Temperaturdifferenzen muß man die Formeln von Dulong und Pétit benutzen.

Um den Ausdrücken für R und A eine allgemeine Form zu geben und die Koeffizienten K und K^1 feststellen zu können, betrachten wir nunmehr:

1. Die Emission der Wärme.

Auf Grund seiner Versuche kam Péclet zu folgenden Resultaten:

a) Die Quantität der durch die Flächeneinheit **gestrahlten** Wärme ist unabhängig von der Form und Größe des Körpers, dagegen abhängig von der Natur der Oberfläche, von der absoluten Temperatur derselben und von der Temperaturdifferenz zwischen dem Wärme abgebenden Körper und der ihn umgebenden Luft.

Die Quantität der pro Quadratmeter und Stunde gestrahlten Wärme ist gegeben durch die Formel:

$$R = 124{,}72\,K\,a^t\left(a^{\Theta} - 1\right) \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

worin:
Θ die Temperaturdifferenz zwischen der Wärme abgebenden Fläche und der umgebenden Luft bezeichnet,
t die Temperatur der äußeren Luft,
a die konstante Zahl 1,007 und
K das Strahlungsvermögen, d. h. eine von der Natur der Oberfläche abhängige Zahl.

Tabelle IV enthält die Werte von K für die in der Praxis vorkommenden wichtigeren Substanzen.

Tabelle IV. Werte K des Strahlungsvermögens für verschiedene Substanzen.

Kupfer	0,16	Sand, feinkörnig . .	3,62
Messing	0,26	Bausteine	3,60
Zinn	0,21	Glas	2,91
Zink	0,24	Holz	3,60
Blech, poliert . . .	0,45	Wolle	3,68
Weißblech	0,65	Seide	3,71
Blech, oxydiert . . .	3,36	Ölfarbenanstrich . .	3,71
Gußeisen, neu . . .	3,17	Papier	3,77
„ oxydiert . .	3,36	Wasser	5,31

1) Péclet. Traité de la chaleur. Tome III, Note X.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Der Wärmeverlust durch **Leitung** ist unabhängig von der Natur der Oberfläche des Körpers und von der Temperatur der Umgebung; aber er ist abhängig von der Temperaturdifferenz des Wärme abgebenden Körpers gegen die ihn umgebende Luft, auch von der Form und den Dimensionen des Körpers.

Der Wärmeverlust durch Leitung ist pro Quadratmeter und Stunde gegeben durch die Formel:

$$A = 0{,}552\ K^1\ \Theta^{1{,}233} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Hierin bedeutet:

Θ die Temperaturdifferenz zwischen dem Körper und der umgebenden Luft, und

K^1 eine Zahl, welche mit der Form und den Dimensionen des Körpers wechselt.

Für den Koeffizienten K^1 fand Péclet aus seinen Versuchen folgende empirische Formeln für Körper in Berührung mit Luft.

Tabelle V.

Kugelfläche vom Halbmesser r	$K^1 = 1{,}778 + \frac{0{,}13}{r}$	a.
Horizontale Cylinderfläche vom Halbmesser r	$K^1 = 2{,}058 + \frac{0{,}0382}{r}$	b.
Vertikaler Cylinder vom Halbmesser r und von der Höhe h	$K^1 = \left(0{,}726 + \frac{0{,}0345}{\sqrt{r}}\right) \cdot \left(2{,}43 + \frac{0{,}8758}{\sqrt{h}}\right)$	c.
Vertikale ebene Fläche von der Höhe h	$K^1 = 1{,}764 + \frac{0{,}636}{\sqrt{h}}$	d.

Anm. Die Formel d ergiebt sich aus c, wenn $r = \infty$ gesetzt wird.

In Tabelle Va sind die Werte von K^1 für ebene vertikale Flächen und für verschiedene Werte von h berechnet.

Tabelle Va.

Werte von h in Metern	Werte von K^1	Werte von h in Metern	Werte von K^1
0,10	3,775	2,00	2,21
0,20	3,186	3,00	2,13
0,30	2,926	4,00	2,08
0,40	2,770	5,00	2,05
0,50	2,663	10,00	1,96
0,60	2,585	15,00	1,92
1,00	2,400	20,00	1,90

c) Die Resultate seiner Versuche faßt Péclet endlich zusammen in der Formel:

$$W = 124{,}72\ K\ a^t\left(a^{\Theta} - 1\right) + 0{,}552\ K^1\ \Theta^{1{,}233} \quad . \quad (4)$$

oder auch:

$$W = S \,.\, K + L\,K^1,$$

wenn man setzt:

$$124{,}72\ a^t\left(a^{\Theta} - 1\right) = S \text{ und } 0{,}552\ \Theta^{1{,}233} = L.$$

In Tabelle VI sind für verschiedene Temperaturdifferenzen die entsprechenden Werte von S und L für Intervalle von 10° zusammengestellt, wobei die Temperatur des umgebenden Raumes $t = 15°$ angenommen wurde.

Tabelle VI.

Temperaturdifferenz Θ	Werte von S	Δ'	L	Δ'	Temperaturdifferenz Θ	Werte von S	Δ'	L	Δ'
10°	11,2	12,0	9,4	12,8	140°	269,5	32,6	244,4	21,7
20°	23,2	12,9	22,2	14,4	150°	302,1	36,9	266,1	22,0
30°	36,1	14,0	36,6	15,6	160°	339,0	38,4	288,1	22,4
40°	50,1	15,2	52,2	16,4	170°	377,4	41,1	310,5	22,7
50°	65,3	16,4	68,6	17,4	180°	418,5	44,7	333,2	22,9
60°	81,7	17,6	86,0	18,0	190°	463,2	48,0	356,1	23,3
70°	99,3	19,2	104,0	18,6	200°	511,2	51,9	379,4	23,5
80°	118,5	20,2	122,6	19,1	210°	563,1	55,9	402,9	23,8
90°	138,7	22,6	141,7	19,8	220°	619,0	60,5	426,7	24,0
100°	161,3	24,0	161,5	20,0	230°	679,5	65,3	450,7	24,3
110°	185,3	26,0	181,5	20,6	240°	744,8	69,9	475,0	23,6
120°	211,3	28,0	202,1	21,0	250°	814,7		498,6	
130°	239,3	30,2	223,1	21,3					

Anm. Wenn die Temperatur t des umgebenden Raumes mehr oder weniger als 15° ist, so sind die Werte von S in vorstehender Tabelle mit den in Tabelle VII enthaltenen Korrektions-Faktoren zu multiplizieren.

Tabelle VII.

t =	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
Korrekt.-Faktor	0,89	0,96	1,04	1,12	1,21	1,31	1,41	1,52	1,65	1,78	1,92

Liegt die Temperaturdifferenz Θ zwischen zwei Werten der Tabelle VI, so wird zur Entnahme der entsprechenden Werte von S und L eine kleine Interpolation erforderlich, bei welcher, da die Funktionen S und L nicht proportional mit dem Argument Θ anwachsen, neben der ersten Differenzreihe, welche in der Tabelle beigefügt ist, auch noch die zweite, die Differenzen dieser Differenzen zu berücksichtigen ist.

Es werde angenommen, das Argument Θ liege zwischen den Tafelwerten Θ_0 und Θ_1, welchen die Funktionen S_0

und S_1 entsprechen. Man nimmt zu diesen noch das nächstfolgende S_2 und bildet die Differenzen:

$$\begin{matrix} S_1 - S_0 = \triangle'_0 \\ S_2 - S_1 = \triangle'_1 \end{matrix} \quad \triangle'_1 - \triangle'_0 = \triangle''.$$

Für das Argument $\Theta = \Theta_0 + n$ (wo n von 0 bis 10 variiert) hat man dann zu rechnen:

$$S = S_0 + \frac{n}{10}\triangle'_0 + \frac{n\,(n-10)}{200}\triangle''$$

und ganz analog:

$$L = L_0 + \frac{n}{10}\triangle'_0 + \frac{n\,(n-10)}{200}\triangle''.$$

Zu dem Werte $\Theta = 35^0$ findet man z. B. die entsprechenden S und L folgendermaßen:

$$\begin{matrix} \Theta_0 = 30 & S_0 = 36{,}1 & & \\ \Theta_1 = 40 & S_1 = 50{,}1 & \triangle'_0 = +14{,}0 & \triangle'' = +1{,}2 \\ \Theta_2 = 50 & S_2 = 65{,}3 & \triangle'_1 = +15{,}2 & \end{matrix}$$

$$n = 5 \qquad \frac{n\,(n-10)}{200} = -\frac{1}{8}$$

$$S = 36{,}1 + \frac{1}{2}\cdot 14{,}0 - \frac{1}{8}\cdot 1{,}2 = 43{,}0$$

$$\begin{matrix} L_0 = 36{,}6 & & \\ L_1 = 52{,}2 & \triangle'_0 = +15{,}6 & \triangle'' = +0{,}8 \\ L_2 = 68{,}6 & \triangle'_1 = +16{,}4 & \end{matrix}$$

$$L = 36{,}6 + \frac{1}{2}\cdot 15{,}6 - \frac{1}{8}\cdot 0{,}8 = 44{,}3.$$

Es sei ferner gegeben $\Theta = 212^0$, dann ergiebt sich, da $\Theta_0 = 210$, $S_0 = 563{,}1$, $L_0 = 402{,}9$, $n = 2$

$$S = 563{,}1 + \frac{2}{10}\cdot 55{,}9 - \frac{16}{200}\cdot 4{,}6 = 573{,}9$$

$$L = 402{,}9 + \frac{2}{10}\cdot 23{,}8 - \frac{16}{200}\cdot 0{,}2 = 407{,}6.$$

Bei Benutzung der Tabelle VII genügt es, linear zu interpolieren, also nur die ersten Differenzen zu berücksichtigen; so ergiebt sich für 67^0 der Korrektions-Faktor:

$$1{,}41 + \frac{7}{10}(1{,}52 - 1{,}41) = 1{,}49.$$

Bezeichnen also S und L ganz allgemein zwei aus Tabelle VI und VII entnommene Zahlen, so hat man als Ausdruck für die Emission durch Strahlung und Leitung (Formel (4) der Péclet'schen Resultate)

$$W = \left(\frac{S\,.\,K + L\,.\,K^1}{\Theta}\right)\Theta \quad . \quad . \quad . \quad (4a)$$

worin Θ der Temperaturunterschied zwischen dem abkühlenden Körper und seiner Umgebung. Der Ausdruck

$$\frac{S\,.\,K + L\,.\,K^1}{\Theta}$$

wird der äußere Wärmeleitungs-Koeffizient, auch der Wärmeabgabe-Koeffizient genannt. Bezeichnet man denselben mit Q, so ist $W = Q\,\Theta$, und setzt man $\Theta = 1^0$, so ist

$$W = Q,$$

d. h. der **äußere Wärmeleitungs-Koeffizient** ist die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche von den beiden Begrenzungsflächen einer Wand pro Quadratmeter und Stunde aufgenommen oder abgegeben werden, wenn die Temperaturdifferenz Θ zwischen Wand und berührender Flüssigkeit 1^0 C. beträgt.

Anwendung der Formeln.

1. Beispiel. Ein häufig vorkommender Fall ist die Berechnung der Wärmeabgabe von Dampfheizröhren. Es soll die Anzahl von Wärmeeinheiten gesucht werden, welche ein Quadratmeter gußeisernes horizontales Heizrohr stündlich emittiert, wenn dasselbe durch Dampf von 100^0 erhitzt wird und die Temperatur der Umgebung 15^0 beträgt.

Nach den Resultaten von Péclet bestimmt sich die Emission durch Strahlung und Leitung mittels der Formel (4)

$$W = S\,.\,K + L\,.\,K^1.$$

Aus Tabelle IV findet man für Gußeisen $K = 3{,}36$.

Zur Berechnung von K^1 dient die Formel b der Tabelle V

$$K^1 = 2{,}058 + \frac{0{,}0382}{r},$$

worin r den Durchmesser des horizontalen Cylinders bezeichnet. Setzt man für r nacheinander die Werte

$$0{,}05 \qquad 0{,}10 \qquad 0{,}15,$$

so findet man $K^1 =$

$$2{,}82 \qquad 2{,}44 \qquad 2{,}31.$$

Θ ist im vorliegenden Falle $= 85^0$, also nach vorstehender Anleitung:

$$S = 128{,}3; \quad L = 132{,}1.$$

Nunmehr findet man:

für $r = 0{,}05$ $W = 128{,}3\,.\,3{,}36 + 132{,}1\,.\,2{,}82 = 804$ Wärmeeinh.,
„ $r = 0{,}10$ $W = 128{,}3\,.\,3{,}36 + 132{,}1\,.\,2{,}44 = 753$ „
„ $r = 0{,}15$ $W = 128{,}3\,.\,3{,}36 + 132{,}1\,.\,2{,}30 = 735$ „

Wird das cylindrische Rohr jedoch vertikal angebracht, so ist zur Bestimmung von K^1 die Formel c zur Anwendung zu bringen:

$$K^1 = \left(0{,}726 + \frac{0{,}0345}{\sqrt{r}}\right)\cdot\left(2{,}43 + \frac{0{,}8758}{\sqrt{h}}\right);$$

unter r den Radius und unter h die Höhe des Cylinders verstanden.

Die nachstehende Tabelle VIII enthält für eine gewisse Anzahl von Höhen und Halbmessern die zugehörigen Werte von K^1.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tabelle VIII.

Halbmesser des Cylinders	Höhe des Cylinders in Metern					
	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
0,025	3,55	3,20	2,95	2,84	2,79	2,73
0,05	3,22	2,90	2,68	2,57	2,52	2,48
0,10	3,05	2,75	2,54	2,44	2,39	2,35
0,20	2,93	2,65	2,45	2,35	2,30	2,26
0,30	2,88	2,60	2,40	2,31	2,26	2,22

2. Beispiel. Es ist die totale Emission eines 4 m langen, vertikalen, gußeisernen, cylindrischen Rohres zu berechnen, dessen Temperatur durch Dampf auf 100° gehalten wird, während die umgebende Luft 10° beträgt.

Aus Tabelle VIII findet man:

für $h = 4{,}0$ m und $r = 0{,}05$, $K^1 = 2{,}52$,
„ $h = 4{,}0$ „ „ $r = 0{,}10$, $K^1 = 2{,}39$.

Der Strahlungs-Koeffizient für Gußeißen ist: $K = 3{,}36$.

Da die Temperaturdifferenz im vorliegenden Falle 90° beträgt, so hat man nach Tabelle VI:

$$S = 138{,}7 \text{ und } L = 141{,}7.$$

Weil aber die Temperatur t der Luft nur 10° ist, so haben wir den Wert von S zu multiplizieren mit dem Korrektionsfaktor 0,96 (Tabelle VII), so daß

$$S = 133{,}15 \text{ und } L = 141{,}7 \text{ (wie oben)}.$$

Endlich findet man:

für $r = 0{,}05$ $W = 133{,}15 \cdot 3{,}36 + 141{,}7 \cdot 2{,}52 = 804$ Wärmeeinh.
„ $r = 0{,}10$ $W = 133{,}15 \cdot 3{,}36 + 141{,}7 \cdot 2{,}39 = 786$ „

Bestände das cylindrische Rohr aus Kupfer, so ist unter sonst gleichen Verhältnissen nur der betreffende Koeffizient K einzusetzen. Nach Tabelle IV ist das Strahlungsvermögen des Kupfers 0,16, daher

für $r = 0{,}05$ $W = 133{,}15 \cdot 0{,}16 + 141{,}7 \cdot 2{,}52 = 378$ Wärmeeinh.

Vertikale Flächen endlich geben Leitungs-Koeffizienten, welche der Formel d in Tabelle V entsprechen. Ist nämlich h die Höhe der Fläche, so ist

$$K^1 = 1{,}764 + \frac{0{,}636}{\sqrt{h}}.$$

3. Beispiel. Ein gußeisernes Reservoir von rechteckiger Grundform wird mittels zuströmender Dämpfe auf einer Temperatur von 100° erhalten. Die Temperatur der Umgebung beträgt 0°; es soll der totale Wärmeverlust durch die Wandungen pro Quadratmeter und Stunde gefunden werden.

Für die Temperaturdifferenz $\Theta = 100°$ ist nach Tabelle VI und VII:

$$S = 161{,}3 \cdot 0{,}89 = 143{,}5 \text{ und } L = 161{,}5.$$

Für Gußeisen ist $K = 3{,}36$ und K^1 bei 1 m Höhe $= 2{,}40$ (Tabelle Va), daher

$W = 143{,}5 \cdot 3{,}36 + 161{,}5 \cdot 2{,}40 = 482{,}1 + 387{,}6 = 869{,}7$ W.-E.

Alle diese Formeln beziehen sich auf Fälle, wo der emittierende Körper konstant dieselbe Wärmemenge inne hat, wie dies bei Dampfgefäßen geschieht, in denen immer frischer Dampf nachströmt und die abgegebene Wärme ersetzt. Auch wenn Wasser der Wärme abgebende Körper ist, können diese Formeln Anwendung finden, jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Masse der Flüssigkeit groß genug ist, um wenigstens für eine gewisse Zeit als konstante Wärmequelle angesehen werden zu können. — Jedenfalls ist in allen vorgeführten Beispielen die Annahme gemacht, daß die Transmission durch dünne Metallwände hindurch stattfinde, deren Leitungsvermögen größer ist oder ebenso groß als dasjenige des Wärme abgebenden Körpers.

Sind die Wände, durch welche der Wärmeverlust stattfindet, von einiger Dicke, so gelten zwar die Koeffizienten für Strahlung und Leitung an die Wärme aufnehmende Luft, aber es kommt alsdann ein neuer Faktor hinzu, die Leitungsfähigkeit desjenigen Materiales, aus dem die Wand hergestellt ist. Auch diesen Koeffizienten hat Péclet für eine große Anzahl von Körpern bestimmt.[1])

§ 15.

II. Transmission der Wärme.

Um zu einem Ausdruck zu gelangen für die Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit die Flächeneinheit einer homogenen ebenen Wand von konstanter Dicke durchdringt, knüpfen wir wiederholt an die in § 12 aufgestellte Hypothese der Wärmefortpflanzung im Innern dieser Wand. Die im Beharrungszustande durch unendlich dünne Schichten transmittierte Wärmemenge ist nun direkt proportional der Oberfläche F und der Temperaturdifferenz der beiden Außenflächen τ_1 und τ_2 der

1) Péclet. Traité de la chaleur. Der Apparat bestand aus Gefäßen desjenigen Materiales, dessen Wärmeleitungsfähigkeit man suchte bei verschiedener Dicke, verschiedener Form und Dimensionen. Sie wurden bald von außen, bald von innen mit heißem Wasser oder Dampf in Berührung gebracht. Durchlässige und pulverförmige oder faserige Körper wurden mit dünnen Schichten einer dichten Substanz bekleidet. Da die entsprechenden Werte für die Oberflächen bekannt waren, konnte man die Leitungsfähigkeit der eingeschlossenen Substanz wohl berechnen.

Wand, aber umgekehrt proportional der Dicke e derselben; d. h. es ist der Wärmeverlust gegeben durch die Gleichung:

$$W = \lambda \left(\frac{\tau_1 - \tau_2}{e} \right) . F \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Diese Formel ist durch die Erfahrung bestätigt und liefert Resultate von hinreichender Genauigkeit.

λ ist ein vom Material der Wand abhängiger Wert, er wird der innere Wärmeleitungs-Koeffizient der Substanz genannt.

Nimmt man als Längeneinheit das Meter, als Flächeneinheit das Quadratmeter und als Zeiteinheit die Stunde, so wird für $\tau_1 - \tau_2 = 1$, $F = 1$ und $e = 1$,

$$W = \lambda,$$

d. h. der innere Wärmeleitungs-Koeffizient einer Substanz ist die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche in der Stunde durch das Quadratmeter einer ebenen, ein Meter dicken Wand von dieser Substanz hindurchgehen, wenn deren Begrenzungsebenen auf einen Grad Temperaturdifferenz gehalten werden.

Tabelle IX enthält die in der Technik am häufigsten vorkommenden Werte von λ, wie sie von Péclet auf Grund seiner Experimente und der Versuche von Despretz abgeleitet wurden,[1]) und die zugehörigen spezifischen Gewichte der Substanzen.

Tabelle IX.

Substanz	Spezifisches Gewicht	Wärmeleitungs-Koeffizient λ
Grauer Marmor, feinkörnig	2,68	3,48
Weißer Marmor, grobkörnig	2,77	2,78
Kalkstein, feinkörnig	2,34	2,08
„ „	2,17	1,70
Lias-Kalkstein	2,24	1,32
Feiner Gips, zu Mörtel angerührt	1,25	0,52
Gebrannter Thon	1,98	0,69
„ „	1,85	0,51
Tannenholz, senkrecht zu den Fasern	0,48	0,09
„ parallel „ „ „		0,17
Eichenholz, senkrecht zu den Fasern	0,664	0,20
Glas	2,44	0,75
„	2,55	0,88
Quarzsand	1,47	0,27
Holzasche	0,45	0,06
Graues Papier, ungeleimt	0,48	0,034
Eisen	7,79	28,00
Kupfer	8,90	69,00
Zinn	7,29	22,00

1) E. Péclet. Traité de la chaleur.

Mittels der Gleichung (5) und der Tabelle IX läßt sich die Wärmemenge berechnen, welche in der Zeiteinheit (Stunde) durch eine Wand bestimmten Materiales transmittiert wird, wenn man die Temperatur ihrer beiden Oberflächen kennt. Aber diese sind meist nicht bekannt und können nur durch Untersuchungen gefunden werden, welche in der Praxis schwer ausführbar sind. Man muß also suchen, zwei weitere Gleichungen zwischen τ_1 und τ_2 und den bekannten Temperaturen der Luft T und t herzustellen, mit deren Hilfe man τ_1 und τ_2 eliminiert und W als Funktion der Lufttemperaturen darstellt.

Da nun im Beharrungszustande (und innerhalb der Grenzen, für welche das Gesetz von Newton gilt) sich die Erwärmung der inneren Oberfläche und die Abkühlung der äußeren Oberfläche nach demselben Gesetz vollzieht, d. h. die Wärmemenge, welche in die innere Oberfläche der Wand eindringt, gleich derjenigen ist, welche in derselben Zeit durch die Außenfläche ausströmt, gleich derjenigen, welche durch irgend eine isothermische Fläche des betrachteten Wandstückes geht: so erhält man drei verschiedene Ausdrücke für die Wärmemenge W, welche pro Flächeneinheit und Stunde transmittiert wird. In dem obigen Ausdruck unter 4a erscheint W als Funktion des äußeren Wärmeleitungs-Koeffizienten, während Gleichung (5) den Wärmeverlust als Funktion des inneren Wärmeleitungs-Koeffizienten λ giebt. Zur Erzielung einfacher Resultate wendet nun Péclet nicht die Dulong'schen Formeln (2) und (3), auch nicht die einfacheren Formeln an, welche für den speziellen Fall $T = 12^0$ gelten, sondern die Gleichung (1), welche als „Gesetz von Newton" bezeichnet wurde:

$$W = (K + K^1)\, \Theta.$$

Dies Gesetz ist für schwache Temperaturdifferenzen hinreichend genau, um so mehr, als man in allen Rechnungen, die sich auf Transmission der Wärme beziehen, nur Näherungswerte erhalten kann und Nebenumstände, als Wirkung der Sonne und des Windes, nicht in Betracht gezogen werden können.

Der Wärmeverlust infolge der inneren Wärmeleitungsfähigkeit des Materiales berechnet sich also nach Gleichung (5) für die Flächeneinheit wie folgt:

$$W = \frac{\lambda\, (\tau_1 - \tau_2)}{e}.$$

Dagegen wird von der inneren Wandfläche nach dem Gesetz von Newton pro Quadratmeter und Stunde aufgenommen die Wärmemenge:

$$W = (K + K^1)\, (T - \tau_1) = Q\, (T - \tau_1)$$

und von der äußeren Fläche wird abgegeben die Wärmemenge

$$W = (K + K^1)\, (\tau_2 - t).$$

Im Beharrungszustande sind diese drei Wärmemengen gleich und es folgt durch Elimination:

$$\tau_1 = \frac{T(\lambda + Qe) + \lambda t}{2\lambda + Qe} \qquad \tau_2 = \frac{t(\lambda + Qe) + T\lambda}{2\lambda + Qe}$$

endlich ist

$$W = \frac{\lambda . Q}{2\lambda + Qe}(T - t)^{1}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Setzt man $T - t = 1$, so ersieht man leicht, daß $\frac{\lambda Q}{2\lambda + Qe}$ die Anzahl Wärmeeinheiten angiebt, welche im Beharrungszustande pro Stunde durch das Quadratmeter der Begrenzungsfläche der Wand hindurchgehen, wenn die Temperaturdifferenz der berührenden Luftschichten 1° C. beträgt. Dieser Wert wird der „Transmissions-Koeffizient" oder der „Wärmedurchgangs-Koeffizient" genannt.

Ist der Ausdruck Qe sehr klein im Verhältnis zu 2λ, dann kann derselbe vernachlässigt werden und die Gleichung (6) erhält die einfachere Gestalt

$$W = \frac{Q}{2}(T - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

d. h. der Wert von W wird unabhängig vom Material und der Wanddicke; ein Fall, der u. a. eintritt bei der Transmission der Glasscheiben.

Zahlenbeispiele.

1. Fall. Ein Raum, dessen Mauern 0,5 m dick und 5 m hoch sind, wird durch einen Heizapparat + 15° C. warm erhalten. — Die Lufttemperatur im Freien beträgt + 2°, das Material der Wand ist Kalkstein: es soll die Wärmetransmission der Mauern pro Quadratmeter und Stunde gefunden werden.

Dieselbe drückt sich aus durch Formel (6):

$$W = \frac{\lambda . Q . (T - t)}{2\lambda + Qe}.$$

Im vorliegenden Falle ist $T = 15°$, $t = 2°$, $T - t = 13°$.
Die Wärmeleitungsfähigkeit des Kalksteines
findet man nach Tabelle IX . . . . $\lambda = 1{,}70$.
Der Koeffizient der Leitung für 5 m hohe
Flächen ist . . . . . $K^1 = 2{,}05$.
Der Koeffizient der Strahlung (Tabelle IV) $K = 3{,}60$.
$Q = K + K^1 = 5{,}65$.
$e = 0{,}50$.

Hiernach ist

$$W = \frac{1{,}70 . 5{,}65 . 13}{2 . 1{,}70 + 5{,}65 . 0{,}5} = 20{,}05 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

1) Schinz in seiner Wärmemeßkunst S. 214 bestimmt unter der Annahme, daß in vielen Fällen $\tau_1 = T$ sei, den Wert

$$W = \frac{Q . (T - t)}{1 + Q\frac{e}{\lambda}} = \frac{\lambda . Q (T - t)}{\lambda + Qe}.$$

Wenn dagegen das Material der Wand Backstein ist, dessen Wärmeleitungsfähigkeit $\lambda = 0{,}69$ oder rund $= 0{,}70$, so hat man unter denselben Bedingungen für eine 2 Stein starke Wand ($e = 0{,}52$):

$$W = \frac{0{,}7 . 5{,}65 . 13}{2 . 0{,}7 + 5{,}65 . 0{,}52} = 11{,}85 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Die Backsteine sind also ein geeigneteres Material zur Herstellung von Wohnräumen, als der Kalkstein.

Nasse Wände bedingen ebenfalls einen höheren Wärmeverlust, denn für eine vom Regen durchnäßte Mauer darf man nach Tabelle IV annehmen $K = 5{,}31$, während $K^1 = 2{,}05$ wie oben, $Q = 7{,}36$ und

$$W = \frac{0{,}7 . 7{,}36 . 13}{2 . 0{,}7 + 7{,}36 . 0{,}52} = 12{,}83 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Péclet hat die Transmissionsfähigkeit der Kalksteinmauern von 0,10 bis 1,00 m Stärke berechnet unter dem Gesichtspunkte, daß die Zimmertemperatur 15° beträgt und als Lufttemperatur + 6°, d. h. nahezu der Mittelwert der Lufttemperatur von Paris während der sieben Heizmonate zu Grunde liege. Da aber die Dimensionen 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m, 0,40 m . . . unseren gebräuchlichen Mauerstärken nicht entsprechen, auch der Kalkstein in Deutschland nicht wie in Paris zu Frontmauern durchgängig zur Verwendung kommt, endlich die Maximaltemperatur des Winters nach anderen Gesichtspunkten zu bemessen ist, so können wir von diesen Werten der Péclet'schen Tabelle absehen.

Bei Anwendung der Formel (6) ist zu beachten, daß sie streng genommen nur anwendbar ist zur Berechnung der Transmission solcher Räume, bei denen nur eine Frontwand der äußeren Luft ausgesetzt ist, während die übrigen Wände an erwärmte Räume angrenzen, d. h. so angesehen werden können, als seien sie auf die Temperatur T des Raumes gebracht.

2. Fall. Sind alle Umschließungswände eines Raumes der äußeren Luft exponiert, wie bei Kirchen oder isolierten Pavillons, dann findet die Erwärmung der inneren Mauerflächen offenbar nur infolge der Luftbewegung, d. h. durch Leitung statt und die Bestrahlung der einen Wand durch die anderen fällt fort oder ist wenigstens ohne Einfluß, weil sämtliche Innenflächen sich auf gleicher Temperatur befinden müssen.

Unter Beibehaltung der früheren Annahmen wird dann der Wärmeverlust durch innere Leitungsfähigkeit des Materiales:

$$= \frac{\lambda}{e}(\tau_1 - \tau_2)$$

und derjenige durch Leitung der Innenluft an der inneren Wandfläche

$$= K^1(T - \tau_1);$$

endlich derjenige durch Leitung und Strahlung an die äußere atmosphärische Luft

$$= (K + K^1) \,.\, (\tau_2 - t) = Q \,.\, (\tau_2 - t).$$

Für den Beharrungszustand sind diese Wärmemengen aber gleich, daher findet man durch Elimination von τ_1 und τ_2 die Gesamttransmission

$$W = \frac{K^1 \lambda \, Q \, (T - t)}{\lambda \, (Q + K^1) + Q \, e \, K^1} \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Zahlenbeispiel. Wenden wir diese Formel zur Berechnung der Wärmetransmission eines 5 m hohen Raumes an, dessen Mauern wie vorher zwei Stein stark sind, während auch die Temperaturen der inneren und äußeren Luft dieselben bleiben wie in dem vorhergehenden Falle, so findet man — Backstein als Mauermaterial angenommen — die Transmission pro Quadratmeter und Stunde

$$W = \frac{2{,}05 \,.\, 0{,}7 \,.\, 5{,}65 \,.\, 13}{0{,}7 \,(5{,}65 + 2{,}05) + 5{,}65 \,.\, 0{,}52 \,.\, 2{,}05} = 9{,}23 \text{ W.-E.}$$

Im ersten Falle fanden wir W = 11,85 Wärmeeinheiten; der Wert von W fällt also für freistehende Pavillons geringer aus, was daher rührt, daß die Temperatur der inneren Mauerflächen solcher Räume stets eine niedrigere ist als bei geschützter Lage zwischen bewohnten Räumen. Dieser Umstand tritt ganz besonders stark in Kirchen hervor, deren Wände aus einem gut leitenden Material hergestellt sind. Die an der inneren Wandfläche befindliche Luft ist dann bis auf eine gewisse Entfernung hin immer von geringerer Temperatur als die mittlere Temperatur des Lokales, folglich ist auch die Temperatur τ_1 der inneren Wandfläche niedriger als T.

Hätten die Mauern eine bedeutendere Höhe, etwa 20 m, so findet man aus Tabelle V für 20 m hohe Flächen $K^1 = 1{,}90$, also $Q = 3{,}60 + 1{,}90 = 5{,}50$. Die Werte T — t, λ, K und e bleiben unverändert und es ist

$$W = \frac{1{,}90 \,.\, 0{,}7 \,.\, 5{,}50 \,.\, 13}{0{,}7 \,(5{,}50 + 1{,}90) + 5{,}50 \,.\, 0{,}52 \,.\, 1{,}90} = 8{,}96 \text{ W.-E.},$$

ein Resultat, welches nur geringe Abweichung zeigt, so daß die Höhe der Mauern nicht wesentlich deren Transmission beeinflußt.

3. Fall. Besteht die Wand aus zwei sich berührenden Schichten von ungleicher Leitungsfähigkeit λ und λ^1, deren Dicken durch e respektive e^1 bezeichnet seien, und ist ϑ die Temperatur ihrer Berührungsfläche, so hat man wiederum die Wärmeverluste infolge der Leitungsfähigkeit der Materialien beider Schichten:

$$W = \frac{\lambda}{e} (\tau_1 - \vartheta) \text{ und } = \frac{\lambda^1}{e^1} (\vartheta - \tau_2).$$

Der Wärmeverlust an der inneren und äußeren Fläche ist dagegen gegeben durch die Formeln:

$$W = K^1 (T - \tau_1) \text{ und } = Q \, (\tau_2 - t).$$

Diese vier Werte für W sind im Beharrungszustande gleichzusetzen, woraus folgt:

$$W = \frac{\lambda \,.\, Q \, (T - t)}{Q + K^1 + K^1 \, Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{e^1}{\lambda^1} \right)} \quad . \quad . \quad (9)$$

Mauern von Backstein, deren Außenseite mit Werkstücken beliebigen Materiales von der Dicke e^1 bekleidet ist, würden nach dieser Transmissionsformel zu berechnen sein, indem man für λ und λ^1 die entsprechenden Werte aus Tabelle IX substituiert und im übrigen wie oben verfährt.

Für eine größere Anzahl von Schichten verschiedenen Materiales erhält man den Wärmeverlust

$$W = \frac{\lambda \,.\, Q \, (T - t)}{Q + K^1 + K^1 \, Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{e'}{\lambda'} + \frac{e''}{\lambda''} + \dots \right)} \quad (10)$$

4. Fall. Wenn endlich die Schichten gleichen oder verschiedenen Materiales durch Luftzwischenräume getrennt sind, dann wird die Quantität der transmittierten Wärme geringer als vorher ausfallen. Derartige Luftschichten nennt man „isolierende Luftschichten". Nimmt man an, daß die Intervalle breit genug sind, um eine Bewegung der Luft zuzulassen, so kann man, ohne sich von der Wahrheit allzuweit zu entfernen, annehmen, daß die, durch die gegenüberstehenden Seiten des Isolierraumes transmittierte Wärmemenge gleich ist

$$Q \, (x - x^1),$$

wobei unter x und x^1 die Temperaturen dieser Innenseiten des Luftraumes verstanden werden. Wenn dagegen statt des Hohlraumes eine Materie von der Leitungsfähigkeit λ und Dicke e angeordnet wäre, so ist der Wärmeverlust repräsentiert durch

$$\frac{\lambda}{e} (x - x^1).$$

Man erhält also den Wert von W, indem man in den allgemeinen Formeln den Wert $\frac{e}{\lambda}$ ersetzt durch $\frac{1}{Q}$ und findet dann:

$$W = \frac{Q \, (T - t)}{2 + Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{1}{Q} + \frac{e'}{\lambda'} \right)};$$

$$W = \frac{Q \, (T - t)}{2 + Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{1}{Q} + \frac{e'}{\lambda'} + \frac{1}{Q} + \frac{e''}{\lambda''} \right)} \quad . \quad (10a)$$

§ 16.

Transmission der Wärme durch Gläser.

Unsere Fensterglasscheiben sind ein besonderer Fall von den vorstehend abgehandelten Arten der Transmission, sie bilden dünne Wände von geringerer Leitungsfähigkeit als das Metall.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1. Fall. Sind die Gläser in einer Frontwand plaziert und ist nur diese Fensterwand der atmosphärischen Luft ausgesetzt, während die übrigen Wandflächen die Temperatur des Raumes zeigen, so werden die Glasscheiben sich von der inneren Seite durch Strahlung der erwärmten Wandflächen und durch Kontakt mit der warmen Luft des Raumes erhitzen und von der äußeren Seite durch analoge Ursachen abkühlen.

Da die Quantität der transmittierten Wärme in diesem Falle unabhängig von der Dicke ist, wie in Gleichung (7) gezeigt wurde, so erhält man unter Beibehaltung der früheren Werte

$$W = (T - x) \cdot Q \text{ und } W = (x - t) \cdot Q,$$

woraus die Temperatur der Scheiben folgt:

$$x = \frac{T + t}{2} \text{ und } W = (T - t) \cdot \frac{Q}{2} \quad . \quad . \quad (11)$$

Der Ausdruck $\frac{Q}{2}$ heißt der Transmissions-Koeffizient der Glasscheiben.

Setzt man $T - t = 1$, so giebt der Koeffizient $\frac{Q}{2}$ die Anzahl Wärmeeinheiten an, welche im Beharrungszustande stündlich durch das Quadratmeter Glasfläche hindurchgehen, wenn die Temperaturdifferenz der berührenden Luftschichten 1° C. beträgt.

Um den Transmissions-Koeffizienten der Glasscheiben zu bestimmen, suche man den Wert von $K + K^1$ aus den Tabellen IV und Va. Aus ersterer findet man das Strahlungsvermögen des Glases $K = 2{,}91$. — Der Wert K^1 dagegen wechselt mit der Höhe der Gläser, wie nachstehende Ergänzung zu Tabelle V ergiebt.[1])

Tabelle X.

Höhe der Glasfläche	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Werte von K^1	2,40	2,21	2,13	2,08	2,05
Werte von $\frac{K + K^1}{2}$	2,65	2,56	2,52	2,496	2,479

Für Höhen, welche zwischen den Tabellenwerten liegen, bestimme man K^1 nach Formel d Tabelle V:

$$K^1 = 1{,}764 + \frac{0{,}636}{\sqrt{h}}.$$

2. Fall. Wir betrachten einen geschlossenen, ganz aus Glas konstruierten Pavillon, der durch heiße Luft erwärmt wird und sehen ab von der etwa eintretenden Erwärmung durch die Sonne. Die Glasflächen sind alsdann nur durch den Kontakt des innerhalb aufsteigenden Luftstromes erwärmt, denn die gegenseitige Strahlung wird effektlos sein, weil alle Oberflächen gleiche Temperaturen haben. Nach dem Vorhergehenden hat man also:

$$W = (T - x)\, K^1 \text{ und } W = (x - t) \cdot (K + K^1)$$

und im Beharrungszustande

$$W = \frac{Q\, K^1}{Q + K^1} (T - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Für freistehende Glashäuser findet man aus Tabelle XI, und zwar für Höhen von 1 bis 5 m, die pro Quadratmeter und Stunde transmittierte Wärmemenge, wenn die Temperaturdifferenz $T - t = 1°$ C. beträgt.

Tabelle XI (nach Péclet).

Höhe der Glasfläche	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Werte des Transmissions-Koeffizienten	1,65	1,54	1,49	1,47	1,45
Differenz	—	0,11	0,05	0,02	0,02

Die Werte der Tabelle XI sind kleiner als diejenigen in Tabelle X, weil die freien Glasflächen eines Glashauses eine niedrigere Temperatur haben, als die Fenster eines geschlossenen Wohnzimmers.

3. Fall. Parallele Glasflächen. Sind in einer Frontwand Doppelfenster vorhanden mit Zwischenräumen von solcher Größe, daß die Luft sich dazwischen bewegen kann, so erhält man — da beide Flächen eines jeden Glases nahezu gleiche Temperatur haben werden — den Wert von W, indem man in der allgemeinen Formel (10a) die Wanddicken e, e', e'' gleich Null setzt. Man findet nun für Doppelfenster den Wert der Transmission:

$$W = \frac{Q}{2 + 1} \cdot (T - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

und für dreifache Fenster

$$W = \frac{Q}{2 + 2} \cdot (T - t),$$

während für einfache Fenster ist

$$W = \frac{Q}{2} \cdot (T - t),$$

d. h. die Koeffizienten verhalten sich für einfache, doppelte und dreifache Fenster wie:

$$\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4} = 1 : \frac{2}{3} : \frac{1}{2}.$$

1) In der Praxis fand Péclet bei direkten Versuchen die Werte von W noch geringer als in der Tabelle, weil er mit Scheiben von geringer Dimension experimentieren mußte.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 17.

Die Herleitung der Wärmedurchgangs-Koeffizienten zur Bestimmung der Wärmeverluste von Mauern verschiedener Konstruktion und Stärke ist hier in elementarer Weise erfolgt, um der Tendenz dieses Werkes gemäß die Anwendung auch weiteren Kreisen zugänglich zu machen. — Für Leser, denen die Anwendung des höheren Kalküls geläufig ist, geben wir noch nachstehende Methode der Entwickelung, und zwar ebenfalls unter der Annahme, daß im Prozesse der Wärmeüberführung durch eine ebene Wand von gleicher Dicke der Beharrungszustand eingetreten sei, daß also in der Zeiteinheit die gleiche Wärmemenge W aufgenommen, geleitet und abgegeben werde. Setzen wir nun die Temperatur der die Wand im Inneren begrenzenden unendlich dünnen Fläche $= \tau_1$ und diejenige an der äußeren Begrenzung $= \tau_2$, so ist an der inneren Wandfläche F_1 die aufgenommene Wärmemenge W offenbar proportional der bezüglichen Temperaturdifferenz und der Oberfläche, also

$$W = \lambda_1 F_1 (T - \tau_1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

und an der äußeren Oberfläche der Wand ebenso

$$W = \lambda_2 F_2 (\tau_2 - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (II)$$

Man nennt den Ausdruck:

λ_1 den Wärmeaufnahme-Koeffizienten,

λ_2 den Wärmeabgabe-Koeffizienten.

Bezeichnet endlich:

F_x die Oberfläche der im konstanten Abstande x von F gelegenen Elementarplatte,

τ_x und

$\tau_x \pm d\tau_x$ die Temperaturen zu beiden Seiten dieser Platte,

e die Dicke der Wand und

λ den Leitungs-Koeffizienten (vergl. Tabelle IX),

so hat man

$$W = \frac{\lambda F_x [\tau_x - (\tau_x + d\tau_x)]}{dx}$$

und hieraus

$$- d\tau_x = \frac{W\, dx}{\lambda F_x}.$$

Nach Integration zwischen den Grenzen $x = o$ und $x = e$ erhält man

$$\tau_1 - \tau_2 = \frac{W}{\lambda} \int_o^e \frac{dx}{F_x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (III)$$

Werden nunmehr die aus den Gleichungen (I) und (II) sich ergebenden Werte:

$$\tau_1 = T + \frac{W}{\lambda_1 F_1}$$

$$\tau_2 = t + \frac{W}{\lambda_2 F_2}$$

in Gleichung (III) eingesetzt, so ergiebt sich

$$T - t - \left[\frac{W}{\lambda_1 F_1} + \frac{W}{\lambda_2 F_2}\right] = \frac{W}{\lambda} \int_o^e \frac{dx}{F_x}$$

und hieraus die in der Zeiteinheit durch die Wand transmittierte Wärme

$$W = \frac{T - t}{\frac{1}{\lambda_1 F_1} + \frac{1}{\lambda_2 F_2} + \frac{1}{\lambda} \int_o^e \frac{dx}{F_x}} \quad . \quad . \quad (4)$$

Ist $F_1 = F_2 = F_x = \text{Const.} = F$, so wird

$$W = k (T - t) F \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

worin

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{e}{\lambda}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

der sogenannte Transmissions-Koeffizient ist.

Setzt man aber die Flächeneinheit $F = 1$ und $T - t = 1$, so erkennt man leicht, daß k die Anzahl Wärmeeinheiten angiebt, welche stündlich durch das Quadratmeter der inneren Begrenzungsfläche der Wand hindurchgehen, wenn die Temperaturdifferenz der berührenden Luftschichten 1° C. beträgt. Der Wert von W wird groß, wenn λ_1, λ_2 und λ große Werte haben, d. h. wenn die Wärmeaufnahme und -Abgabe und die Wärmedurchleitung leicht von statten gehen.

a) Um den Transmissions-Koeffizienten für Mauerwerk zu bestimmen, beachte man, daß

λ der Wert des Wärmeleitungs-Koeffizienten für gebrannte Steine $= 0{,}7$ aus Tabelle IX zu entnehmen ist;

λ_1 und λ_2 stellen jeder die Summe $K + K_1$ (Gleichung (I) § 13) dar.

In der Regel ist nun für die innere Begrenzungsfläche die Wärmeaufnahme λ gleich dem Wärmeverlust an der Außenfläche λ_1. Denn aus Tabelle IV findet man für eine mit Tapete bespannte Wand

$$K = 3{,}77,$$

während der Strahlungs-Koeffizient für Ölfarbenanstrich der Außenfront

$$K = 3{,}71.$$

Der Wärmeverlust durch Leitung beträgt (nach Tabelle Va) im Mittel für beide gegenüberstehende Wandflächen 2,0, weil die Höhe der Etagen in der Regel zwischen 4 und 6 m schwankt. Es darf also für gewöhnliche Verhältnisse gesetzt werden:

$$Q = K + K_1 = \lambda_1 = \lambda_2,$$

und dadurch findet man den Wert des Transmissions-Koeffizienten

$$k = \frac{1}{\frac{2}{Q} + \frac{e}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{2\lambda + Qe}{Q\lambda}} = \frac{\lambda Q}{2\lambda + Qe}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und

$$W = \frac{\lambda \cdot Q}{2\lambda + Qe} \cdot (T - t)$$

übereinstimmend mit Gleichung (6).

a) Der Wärmeverlust einer Backsteinmauer ist nun nicht allein von ihrer Dicke, sondern auch von ihrer Trockenheit oder Feuchtigkeit, ihrer Lage gegen herrschende Winde, sowie davon abhängig, ob die Wand frei steht oder geschützt ist, wie im Inneren der Straßen. Da diese Faktoren schwer in Rechnung zu ziehen sind, nimmt Ferrini[1]) die Mauer äußerlich als durchnäßt an, innerlich als mit Tapeten bespannt. Nun findet man

1) für die innere Begrenzungsfläche den Strahlungs-Koeffizienten des Papieres (Tabelle IV)

$$K = 3{,}77.$$

Den Wert der Wärmeabgabe durch Kontakt darf man annehmen für mittlere Etagenhöhen annähernd:

$$K^1 = 2{,}23;$$

hiernach ist $K + K^1 = \lambda_1 = 6$.

2) Wenn die Außenfläche durchnäßt ist, findet man

$$K = 5{,}3$$

und wegen fortwährender Erneuerung der Luft durch Wind wird im Freien die Wärmeabgabe meist eine lebhaftere sein, so daß annähernd $K^1 = 2{,}7$, also

$$\lambda_2 = 8;$$

endlich finden wir nach Tabelle IX für Backsteine

$$\lambda = 0{,}7$$

und durch Einführung der gefundenen Werte

$$k = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{e}{0{,}7}} = \frac{7}{24} + \frac{e}{0{,}7},$$

d. h. der Transmissions-Koeffizient für Backsteinmauern ist:

$$k = \frac{16{,}8}{4{,}9 + 24\,e}.$$

Die folgende Tabelle giebt für fortschreitende Werte von e die Transmissions-Koeffizienten gewöhnlicher Mauern.

Tabelle XII (nach Ferrini).[2])

Mauerdicke in Metern	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Transmissions-Koeffizient	2,30	1,73	1,39	1,16	0,99	0,87	0,77	0,70	0,63	0,58
Differenzen	—	0,57	0,34	0,23	0,17	0,12	0,10	0,07	0,07	0,05

b) Fenstertransmission. Hierbei nehmen wir den ungünstigen Fall an, nämlich die Außenfläche als „von Regen benetzt". Wegen der geringen Dicke e der Glasscheiben kann man in der allgemeinen Formel des § 6

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{e}{\lambda}}$$

das Glied $\frac{e}{\lambda}$ vernachlässigen, so daß nur

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}}.$$

Für die Innenseite ist nun $K = 2{,}91$ und $K^1 = 2{,}09$,

$$\lambda_1 = 2{,}91 + 2{,}09 = 5.$$

Für die Außenseite ist wegen der Wasserschicht $K = 5{,}3$ und wegen fortwährender Erneuerung der Luft durch Wind $K^1 = 2{,}7$, also annähernd

$$\lambda_2 = 5{,}3 + 2{,}7 = 8,$$

$$\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{8} = \frac{13}{40}$$

und der Transmissions-Koeffizient der Fenster

$$k = \frac{40}{13}, \text{ d. h. sehr nahe} = 3.$$

Doppelfenster. Bezeichnet n die Anzahl der parallelen Gläser, so ist nach der Entwickelung von Ferrini der Transmissions-Koeffizient mehrfacher Glasscheiben:

$$k = \frac{1}{n\left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}\right) + \frac{e}{\lambda}}$$

Das Glied $\frac{e}{\lambda}$ kann wiederum vernachlässigt werden und man findet nach dem Vorstehenden

$$k = \frac{1}{n \cdot \frac{13}{40}} = \frac{40}{13 \cdot n}.$$

Daher der Transmissions-Koeffizient für Doppelfenster

$$K = \frac{40}{26} = 1{,}54.$$

Herrmann Fischer[1]) in seiner Abhandlung über „Heizung und Lüftung der Räume" berücksichtigt bei Bestimmung der Transmission einfacher Fenster auch das

1) Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme, deutsch von Schröter. Jena 1878.

2) Rinaldo Ferrini (S. 62), Nr. 41.

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, 4. Bd., S. 100.

Auftreten von Fensterschweiß an der Innenseite der Glasscheiben. Man darf dann, wegen einer Wasserschicht an der inneren Begrenzungsfläche, auch setzen:

$$K = 5{,}3 \text{ und } K^1 = 2{,}21 \text{ (Tabelle Va),}$$

also

$$\lambda_1 = 7{,}5, \text{ während wie oben } \lambda_2 = 8,$$

$$\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} = \frac{2}{15} + \frac{1}{8} = \frac{31}{120}$$

und der Transmissions-Koeffizient einfacher Fenster

$$K = 3{,}87.$$

Bei Doppelfenstern ist dagegen (wegen der ruhenden Luftschicht) Schweiß an der Innenseite nicht vorhanden, gleichwohl dürfte mit Rücksicht auf mangelhaftes Dichthalten zu setzen sein:

$$K = \frac{120}{2 \,.\, 31}, \text{ d. h. nahezu} = 2.$$

Diese Werte stimmen ziemlich gut überein mit den von Redtenbacher[1]) aufgestellten Erfahrungswerten.

c) Wagerechte Fenster (Oberlichter) werden von unten durch stets sich erneuernde wärmere Luftschichten, von oben durch kältere Schichten berührt. Schweißbildung tritt gar nicht oder selten ein. Nach Fischer ist zu setzen

$$K = 5{,}4.$$

d) Für äußere Thüren ist (bei einer durchschnittlichen Dicke von 4 cm) die Wärmeabgabe pro Stunde und Quadratmeter und 1° Temperaturdifferenz

für Eichenholz $K = 2{,}2$ für Tannenholz $K = 1{,}5$.

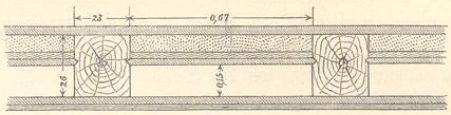
e) Es bleiben endlich noch die Werte von K für wagerechte, hohle Deckenkonstruktionen von Holz (gestakte Decken oder halbe Windelböden) zu bestimmen. Diese Verhältnisse hat H. Fischer sehr eingehend behandelt und rechnerisch entwickelt auf S. 54 des unten genannten Werkes. Hierbei wird zu unterscheiden sein:

a) Der Fall, wenn die betreffende Balkenlage oberhalb von kälterer, unterhalb von wärmerer Luft berührt wird, wie dies gewöhnlich bei den Deckenkonstruktionen des obersten Wohngeschosses, über welchem der Dachraum liegt, vorkommt, und

b) der Fall, wo das Umgekehrte stattfindet, d. h. bei Decken über Durchfahrten und solchen Decken, die zum Abschluß des Kellers gegen das beheizte Erdgeschoß dienen.

1. Fall. Gehört die Deckenkonstruktion (Fig. 30) der ersteren Art an, so wird der Wärmeübergang in den Balkenfeldern durch den Gipsputz auf Schalung wenig gehindert und die Leitung derjenigen Luftschicht, welche zwischen Schalung und Stakung eingeschlossen ist, fällt wegen deren Strömung sehr groß aus. — Der Wärmeübergang von den Stakhölzern in die darüber befindliche, 8 bis 10 cm hohe Sand- oder Coaksaschenschicht kann nur durch Leitung stattfinden, wird aber wegen der innigen Berührung sehr entschieden wirken. Dasselbe findet da statt,

Fig. 30.



wo die 3,5 cm starken Dielbretter auf dem Füllmaterial lagern. Wenn geringe Spielräume vorhanden sind, so wird hier Leitung und Strahlung gemeinschaftlich auftreten.

In Rücksicht hierauf fand Fischer den Transmissions-Koeffizienten der Abschlußdecke im Balkenfelde

$$K = 0{,}58.$$

Da, wo die 23 cm breiten Balken sich befinden, ist dagegen nur

$$K = 0{,}32;$$

folglich ist die durchschnittliche Zahl von Wärmeeinheiten, welche durch eine derartige Decke bei 1° Temperaturdifferenz pro Quadratmeter und Stunde übergeführt werden:

$$K = 0{,}5.$$

2. Fall. Befindet sich unter der vorbeschriebenen Decke die kältere, über derselben die wärmere Luft wie bei Kellerbalkenlagen über denen das beheizte Erdgeschoß, so fällt, wegen der nach unten liegenden Luftschicht, K etwa nur halb so groß aus als im ersten Falle, nämlich:

$$K = 0{,}3.$$

Da, wo Balken sich befinden, ist

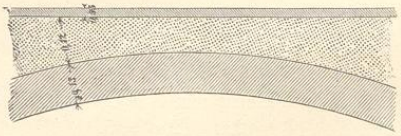
$$K = 0{,}35.$$

Die Durchschnittszahl für den Wärmeübergang ist

$$K = 0{,}31 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

3. Fall. Wird die Kellerdecke (Fig. 31) durch ein inkl. Putz 13 cm starkes Backsteingewölbe gebildet, über dem

Fig. 31.



sich eine, im Mittel 12 cm hohe Sandschüttung befindet, in welche die Lagerhölzer eingebettet sind, die den kienenen Fußboden tragen, so überführt jeder Quadratmeter der Decke für 1 Grad Temperaturdifferenz:

$$K = 0{,}71 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Einschließungs-Konstruktionen anderer Art werden nach den vorhergehenden Beispielen zu berechnen resp. zu schätzen sein, so lange dieselben zu beiden Seiten von Luft berührt werden.

1) Der Maschinenbau, II. Bd., S. 394.

Für gewöhnliche Fälle dürften die angegebenen, resp. die in Tabelle XIII und XIIIa zusammengestellten Zahlenwerte, die wir der Abhandlung von H. Fischer[1]) entlehnen, zur Berechnung des Wärmeaustausches freistehender lotrechter Wände genügen. Hierbei sind die üblichen Mauerstärken von Backsteinwänden, unter Hinzurechnung des Putzes auf beiden Seiten, zu Grunde gelegt.

Tabelle XIII. Werte der Transmissions-Koeffizienten von Backsteinmauern.

Wandstärke in Metern	0,14	0,27	0,40	0,53	0,66	0,79	0,92	1,05
Werte von K	2,31	1,66	,27	1,03	0,86	0,74	0,66	0,59

Tabelle XIIIa. Transmissions-Koeffizienten von Bruchsteinmauern.

Wandstärke in Metern	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Werte von K	1,80	1,37	1,17	1,00	0,87	0,77	0,70	0,63

Fenster in den Frontwänden (vergl. S. 39).

Für einfache Fenster ist $K = 3{,}87$
„ Doppelfenster . . $K = 2{,}0$.

Transmissions-Koeffizienten von Deckenkonstruktionen.

Decken nach Art der Fig. 39, 1. Fall $K = 0{,}5$
Decken nach Art der Fig. 39, 2. Fall $K = 0{,}31$
Decken nach Art der Fig. 40 . . . $K = 0{,}71$
Wagerechte Glasdecken (Oberlichte) . $K = 5{,}4$
Doppelte Oberlichte . . . . . $K = 2{,}6$.

§ 18.

Wärmeverlust bewohnter Räume.

Bevor die Transmission durch Wände, Fenster, Fußboden und Decke bei ununterbrochener Heizung und im Beharrungszustande der Erwärmung bestimmt wird, haben wir noch zu untersuchen, welche von den umschließenden Flächen Wärmeverluste bedingen und wie hoch die Temperaturdifferenz $T - t$ für verschiedene Gebäudegattungen in Rechnung zu stellen ist.

Als Transmissionsflächen sind folgende anzusehen:

1) alle Umschließungswände des Gebäudes, welche mit der atmosphärischen Luft einerseits und mit der Luft der zu heizenden Räume andererseits in Berührung stehen, also Frontwände, Giebel und die Wände und Decken offener Durchfahrten;
2) die Scheidewände und Decken zwischen Räumen, von denen der eine geheizt wird, der andere nicht;
3) die Fußböden des untersten Geschosses;
4) die Decken des letzten Geschosses, soweit dasselbe geheizt wird.

Scheidewände und Zwischendecken, welche Räume trennen, die beide gleich stark oder beide nicht geheizt werden sollen, bleiben bei der Rechnung außer Betracht.

Als Temperatur der äußeren Luft an kalten Wintertagen wird das Minimum des kältesten Monats in Rechnung zu stellen sein, denn gute Heizapparate müssen im allgemeinen ihren Zweck noch für die niedrigste Außentemperatur erfüllen; für höhere Temperaturen hat man nur die Thätigkeit des Apparates zu mäßigen.

Die mittlere Monatstemperatur des Januar, welche für diesen Zweck nicht maßgebend ist, beträgt

für Berlin $-1{,}90^\circ$ R., für Karlsruhe $-0{,}14^\circ$ R.

Dagegen betrug die größte Abweichung von der Mitteltemperatur des Januar:

für Berlin $-14{,}28^\circ$ R., für Karlsruhe $-9{,}68^\circ$ R.

Hieraus folgt als Minimum des kältesten Monats:

Berlin $-16{,}18^\circ$ R. $= -20{,}1^\circ$ C.
Karlsruhe $-9{,}82^\circ$ R. $= -12{,}2^\circ$ C.

Sieht man von außergewöhnlichen Schwankungen ab, so dürfte für den Norden Deutschlands $t = -15^\circ$ und für Süddeutschland $t = -10^\circ$ als angemessen in Rechnung zu stellen sein.

Die Temperatur der zu erwärmenden Räume beträgt:

für Wohnungen . . . . . $T = 15$—18° C.
„ Hörsäle, Versammlungssäle $T = 15^\circ$,
„ Kirchen . . . . . $T = 10$—15°,
„ Schulen . . . . . $T = 16$—18°,
„ Strafanstalten . . . . $T = 12^\circ$,
„ Krankenhäuser . . . . $T = 15$—20°,
„ Treibhäuser . . . . . $T = 20$—25°.

Nach diesen Angaben wird die Temperaturdifferenz $T - t$ auf 30—35° C., seltener nur $= 40^\circ$ anzunehmen sein.

Zahlenbeispiel. Es soll der Wärmeverlust eines Krankenzimmers berechnet werden, wenn bei kontinuierlicher Heizung eine Erwärmung auf 20° C. verlangt und die Temperatur der Luft an kalten Wintertagen zu 10° angenommen wird. Die Lage des Zimmers ist der Art, daß drei Seiten Transmissionsflächen bilden und die vierte an ein geheiztes Zimmer stößt; die 51 cm starken Mauern bestehen aus Backstein.

1) Handbuch der Architektur, 2. Aufl., III. Teil, 4. Bd., S. 123.

Tiefe des Zimmers	5 m
Breite desselben	6 „
Höhe desselben	4 „
Fensterfläche	4 qm
Die transmittierenden Umfassungswände, exkl. Fenster, betragen [2 × 5 + 6] 4—4 . . .	60 „
Die Fläche des Fußbodens und der Decke je .	60 „
1) Der Wärmeverlust durch die Decke bei T—t = 25° ist für K = 0,5 = 25 . 60 . 0,5	750 W.-E.
2) Durch den Fußboden 15° . 60 . 0,31 . .	279 „
3) Durch Umfassungswände für K = 1,03 30° . 60 . 1,03	1854 „
4) Durch 4 qm einfache Fenster 30 . 4 . 3,87 .	464 „
Summa des stündl. Wärmeverlustes rot. =	3347 W.-E.

§ 19.

Einfluß äußerer Temperaturveränderungen auf die Transmission der Mauern.

Bisher wurde die innere und äußere Temperatur bei kontinuierlicher Heizung als konstant angenommen. — Während nun bei der Heizung die innere Temperatur in der Regel nicht wechselt, unterliegt doch die Transmission immer dem Einfluß des Temperaturwechsels. Dieser Wechsel wird hervorgerufen:

1) durch die allgemeine Abnahme der mittleren Monatstemperaturen im ersten Teil und die Zunahme derselben in der zweiten Hälfte des Winters und
2) durch die zufälligen Veränderungen, d. h. die Abweichungen von der mittleren Monatstemperatur.

In unserem Klima findet die Heizung in der Regel vom Oktober bis Ende April statt. Die mittlere äußere Monatstemperatur während dieser sieben Monate ist für einige Hauptstädte in Réaumur'schen Graden hier zusammengestellt.[1])

ad 1) Die mittlere Temperatur der sieben Heizmonate beträgt für Berlin beinahe 3° und die mittlere Temperaturdifferenz T — t = 13° (wenn bei kontinuierlicher Heizung T = 16° angenommen wird). — Sind dann alle Mauern des zu heizenden Raumes der Luft ausgesetzt, so wird der Einfluß der Temperaturabweichungen sich am stärksten fühlbar machen. Die pro Quadratmeter und Stunde transmittierte Wärmemenge beträgt für 0,52 m starke Umfassungen nach Tabelle XI

1,03 . 13 = 13,39 Wärmeeinheiten

und die totale, während der Dauer von 200 Heiztagen bei kontinuierlicher Feuerung transmittierte Wärme pro Quadratmeter:

13,39 × 200 × 24 = 64272 Wärmeeinheiten.

In dem Mauerwerk der 0,52 m starken Umfassungswand sind bei 16° Innentemperatur eingeschlossen pro Quadratmeter:[2])

1000 × 0,52 × 1,98 × 0,21 × 16° = 3459 W.-Einh.

oder 5,4 Proz. der während der ganzen Heizperiode transmittierten Wärme. Wir können daraus folgern:

daß die Wärmemengen, welche bei der allgemeinen Temperaturabnahme vom Mauerwerk ausgestrahlt und bei Zunahme derselben absorbiert werden, nur einen schwachen Einfluß auf die Transmission haben können, wenn die Heizung sonst nicht unterbrochen wird, daß dagegen in höherem Grade die Variationen des Thermometers durch die Glasscheiben auf die geheizte Piece einwirken, weil die Scheiben beinahe augenblicklich eine Mitteltemperatur annehmen, welche zwischen den Temperaturen T und t liegt (§ 15).

Sonach steuern die Mauern eine gewisse Quantität Wärme bei, wenn die äußere Temperatur sinkt und — sobald sie sich zum ursprünglichen Standpunkt erhebt — absorbieren sie dieselbe Menge Wärme, und zwar derart, daß das zur Hervorbringung einer konstanten inneren Temperatur nötige Wärmequantum weniger schnell variiert, als der Gang des Thermometers im Freien, denn Gewinn und Verlust gleichen sich allmählich aus.

ad 2) Bei schroffen Schwankungen der Temperatur sind die Phänomene, welche sich innerhalb der Umfassungswände vollziehen, noch komplizierter, aber unter der Voraussetzung, daß die Temperatur der Mauern auch jetzt gleichmäßig von außen nach innen zunimmt, lassen sie sich verfolgen und beurteilen.

Betrachten wir z. B. die Mauern eines Raumes mit nur einer der Luft ausgesetzten Wand. Wenn T = 15°,

1) **Mittlere Monatstemperatur in Réaumur'schen Graden.**

	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April
Berlin	7,97	3,25	1,32	— 1,90	— 0,15	2,74	6,88
Karlsruhe	8,33	4,24	1,58	— 0,14	+ 1,97	4,57	8,36
Wien	8,54	3,71	0,46	— 1,21	+ 2,68	3,91	8,82

2) Um die Anzahl der in einem Körper bei t° eingeschlossenen Wärmeeinheiten zu finden, ist dessen absolutes Gewicht mit seiner spezifischen Wärme zu multiplizieren. Die spezifische Wärme der Bausteine ist = 0,21; ihr spezifisches Gewicht = 1,98 (Tabelle IX).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$t = 6^0$, $\lambda = 1{,}70$ und $e = 0{,}50$ ist, dann findet man (nach Péclets Formel 6) $\tau_1 = 12{,}56^0$, $\tau_2 = 8{,}99^0$ und $W = 16{,}23$ Wärmeeinheiten. Sinkt die Temperatur der äußeren Luft nun von 6^0 auf 0^0, so geben die Formeln andererseits:

$\tau_1 = 10{,}87^0$; $\tau_2 = 4{,}12^0$ und $W = 22{,}93$ Wärmeeinheiten.

Während des Überganges der Mauern aus einem Zustande zum anderen sinkt deren mittlere Temperatur von $\frac{12{,}56^0 + 8{,}99^0}{2}$ auf $\frac{10{,}87^0 + 4{,}12^0}{2}$ oder von $10{,}77^0$ auf $7{,}49^0$ und die Quantität der durch das abgekühlte Kalksteinmauerwerk pro Quadratmeter verlorenen Wärme beträgt:

$1000 \,.\, 0{,}5 \times 2{,}22 \times 0{,}21\,[10{,}77 - 7{,}49] = 382$ W.-Einh.

Diese Abkühlung wird so viel Zeit erfordern, als wenn die Temperatur der äußeren Fläche bei gleichmäßiger Abnahme

$$\frac{8{,}99^0 + 4{,}12}{2} = 6{,}55^0$$

wäre. Im letzteren Falle beträgt aber die stündliche Transmission nur

$W = 11{,}8$ W.-Einheiten pro Quadratmeter;

die Abkühlung der in Frage stehenden Wand vollzieht sich demnach erst in einer Zeit von

$$\frac{382}{11{,}8} = 32 \text{ Stunden.}$$

Man ersieht hieraus, daß die äußeren Temperaturschwankungen in einem nur von Mauern umschlossenen Raume sich sehr langsam und sehr abgeschwächt auf das Innere übertragen. Aber da die Räume doch auch Fenster haben und das Glas fast augenblicklich die Mitteltemperatur zwischen innen und außen annimmt, so bedarf es zur Erhaltung einer konstanten Temperatur im Inneren einer vermehrten Wärmeproduktion, welche mit der äußeren Temperaturabnahme Schritt hält, und um so mehr, je größer die Fensterflächen im Verhältnis zur festen Frontwand sind.

Hat z. B. der vorgenannte Raum eine transmittierende Umfassungswand mit 4 qm Fensterfläche und 8 qm Mauerfläche von 0,5 m Dicke, beträgt $T = 15^0$ und $t = 6^0$, dann ist die totale Transmission der Fenster von 2 m Höhe nach Tabelle X und Formel (11) § 16

$2{,}56 \times 9^0 \times 4 = 92{,}16$ W.-Einheiten

und diejenige der Mauern:

$16{,}23 \times 8 = 129{,}8$ W.-Einheiten.

Sobald aber die Temperatur der Luft von 6^0 auf 0^0 sinkt, dann steigt die Transmission durch die Fenster sofort auf

$2{,}56 \times 15 \times 4 = 153{,}6$ W.-Einheiten

und übertrifft diejenige der Mauern, bei denen der Wärmeverlust nur langsam steigt, nämlich in 32 Stunden auf:

$22{,}93 \times 8 = 183{,}4$ W.-Einheiten.

Also die Gläser üben bei Schwankungen der äußeren Temperatur einen stärkeren Einfluß auf die zur Erhaltung einer konstanten Temperatur von 15^0 erforderlichen Wärmemengen aus als die Mauerflächen, wenigstens da, wo die Mauern nicht unter $1\frac{1}{2}$—2 Stein stark und die Fenster nicht zu klein angelegt sind.

§ 20.

Intermittierende Heizung.

Ununterbrochene Heizung, wie sie in den vorstehenden Paragraphen vorausgesetzt wurde, kommt nur in wenigen Fällen vor (in Krankenhäusern, Pflanzenhäusern, Fabriken mit ununterbrochenem Betriebe). In Wohnräumen wird die Heizung gewöhnlich bei Nacht unterbrochen und in Hörsälen, Versammlungssälen, Theatern findet sie nur während einer begrenzten Zeit statt. Bei derartiger Heizung mit Unterbrechung treten Beharrungszustände nicht ein, sondern die Temperatur der Mauern und die Temperatur des Raumes werden mit der Zeit variabel. Während der Heizung wächst die Temperatur im Raume und dadurch werden die Wände erwärmt; wenn nicht geheizt wird, erkalten die Mauern und die Temperatur des Raumes nimmt nach einem bestimmten Gesetz ab.

Ferrini[1]) hat diese thermischen Zustände analytisch untersucht, um Regeln aufzustellen, durch welche die von einem Heizapparat zu liefernde Wärmemenge für alle Fälle berechnet werden könne. Solche, zum Teil verwickelte analytische Rechnungen liegen der Tendenz dieses Werkes fern und begnügen wir uns daher für praktische Zwecke mit der Registrierung einiger allgemeinen Resultate.

I. Wenn ein Raum am Ende einer Heizperiode keine Wärme mehr empfängt, so kühlt er sich binnen kurzer Zeit auf die Temperatur der inneren Mauerflächen ab und von nun an müssen die Mauern die Wärme liefern, welche im weiteren Verlauf durch die Transmission der Fenster verloren geht. Die in den Mauern enthaltene Wärmemenge wird dann durch beide Seiten derselben ausgestrahlt. In der That zeigt die Rechnung, daß in der Stillstandsperiode des Heizapparates für $T = 15^0$ und $t = 0^0$, $\tau_1 = 12{,}8^0$ ist und daß die innerhalb 24 Stunden verlorene Wärmemenge gleich ist dem Verlust durch die Fensterscheiben, vorausgesetzt, daß die innere Lufttemperatur T_0 während der Abkühlungsperiode gleich der Anfangstemperatur τ_1 der Innenseite des Mauerwerkes gewesen sei.

II. Räume, welche mit Kachelöfen geheizt werden, erhalten — trotz des Erlöschens des Feuers — doch noch für eine längere Dauer die Wärme dadurch, daß die erhitzte Thonmasse, die aus den Brennstoffen einen großen Teil

1) Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme, Nr. 187—190.

Wärme aufgenommen hat, sich allmählich abkühlt. In solchen Fällen verstreicht eine längere Zeit, bis der Raum die Temperatur der Innenfläche der Mauern angenommen hat; die letzteren haben also während einer kürzeren Zeit die Wärme zu ersetzen, welche durch die Fenster hindurch verloren geht, ihre Temperaturerniedrigung in der Stillstandsperiode wird daher geringer sein, als im ersten Falle.

§ 21.

Empirische Koeffizienten.

Für praktische Zwecke genügt es in der Regel, daß man die Wärmeverluste derart berechnet, als wenn kontinuierliche Heizung eingerichtet und der Beharrungszustand erreicht oder fortdauernd vorhanden wäre. Die für den Beharrungszustand berechnete Anzahl der Wärmeeinheiten multipliziert man dann bei intermittierender Heizung mit einem angemessenen empirischen Koeffizienten φ. Redtenbacher nimmt an:

1) für kontinuierliche Heizung bei Tag und Nacht $\varphi = 1$;
2) für kontinuierliche Heizung bei Tag und Unterbrechung bei Nacht $\varphi = 1{,}2$;
3) wenn nur einzelne Stunden geheizt werden soll, $\varphi = 1{,}5$ bis $2{,}0$.

Mittels vorstehender Erfahrungs-Koeffizienten kann der Wärmeverlust eines Raumes auch bei intermittierender Heizung gefunden und danach die Größe der Heizfläche für die Zwecke der Praxis hinreichend genau bestimmt werden, wie nachstehende Zahlenbeispiele ergeben:

Beispiel I. In § 18 ist der Wärmeverlust eines Krankenzimmers unter Annahme von kontinuierlicher Heizung bestimmt worden. Wenn die Heizung während der Nacht fortfällt, so hat man zu setzen für Heizung bei Tage $\varphi = 1{,}2$, d. h. die für kontinuierliche Heizung gefundenen Resultate sind mit 1,2 zu multiplizieren und man findet:

Gesamtwärmeverlust $3347 \times 1{,}2 =$ rot. 4016 W.-Einh.

Beispiel II. Ein Zeichensaal soll während einzelner Tagesstunden mit eisernen Öfen geheizt werden; zwei Langseiten und eine Schmalseite bilden Abkühlungsflächen, die vierte Seite stößt an einen geheizten Vorraum. Die Decke ist geschützt.

Dimensionen:

Länge des Saales . . 15 m, Breite 10 m, Höhe 5 m,
Die Mauerstärke beträgt 0,50 m,
Fensterzahl = 8 bei 1,5 m Breite und 3 m Höhe,
Temperaturdifferenz . . 30°,
Koeffizient φ . . . . 1,5.

Die transmittierende Mauerfläche enthält:

$(2 \,.\, 15 + 10)\, 5 =$ . . . 200 qm.
Hiervon die Fenster mit . . . . . 36 „
also zwei Stein starke Mauer 164 qm.

Die Wärmeverluste sind, wenn wir die von Fischer gefundenen Werte benutzen, folgende:

Vom Fußboden $150 \,.\, 0{,}31 \times 30 \times 1{,}5 = 2092$ W.-Einh.
Durch die Wände $164 \,.\, 1{,}03 \times 30 \times 1{,}5 = 7601$ „
Durch die Fenster $36 \,.\, 3{,}87 \times 30 \times 1{,}5 = 6269$ „
Summa der Wärmverluste 15962 W.-Einh.

Viertes Kapitel.

Heizungsanlagen in Gebäuden.

§ 22.

Vorbemerkungen.

Die Heizung von Wohnräumen hat den Zweck, in denselben einen angemessenen Temperaturgrad zu erzeugen. Es bedarf dessen, um den Wärmeverlust auszugleichen, welchen der Mensch durch die Ausscheidungen seines Körpers und die Differenz einer ihn umgebenden niedrigeren Temperatur erleidet. Der menschliche Körper hat nämlich eine nahezu konstante Temperatur von 36—38° C., die umgebenden Medien sind aber in der Regel kälter, infolgedessen findet ununterbrochen eine gewisse Wärmeabgabe durch Strahlung von der freien Oberfläche und durch Leitung statt. Auch die Wasserverdunstung durch Haut und Lungen, welche in 24 Stunden 800—1000 g beträgt, bedingt einen erheblichen Wärmeverlust (Seguin).

Bis zu einem gewissen Grade kann dieser Wärmeverlust durch entsprechende Kleidung und hinreichende Ernährung ausgeglichen werden; sind aber die Differenzen bedeutend, so verlangt der Körper eine künstliche Erwärmung der umgebenden Luftschichten.

Der für gesunde Personen erforderliche Wärmegrad schwankt nun nach Lebensalter, Gewohnheit und Art der Beschäftigung nicht unerheblich (zwischen 10 und 20° C.). Für Krankenzimmer wird im allgemeinen eine möglichst gleichmäßige Temperatur von 18° C. = 15° R. als geeignet empfohlen.[1]) Auch bei ruhigem Verhalten im Zimmer variieren die Grenzen des individuell Behaglichen, doch dürfte als Normaltemperatur etwa 15—16° C. festzusetzen sein. In Werkstätten, Turnsälen und dergl. Lokalen, worin Personen sich in fortwährender, ermüdender Bewegung befinden, kann man bis auf 10° C. hinabgehen.

Zur Erwärmung der Zimmerluft wird, wie in § 4 gezeigt wurde, die Verbrennungswärme verschiedener Brennmaterialien benutzt. Ein Teil der von dem glühenden Brennstoff entwickelten Hitze wird hierbei an die Umgebung ausgestrahlt. Das Verhältnis zwischen dieser ausgestrahlten und der bei vollkommener Verbrennung entwickelten Wärmemenge wird der Strahlungs-Koeffizient genannt. Péclet fand denselben für Holz = 0,25, für Steinkohlen 0,50 und für Coaks 0,55. Am größten ist das Strahlungsvermögen der Brennstoffe, welche ohne Flamme brennen.

Die aus dem Brennmaterial entwickelte Wärme kann nun entweder direkt an die Zimmerluft übertragen werden — wie bei der Kaminheizung — oder es wird eine leitende Substanz eingeschaltet, welche die entwickelte Wärme in sich aufnimmt und an die kältere Luft des Raumes abgiebt. Dieser Vorgang findet bei der Ofenheizung statt. Befindet sich dabei der Feuerraum in dem zu erwärmenden Lokale und überträgt er die Wärme durch Strahlung oder Leitung von seinen Wänden aus, so nennt man dies Lokalheizung, im Gegensatz zur Centralheizung, wobei der Feuerherd sich außerhalb des zu heizenden Raumes befindet und die Wärme durch ein in Bewegung gesetztes Medium (Luft, Wasser oder Dampf) an ihren Verwendungsort geleitet wird.

Zu den Centralheizungen rechnet man:

die Luftheizung,
die Wasserheizung,
die Dampfheizung,
die Dampfwasserheizung.

Zu den Lokalheizungen gehört:

die Kaminheizung,
die Heizung mit Zimmeröfen.

§ 23.

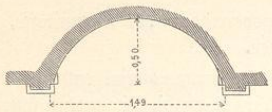
I. Kaminheizung.

Die älteste Form des Kamines war der bedeckte Herd. Dieser primitive Kamin bestand aus einer Nische in der Mauerdicke, seitlich durch Mauerpfeiler eingerahmt und überdeckt durch einen auf Auskragungen ruhenden Mantel von rundlicher oder eckiger Form, der die Abführung des Rauches nach dem Schornstein vermittelte und in diesen überging. Das Brennmaterial wurde auf eisernen Böcken aufgelagert und bestand aus Holzscheiten. — Bei dieser Heizmethode handelte es sich also fast lediglich um die Ausnutzung der strahlenden Wärme des Brennstoffes, welchen Vorgang die Natur am reinsten zeigt. Durch die Sonnenstrahlen werden nämlich die Körper stärker als die sie umgebende Luft erwärmt und dabei wird jede Verunreinigung der Atmosphäre vermieden.

1) Roth und Lex, Handbuch der Militär-Gesundheitspflege. I. Band.

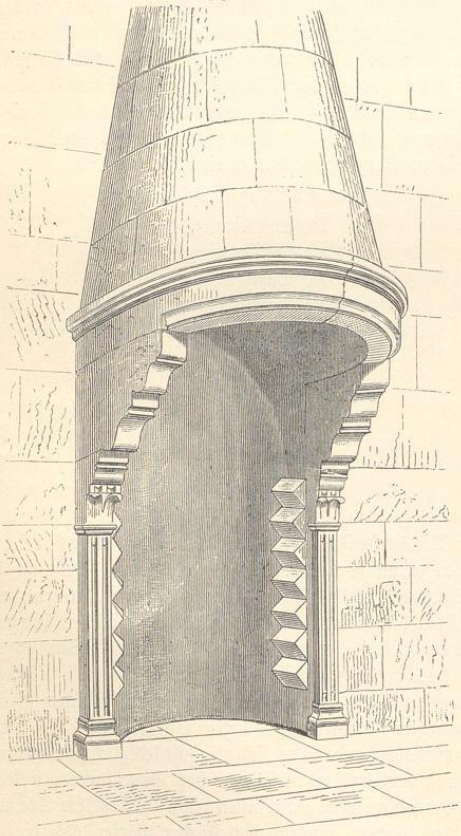
Geschichtliches. Im Altertum scheint man, soweit die Ausgrabungen in Pompeji darauf schließen lassen, diese Heizmethode nicht angewandt zu haben. Dagegen wird berichtet, daß im Zeitalter des Augustus die Wärme unterirdischer Heizungen durch vertikale Röhren in der Mauer in die obere Etage geleitet wurde. Ein solcher Apparat zur

Fig. 32.



Erwärmung hieß hypocaustum und bildete eine Art Kanalheizung. Diese Hypokausten wurden von den Römern auch in Deutschland eingeführt, um sich ihre Häuser im nordischen Klima während des Winters behaglich zu machen.

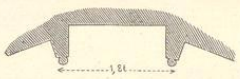
Fig. 33.



Im frühen Mittelalter erwärmte man das Innere der Häuser entweder durch tragbare Kohlenbecken — wie im Süden noch jetzt gebräuchlich — oder man hatte, wenigstens in Deutschland, den offenen Herd, an dem Jung und Alt sich erwärmte. Eine weitere Ausbildung des offenen Herdfeuers, im Fortschritt des Wohnhausbaues, ist der Kamin.

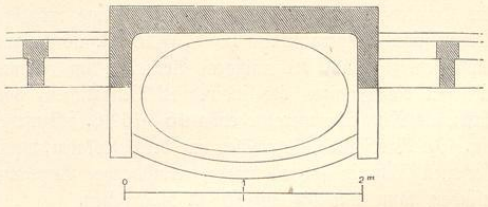
Diese ältesten Kamine haben gewöhnlich kreisförmigen Grundriß, wie nebenstehendes Beispiel aus dem Amtszimmer der Chorschule bei der Kathedrale Puy-en-Velai aus dem XII. Jahrhundert zeigt (Fig. 32). Die Seitenpfeiler und der Mantel des Kamines sind hier in Schnittstein ausgeführt und geradlinig überdeckt; häufiger wurden sie gegen vorspringende Dienste eingewölbt. Die Rückwand wurde dagegen meistens in Backstein errichtet, um dem Feuer besser Widerstand leisten zu können. Der Grundriß, dessen Dimensionen immer noch mäßige sind,

Fig. 34.



wird im Ausgang des XII. Jahrhunderts oft rechteckig gestaltet (Fig. 34); selten ist der Kaminkörper und dem entsprechend auch der Schornstein an innere Scheidemauern, häufiger gegen Giebel- oder Frontwände gelegt. Wenn auch diese nicht stark genug waren, um den mächtigen Schornstein aufnehmen zu können, so wurde der Aufbau des Kamines mehr oder weniger nach außen vorspringend angelegt.[1] In einem Hause der Stadt Cluny liegt derselbe (Fig. 35) sogar erkerähnlich vorspringend in der Front

Fig. 35.



des Hauses und dicht zu beiden Seiten desselben schließen sich Fenster an. Der ausgekragte Mantel ist im Grundriß oval und verengt sich nach oben zu einem kreisrunden Schornstein.

Im XIII. Jahrhundert nehmen die Dimensionen der Feuerstätten erheblich zu. Wenn es sich insbesondere um die Erwärmung großer Räume handelte, wurden Kaminherde von solcher Größe angelegt, daß Holzblöcke von 2 m Länge und darüber auf denselben verbrannt werden konnten.

1) Beispiele bei Violet le Duc, Diction. de l'arch. Tome III, p. 197. Vergl. auch Fig. 35.

Bei so intensivem Feuer wurde auch der Aufenthalt in den weiten Sälen der Burgen ein angenehmer, wenn sich am Abende die Familie des Schloßherrn und die Dienerschaft des Hauses um den Kamin versammelte.

Fig. 36.

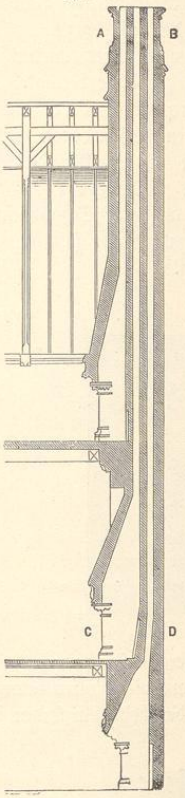


Fig. 36a.
Schnitt bei A B.



Zum Zweck einer gleichmäßigen Erwärmung größerer Säle sah man sich aber genötigt, mehrere Kamine anzulegen, oder es wurde ein Herd von großer Breite in zwei Abteilungen gebracht und jeder Abteilung ein Schornstein zugewiesen. Im großen Saale des Schlosses von Poitiers liegen sogar an der Giebelfront drei Kamine nebeneinander, deren Schornsteine getrennt zwischen den Pfosten der Fenster aufsteigen.[1])

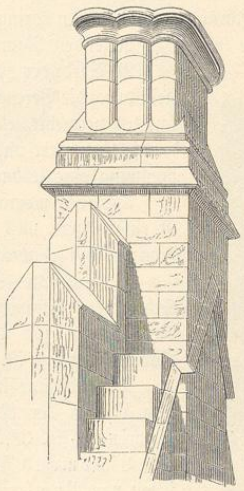
Beispiele von seltenem Reichtum und hoher Eleganz der Konstruktion enthalten endlich die Schlösser der Renaissanceperiode. Eine Anzahl derselben aus der Zeit Franz I., Heinrich II. und Heinrich III. sind durch César Daly[2]) publiziert.

Außer diesen mächtigen, mit reichem plastischen Schmucke versehenen Kaminen der Prunkzimmer kamen auch solche von geringerer Dimension und einfacherer Ausstattung in den Schlössern der Renaissanceperiode vor.

Seit dem XVII. Jahrhundert schränkte man endlich, veranlaßt durch die Stilrichtung der Zeit, die großen Dimensionen der Kamine ein und setzte an Stelle des Hausteines ein eleganteres Material, den Marmor, der auch heutigen Tages mit Vorliebe zu Kaminein-fassungen verwandt wird.

Der Schornstein des Kamines bildet, entweder in runder oder oblonger Grundform, die Fortsetzung des Kaminmantels. Sollten mehrere übereinanderliegende Zimmer durch Kamine geheizt werden, so stellte man auch die Heizkörper vertikal übereinander (Fig. 36) und gab jedem derselben sein eigenes Schornsteinrohr (Fig. 36a). Die trennenden Wangen wurden von Backstein 15 bis 20 cm stark hergestellt. Zum Schutz des schwachen Mauerwerkes gegen die Wirkung des Feuers wurde an der Rückwand der Kaminöffnung eine viereckige, gußeiserne Platte, welche nicht selten dekorative Reliefs erhielt, vorgesetzt und bündig im Mauerwerk befestigt. Fig. 37 zeigt die über Dach tretende Endigung eines „aus drei Rauchröhren bestehenden" Schornsteinkastens.

Fig. 37.



Im allgemeinen sind alle diese Schornsteine von übermäßiger Größe: die Luftabführung ist daher eine sehr bedeutende und der Strom kalter Luft, welcher von außen her durch die Saugwirkung des Schornsteines nach dem Kamin gezogen wird, kühlt das Zimmer dergestalt ab, daß nur ein sehr geringer Teil der produzierten Wärme für das Zimmer nutzbar gemacht werden kann. Dabei wird der vor dem Kamin Sitzende durch unerträglichen Zug belästigt. Ferner ist — wegen des großen Kamindurchmessers — die Geschwindigkeit der Gase im Rauchkanal eine so geringe, daß bei Windstößen leicht doppelte Luftströmungen entstehen, wobei die kalte Luft auf einer Seite des Rohres hinab, der Rauch auf der anderen hinaufsteigt. Da nun beide Ströme nicht getrennt sind, wird der absteigende Strom leicht eine Quantität Rauch mit in das Zimmer stoßen.

Man hatte daher schon im vorigen Jahrhundert die großen Dimensionen der Kamine und Schornsteine verlassen.

1) Violet le Duc, Diction. de l'arch. Tome III, p. 203.
2) César Daly, Motifs historiques. Décor. intérieures.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

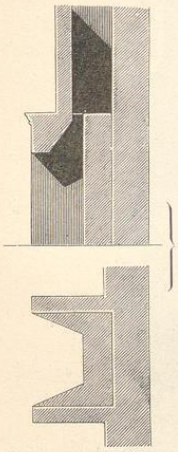
§ 24.

Verbesserte Kamine.

Der erste Physiker, der sich mit Verbesserung der Kamine und mit Ermittelung des Wärmeeffektes der Brennmaterialien beschäftigte, war der Graf Rumford. Er verringerte die Tiefe des Kamines, schrägte dessen Seitenwandungen ab und verringerte gleichzeitig die Abzugsöffnung für den Rauch bis auf das Maß von 0,15 m. Die Vorteile solcher Konstruktion liegen auf der Hand:

1) Infolge der ins Zimmer vorgerückten Feuerstätte und der abgeschrägten Wandungen dringt eine größere Menge Wärme in den zu heizenden Raum.

Fig. 38.



2) Wird der Zug im Schornstein durch die Verengung des Rauchkanales vermehrt, ein kräftiger Luftwechsel befördert und somit die Verbrennung eine lebhaftere.

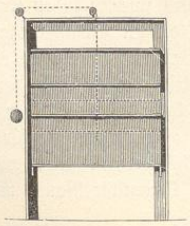
3) Die Temperatur des Rauches ist eine höhere, weil weniger unverbrannte Luft entweichen kann.

4) Doppelte Strömungen im Schornstein kommen nicht vor, da die Öffnung für den Abzug des Rauches verengt ist.

Diese Kamine sind bekannt unter dem Namen der Rumford'schen Kamine (Fig. 38).

L'Homond fügte der Disposition von Rumford eine, in Falzrahmen bewegliche, dreiteilige eiserne Platte mit Gegengewicht hinzu, wodurch der Luftzug nach Belieben geregelt werden konnte. Es läßt sich auf diese Weise fast der ganze Luftstrom dicht über das Brennmaterial hinleiten und dadurch der Effekt steigern. Der Kamin von L'Homond (Fig. 39) ist in Paris auch heute noch in Gebrauch.

Fig. 39.



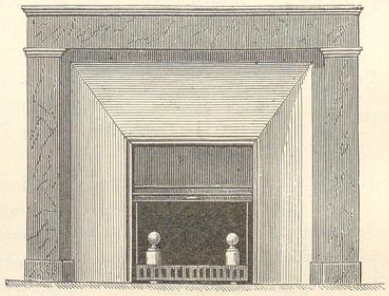
Den Betrag an strahlender Wärme, der durch gute Kamine erzielt werden kann, hat Péclet durch Versuche festgestellt: hiernach gelangen durch die Öffnung eines gut eingerichteten Kamines nur 25 Proz. der gesamten durch Strahlung entwickelten Wärme in das Zimmer. Da nun der Strahlungs-Koeffizient für Holz 0,25 beträgt, so ist die im Zimmer nutzbar gemachte Wärme bei Holzfeuerung = 0,06. Ebenso folgt, wenn das Strahlungsvermögen der Steinkohlen = 0,50, und der Coaks = 0,55, daß die im Zimmer thatsächlich nutzbar gemachte strahlende Wärme

bei Steinkohlenheizung = 0,12
„ Coaksheizung = 0,14

} der aus dem Brennmaterial gewonnenen Wärme beträgt.

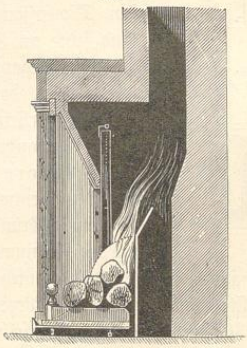
In betreff des Schornsteinquerschnittes kam Péclet nach Versuchen an Kaminen verschiedener Konstruktionen zu dem Ergebnis: daß in bedeckten Herden das Volumen der zugeführten Luft mindestens 100 cbm pro Kilogramm Holz beträgt und daß eine Schornsteinöffnung von 0,20 bis 0,25 m Seitenabmessung fast immer ausreichend für Kaminschornsteine ist.

Fig. 40.



Kamin von Bronsac. Dieser Konstrukteur setzte in den Kamin von L'Homond einen auf vier Rollen beweglichen Feuerherd (Fig. 40 u. 41), der beim Anzünden in

Fig. 41.

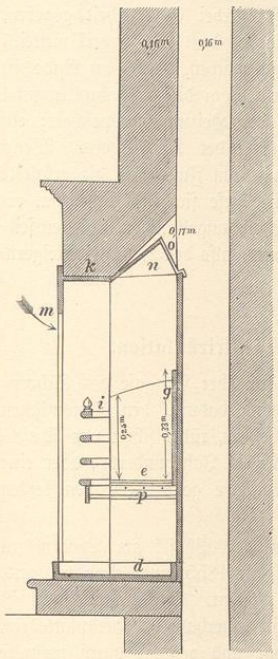


den Fond des Kamines gerückt wird. Nach erfolgtem Anbrennen schiebt man den beweglichen Herd so weit ins Zimmer vor, als ohne Rauchentwickelung statthaft ist, und

es läßt sich dadurch der Nutzeffekt des Kamines bis zu 20 Proz., d. h. bis zum doppelten der gewöhnlichen L'Homond'schen Kamine steigern.

Bei den neueren Kaminkonstruktionen hat man fast durchgängig Brennmaterialien mit einem hohen Strahlungsvermögen ins Auge gefaßt, also namentlich Steinkohle, Anthracit und Coaks. Hierbei muß der Brennstoff auf einem Rost verbrannt werden, um der Luft auch von unten her Zutritt zu den glühenden Schichten zu gestatten.

Fig. 42.



Der in Fig. 42 bis 45 dargestellte russische Wandkamin für Holz- und Kohlenfeuerung[1]) hat sich bei einfacher Anordnung gut bewährt. Der Rost ist hoch gelegt, damit die am Fußboden hinströmende Zimmerluft bequem unter denselben treten kann. Dadurch wird die Kaminöffnung angemessen erhöht und ein größerer Strahlungskegelgeschaffen, ohne daß das Zurückschlagen des Rauches zu gewärtigen ist. Das Rauchrohr dieses Kamines ist als russisches Rohr von $^{15}/_{16}$ cm Seitenabmessung bis zum Souterrain hinabgeführt, dort mit Schieber- oder Thürenverschluß versehen und kann also ohne Belästigung für die Zimmerbewohner gereinigt werden. Die Rückwand des Kamineinsatzes besteht aus Gußeisen; sie soll erhitzt zur Verstärkung des Zuges beitragen, weil sie direkt an das Schornsteinrohr gesetzt ist und in diesem durch Luftverdünnung saugende Wirkung hervorbringt. Ein Vorteil der hier getroffenen Anordnung besteht darin, daß der Kaminvorsprung bis auf 25 cm reduziert werden kann, was in beengten Wohnräumen von Wert ist.

Auch Rahmen a und Seitenstücke b bestehen aus Gußeisen. Das horizontale Stück des Rahmens a liegt 10 cm tiefer als die horizontale Deckplatte k, wodurch das Zurückschlagen des Rauches ins Zimmer vermieden werden soll. An die gußeisernen Seitenteile ist die aus einem Stück gegossene Mauerbekleidung c dichtschließend angesetzt; unterhalb steht sie auf dem Herdpflaster auf, oberhalb reicht sie bis unter die Deckplatte k. Das Mauerwerk ist hier schräg ansteigend und seitwärts durch Überkragung nach dem Schornsteinrohre hingeführt, so daß sich eine Öffnung für den Rauchabzug von der Breite des Schornsteines bildet. Die Verschlußklappe n von Blech ist in Scharnieren beweglich und durch eine gezahnte Stange leicht zur Zugregulierung einstellbar herzurichten oder ganz zu schließen, wenn die Stange nach außen gestoßen wird.[1]) Das Herdpflaster ist stufenähnlich über dem Zimmerboden erhöht; zur Aufnahme der Asche dient ein eiserner Schubkasten.

Fig. 43.

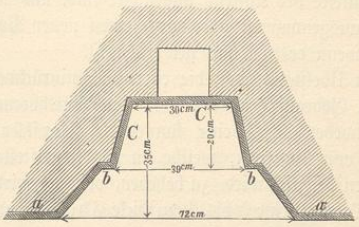


Fig. 44.

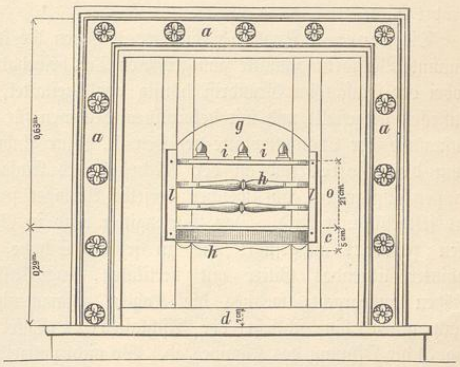
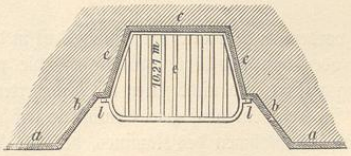


Fig. 45.



1) Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang VIII, Seite 95 und 96.

1) Die Berliner Bauordnung vom Jahre 1887 erklärt in § 17 jegliche Art von Verschlußvorrichtungen in den zur Ableitung der Feuergase bestimmten Kanälen bei bewohnten Räumen für unzulässig; dies gilt auch für obige Verschlußklappe.

Der Feuerkorb (zur Aufnahme des Brennmateriales) besteht aus einem 10 mm dicken gußeisernen Gestell g, welches mit Nieten an die Herdbekleidung befestigt ist. Die Vorderwand des Korbes bildet ein eisernes horizontales Stabwerk, dessen Seitenstücke e ebenfalls an die Mauerbekleidung c angeschraubt werden. Den Boden des Kastens bildet der Rost, aus einem Stück gegossen; er ruht mit seinem Rahmen auf Winkelschienen p (Fig. 42), welche an die Seitenteile des Kastens angenietet sind, und kann also leicht herausgenommen oder durch einen neuen Rost ersetzt werden, wenn er schadhaft geworden ist.

Den Übelstand, daß die eiserne Kaminrückwand nach längerem Gebrauche an der Feuerstelle durchbrennt, sucht man entweder durch eine kannelierte Verstärkungsplatte von Gußeisen, welche an der Feuerstelle mittels Schrauben befestigt wird, zu beheben, oder es wird, wie in Fig. 5, Tafel 5, eine 5 bis 6 cm dicke Chamotteplatte v eingesetzt. Diese Platten lassen sich erneuern, ohne daß der eiserne Einsatz und die Mauerbekleidung des Kamines berührt wird.

Die neueren Kamingarnituren haben die letztgenannte Verstärkungsplatte zum größeren Teil beibehalten, wobei der Einsatz im Grundriß häufig oval gestaltet, in Gußeisen hergestellt und mit dekorativem Rahmen für die Aufnahme der Chamotteplatte versehen ist. Zur Anbringung des Rostes sind an der Rückwand des Einsatzes Lappen angegossen, auf welchen derselbe Auflager findet und festgeschraubt wird. Das Vorsetzgitter wird in Gußeisen poliert ausgeführt und zu seinem Schutze ein dahinter liegendes Gitter mit vertikalen, enggestellten Stäben angebracht, welches die Kohlen zusammenhält. Nach unten hin schließt der Aschkasten z (Tafel 5, Fig. 3) die Öffnung des Kamines ab. Wo nicht polizeiliche Bestimmungen dies hindern, kann der Einsatz durch eine stellbare Klappe gegen den Schornstein abgeschlossen werden.

Die vordere Stirnplatte des Einsatzes ist in der Regel scheitrecht oder halbkreisförmig geschlossen, die profilierte Gliederung poliert und nicht selten mit bronzierten Stäben dekoriert; sie greift ein oder zwei Centimeter tief hinter den architektonischen Rahmen des Kamines, der aus Marmor- oder Majolikaplatten zusammengestellt und vollkommen hintermauert wird, ein.

Um beim Entzünden des Feuers den Zug regeln und nach erfolgtem Heizen die geschwärzten Wände des Kamineinsatzes verdecken zu können, wird eine polierte, leicht gewölbte Platte von Gußeisen, der sogenannte „Vorhang“ a, an einem oder zwei Stiften des profilierten Rahmens der Öffnung eingehangen; hierdurch gewinnt die Anordnung wesentlich an Eleganz. Zum bequemen Gebrauch ist der Vorhang mit einem Handgriff versehen, dessen Endigung aus poliertem Holz besteht oder der Handgriff ist abnehmbar, besteht aus Eisen und wird hebelähnlich in eine Vertiefung des Vorhanges eingeführt.

Anmerkung. Die lichte Weite derartiger Kamineinsätze schwankt zwischen 60 und 85 cm in der Breite und 70 und 90 cm in der Höhe. Preis einer kompletten Garnitur je nach Größe, Eleganz und Art der Ausstattung 105—215 Mark. Eine noch größere Preisverschiedenheit findet für den marmornen Mantel der Kamine statt, da hier Reinheit des Materiales und Reichtum der Skulptur von hohem Einfluß sind.

Die Fig. 5 bis 8 auf Tafel 6 stellen einen Eckkamin dar, wie er mit Vorteil in dem Winkel eines Zimmers Aufstellung findet. Es ist hierbei Gelegenheit gegeben, einen Teil der Wärme, die sich dem Mauerwerk mitteilt, für das Zimmer nutzbar zu machen. Zu dem Ende ist der eiserne Einsatz mit einem 6 cm dicken Chamottemantel umgeben, der die Wärme der Heizung aufspeichert; ein Kanal g dient zur Isolierung des Heizkörpers. Wenn dann durch die Öffnungen h am Fußboden die erkaltete Zimmerluft eintritt, so wird diese sich in dem Kanal erwärmen und durch die oberhalb angebrachten Rosetten seitlich in das Zimmer einströmen, also den Heizeffekt steigern.

§ 25.

Kamine mit Luftcirkulation.

Der Gedanke, die Wärme der Heizgase des Schornsteines nutzbar zu machen und dadurch den ökonomischen Fehler der Kamine zu verbessern, rührt schon von Desaguliers her (Mitte des XVIII. Jahrhunderts), aber eine befriedigende Lösung der Aufgabe gehört erst den letzten Decennien an.

1) Leras, Professor der Physik am Lyceum zu Alencon, stellte um das Jahr 1855 einen Apparat aus, welcher der Lösung näher kommt. Der Kamineinsatz ist doppelt; die Zimmerluft tritt unterhalb der Herdplatte ein, steigt hinter derselben empor und gelangt durch mehrere seitlich angebrachte Öffnungen erwärmt in das Zimmer zurück. Die Seitenwände bestanden aus poliertem Kupfer, um die Strahlung zu vermehren.

2) In Norddeutschland wurden „Kamine mit doppeltem Feuerkasten“ (vergl. Tafel 7, Fig. 1 bis 3) vor 20 Jahren von C. Geiseler in Berlin konstruiert. Die hintere Wand der Wärmekammer wurde so geformt, daß sie im Abstande von 6 bis 7 cm den Kamineinsatz dicht umschließt. Die Verschraubung beider erfolgte durch angegossene Flansche mit ovalen Bolzenlöchern oder durch einzelne korrespondierende Ansätze nach Art von Fig. 1. Unter dem Aschenkasten tritt durch ein besonderes Luftgitter (Grille) die Zimmerluft in den Heizkasten ein. Die Kaminrückwand ist mit kannelurähnlichen Rippen versehen und die durch Strahlung und Leitung erhitzte Luft strömt durch zwei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

seitliche Rohre in einen horizontalen Kanal und sodann durch verstellbare Rosetten ins Zimmer. Nutzeffekt gleich 20 bis 25 Proz. der produzierten Wärme.

3) Andere Konstrukteure ließen die Feuergase, ein System vertikaler Rohre, die von einem gußeisernen Kasten aufsteigen und in einen ebensolchen münden, umspülen. Wird dann von innen oder außen in den unteren Kasten Luft eingeführt, so strömt dieselbe in den Röhren empor, erwärmt sich und tritt durch die Stirnenden des oberen Kastens in das Zimmer zurück, wobei sich der Nutzeffekt bis auf 25 Proz. der Gesamtwärmeabgabe des Heizmateriales steigern läßt.

Ein derartiger Apparat wurde früher von E. Wille in Berlin fabriziert. Derselbe ist auf Tafel 7, Fig. 4 bis 6 dargestellt.

4) Vorteilhafter ist die in Fig. 46 u. 47 dargestellte Kaminkonstruktion. Der Brennstoff (Holz, Braunkohle oder leicht brennbare Steinkohle) wird in dem eisernen Korbe A

Fig. 46.

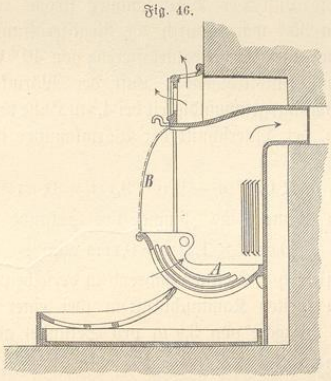
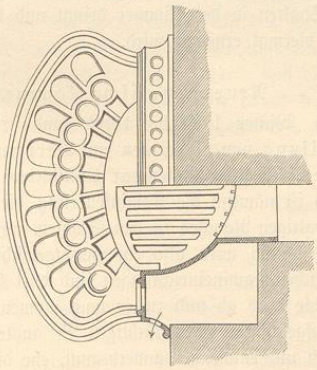


Fig. 47.



verbrannt; hierbei muß die Verbrennungsluft die Spalten des Korbrostes passieren und der Raum zwischen dem Korbe und der Kamindecke wird durch das abnehmbare Metallsieb B geschlossen, mithin der übermäßige Luftzutritt beschränkt. Ein Teil der bei der Verbrennung freigewordenen Wärme kann nun an die gußeisernen Begrenzungsflächen des Kamineinsatzes abgegeben werden.

Der Korbrost A und das siebähnliche Geflecht B hindern also die übermäßige Ausstrahlung und die Wärmemenge, welche sonst in das Zimmer gelangen würde, wird verringert; andererseits erhöht sich dadurch die Temperatur von A und B. Zum größeren Teile wird dann die so aufgenommene Wärme an die die Spalten des Siebes durchströmende Luft abgegeben und dadurch jedenfalls die Abkühlung des Feuers, welche bei den gewöhnlichen Kaminen oft unangenehm empfunden wird, vermindert. Der Vorteil des Kamines liegt also im wesentlichen darin, daß die Verbrennungsluft schon mit einer höheren Temperatur an den Brennstoff herantritt und dadurch die Einleitung einer regelrechten Verbindung des Sauerstoffes mit demselben ermöglicht. Im übrigen findet auch Luftcirkulation statt, da die zwischen der eisernen Rückwand und der massiven Mauer verbleibende Luftkammer zur direkten Erwärmung der — durch seitliche Öffnungen einströmenden und am Oberteil austretenden — Zimmerluft hergerichtet ist.

Kamine mit Ventilation.

In den älteren englischen Lazarethen ist vielfach der vom Ingenieurkapitän Douglas Galton konstruierte Kamin in Gebrauch. Derselbe verbindet mit der Heizung ausreichende Ventilation, ohne die oben gerügten Übelstände gewöhnlicher cheminées zu zeigen. Wir geben diese Anlage nach den vom General Morin im Manuel du chauffage et de la ventilation veröffentlichten Zeichnungen. Der offene Feuerherd (Fig. 48 u. 49) ist für Steinkohlenfeuerung eingerichtet und mit Chamotte ausgefuttert; er geht in ein gußeisernes Rauchrohr über, welches bis zur Höhe der

Fig. 48.

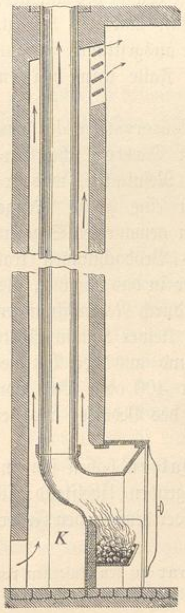
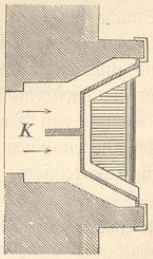


Fig. 49.

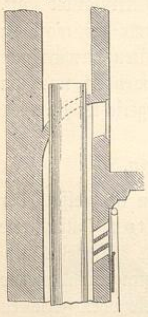


Decke aufsteigt und die Erwärmung der quadratisch geformten Luftkammer K bewirken soll. Die Chamottesteine verhindern das Glühendwerden des Einsatzes an der stark exponierten Feuerstelle. Die Wärmekammer liegt hinter dem Feuerherd, kommuniziert mit der Außenluft und mündet dicht unter der Decke in das Zimmer ein.

Feuerherd und Rohr wirken luftverdünnend, also saugend auf die äußere Luft: diese tritt demnach in die Kammer, erwärmt sich und strömt durch ein verstellbares Register in das Zimmer ein, wobei sie gezwungen wird, eine Strecke an der Decke hinzustreichen und sich mit der Zimmerluft zu mischen.

Mittels der beweglichen Verschlußvorrichtung kann der Eintritt erwärmter Luft in das Zimmer nach Bedürfnis verstärkt oder ganz abgestellt, ja die Wärme sogar in dem darüberliegenden Geschoß nutzbar gemacht werden (Fig. 50).

Fig. 50.



Die Wärmeerzeugung dieser Kamine soll den Effekt bis zu 35 Proz. der durch den Brennstoff entwickelten Wärmemenge steigern (Morin). Ein Vergleich mit den Kaminen nach dem Prinzip von Fondet macht dies leicht erklärlich: denn wenn die Luft in Röhren strömt, welche von erhitztem Rauch umgeben sind, so ist nur die innere Oberfläche der Röhren Heizfläche. Wenn dagegen der Rauch durch die Röhre abzieht, so absorbieren auch die Wände des Kanales, indem sich die Luft aufwärts bewegt, die von der Röhre ausgestrahlte Wärme und der Luftstrom wird in diesem Falle von beiden Seiten erwärmt.

Die vom General Morin im Conservatoire des arts et métiers angestellten Versuche mit Dalton'schen Kaminen führten zu sehr befriedigenden Resultaten, was erklärlich, da den Verbrennungsgasen eine große Menge Wärme entzogen wird, ehe sie in den gemauerten Schornstein entweichen.[1]) Nach Morins Beobachtungen trat fast ebensoviel Luft durch die Register in das Zimmer, als durch die Kaminöffnung entwich und durch Nebenöffnungen drang fast gar keine Luft ein. Ein kleiner Kamin führte in der Stunde 500 cbm Luft ab und aus der Wärmekammer strömten in derselben Zeit 400 cbm Luft von 30° C. ins Zimmer, so daß nur $^1/_5$ des Bedarfes aus der Atmosphäre nachgeströmt ist.

Die Kamine von Douglas Galton haben für unsere Gewohnheiten einen schwerwiegenden Übelstand: sie lassen sich nicht reinigen, ohne daß der Ruß in den Feuerkorb hinabgestoßen wird. In Frankreich und England ist man daran gewöhnt und sucht durch dichtschließende Kaminvorsetzer das Zimmer gegen Eindringen der Rußteile zu schützen. Derartige Übelstände können aber ganz umgangen werden, wenn man das eiserne Rauchrohr ohne Unterbrechung bis zum Fußboden der Etage hinabführt und direkt in das zum Keller hinabführende russische Rauchrohr einleitet, das hier in üblicher Art mit Schieberverschluß versehen ist und ohne Belästigung für die Zimmerbewohner gereinigt werden kann.

Eine solche Anordnung zeigt Tafel 6, Fig. 1 bis 4.

Das mittlere Rohrstück ist mit einem Stutzen versehen, gegen welchen die rohrförmig zusammengezogene Kaminmündung verschraubt wird. Diese Apparate sind nach Angaben des Verfassers von der Firma Geiseler (Förster & Runge) in Berlin ausgeführt worden und genügen die in Fig. 1 bis 4 angegebenen Abmessungen zur Erwärmung eines Zimmers von 110—120 cbm Rauminhalt. Die Luft der Wärmkammer strömt erfahrungsmäßig circa 35° warm durch die Registeröffnung in das Zimmer; bei einer Temperaturdifferenz von 40° C. zwischen der ein- und ausströmenden Luft der Wärmkammer ist die Ausströmungsgeschwindigkeit bei 4,5 m Höhe pro Sekunde = 1,445 m, der Querschnitt der Wärmkammer ist im vorliegenden Falle =

$$0{,}33 \text{ m} \times 0{,}33 \text{ m} - 0{,}10^2 . 3{,}141 = 0{,}0775 \text{ qm},$$

es strömen demnach ins Zimmer pro Sekunde

$$0{,}0775 \times 1{,}445 = 0{,}1119 \text{ cbm}$$

oder stündlich 402 cbm, während in derselben Zeit durch den 20 cm weiten Kaminschornstein (bei einer Geschwindigkeit der Heizgase von 3,9 m pro Sekunde) abziehen:

$$0{,}0314 \times 3{,}9 \times 3600 = 447 \text{ cbm Zimmerluft},$$

so daß nur $^1/_9$ des ausgetauschten Luftvolumens durch zufällige Spalten in das Zimmer dringt und die Luft in der Stunde viermal erneuert wird.

Neuere englische Kamine.

Im Winter 1881 bis 1882 fand in London eine Ausstellung von Apparaten zur Verminderung des Rauches (Smoke Abatement Exhibition) statt. — In England ist nämlich die Kaminfeuerung die Hauptursache des gewaltigen Rauches in den Städten, auf Verbesserung dieser Feuerung wird also ein Hauptgewicht gelegt. Die gewöhnlichen Kamineinrichtungen sind dort höchst primitiv. Die Kohle wird ab und zu, je nach momentanem Bedürfnisse, aufgeschüttet, ihre flüchtigen Bestandteile destillieren zuerst ab und entweichen unverbrannt, ehe die übrigen Bestandteile der Brenngase zur Verbrennung gelangen. So wird die Heizkraft der Kohle vergeudet und nach jedesmaligem Aufwerfen von Brennstoff entsteht eine mächtige

1) Untersuchungen von de Chaumant in den Kasernen von Chelsea lieferten freilich ungünstigere Ergebnisse. Der Verf.

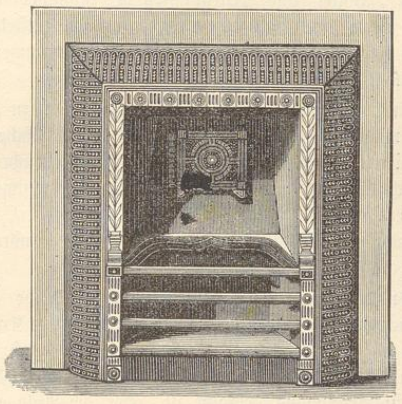
Rauchentwickelung, welche je nach der Quantität der aufgeworfenen Kohle 5 bis 10 Minuten anhält.

Diesem Übelstande hat man versucht durch verschiedene, auf der Ausstellung in Betrieb gewesene Einrichtungen nach Möglichkeit abzuhelfen, und zwar:

a) Durch „Nachfüllen der Kohle von unten", ein Arrangement, daß ebenso vorzüglich ist in Bezug auf gleichmäßiges Feuer und Kohlenersparnis, als auf Rauchverzehrung.

Bemerkenswert war hier insbesondere der patentierte Apparat unter den Namen „Ulster" von Musgrave & Co. in Belfast (Fig. 51). Hinter der Kaminrückwand ist eine

Fig. 51.



Kammer zur Aufnahme des frischen Brennmateriales angebracht. Dieselbe ist oben mit einer gutschließenden Thür versehen, durch welche die Kohlen eingefüllt werden. Der Boden des so geschaffenen Brennstoffmagazines liegt in gleicher Höhe mit dem horizontalen Rost des Kamines.

Beim Gebrauch ist die Kammer zunächst mit frischen Kohlen zu füllen, auch der Herd derart, daß die untere Öffnung in der Rückwand vollkommen damit bedeckt ist. Nun entzündet man das Feuer in gewöhnlicher Art. Ist dasselbe genügend in Glut, so wird das in der Kammer befindliche Brennmaterial abdestillieren und die sich entwickelnden Gase müssen durch die untere Öffnung entweichen, da ein anderer Ausweg nicht vorhanden ist.

Vor dieser Öffnung befinden sich aber glühende Kohlenschichten, welche die Gase passieren müssen und damit ist deren vollständige Verbrennung gesichert. — Das Brennmaterial aber, das aus der Kammer auf den Herd kommt, hat fast keine rauchbildenden Bestandteile mehr und brennt leicht an, da es vorgewärmt ist. Das Nachrutschen des Brennmateriales aus der Kammer auf den Kaminherd (Rost) kann durch Schüreisen unterstützt werden. An der Vorderseite der Kaminöffnung ist ein durchbrochener Schieber angebracht, der auf und nieder bewegt werden kann, um eine Zugregulierung zu ermöglichen.

Das Feuer ist übrigens leicht regulierbar, da die Kohle schon vorgewärmt auf den Rost kommt und von gutem Aussehen. Das Brennmaterial kann für 24 Stunden aufgegeben werden und wird dadurch an Bedienung gespart. Um das Anhaften der Kohlen im Schacht zu verhindern, ist nur magere Kohle zu verwenden, fette Kohle würde backen und sich an den Wänden aufhängen. Bei einem anderen Apparat unter dem Namen „Engerts Patent" wurde das Nachschieben der Kohle durch mechanische Mittel bewirkt.

b) Der frische Brennstoff wird von der Seite zugeführt. Hierher gehört der Kamin von Martin & Co. in London.

c) Bei dem „Kensington"-Kamin müssen die Verbrennungsprodukte durch das glühende Brennmaterial abwärts nach dem Rauchfang ziehen.

d) Die Kaminfeuerung „mit Drehrost" auf horizontaler Achse ist für die allgemeine Anwendung leider nicht geeignet, wenn sie auch in ihrer Wirkung lobenswert erscheint.

§ 26.

Freistehende eiserne Kamine mit durchbrochenem Mantel.

Diese in England mehr als auf dem Kontinent verbreiteten Kamine eignen sich auch für das norddeutsche Klima.

Was sie besonders für den Gebrauch empfiehlt, dürfte sich in folgenden Sätzen zusammenfassen lassen:

1) die geringen Dimensionen derselben (96 cm größte Länge bei 44 cm Tiefe) machen sie leicht plazierbar;
2) das mäßige Gewicht bildet eine nur unbedeutende Belastung der Etagendecken;
3) die Aufstellung erfolgt leicht und schnell, ohne irgend welche Ausfutterung, lediglich durch Verschraubung der Eisenplatten;
4) die Wirkung tritt bald und sicher, schon nach kurzer Heizdauer ein;
5) sie sind bequem zu translozieren resp. für die Sommersaison ganz zu entfernen;
6) ihr Preis ist ein mäßiger und schwankt je nach Form und Ausstattung von 180 bis 250 Mark.

In Fig. 52 ist ein derartiger freistehender Kamin in perspektivischer Ansicht dargestellt. Der im Grundriß ovale Feuerkasten besteht aus Gußeisen und hat eine lichte Höhe von 35 cm bei 23 cm Tiefe; er zieht sich nach dem Rost hin schüsselförmig zusammen. Letzterer liegt etwas hoch,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

damit ein ergiebiger Luftstrom unter denselben zugeführt werde. Ein Aschenkasten ist auf schmiedeeisernen Leisten verschieblich angebracht und kann zum Zweck der Entleerung ganz herausgenommen werden. Der Abzug des Rauches erfolgt in üblicher Art durch die in der Decke des Feuerkastens austretende kreisrunde Öffnung, an welche sich ein 13 bis 15 cm weites gußeisernes Rohr anschließt, das an der Rückseite kaum bemerkbar in den Schornstein einmündet.

Fig. 52.

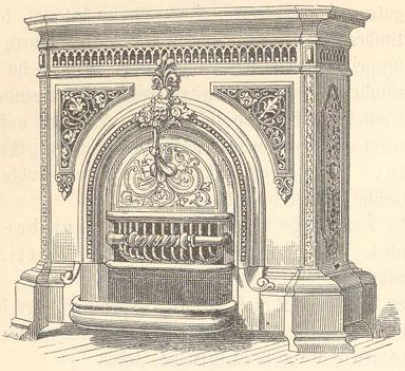
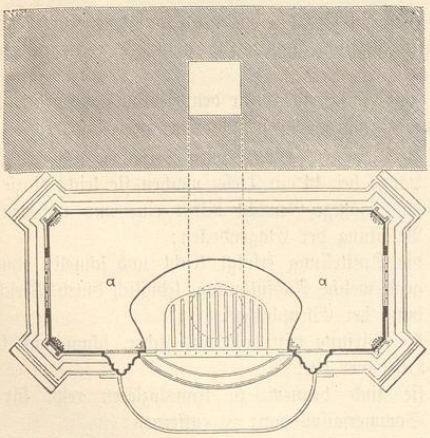


Fig. 53.



Die mit reichem profilierten Rahmen umgebene Kaminöffnung wird nach vorn durch ein poliertes Doppelgitter und ornamentierten Vorhang mit Handgriff abgeschlossen. Hierbei ruht der Vorhang auf dem oberen Stabe des Gitters fest auf, und ist die Einrichtung des Feuerkastens in nichts verschieden von den Kamingarnituren, welche im Vorhergehenden besprochen wurden. Die eiserne Vorderplatte setzt sich jedoch im vorliegenden Falle nicht hinter einen Mantel von Marmor oder gebranntem Thon falzähnlich ein, sondern sie bildet in ihrer rechtwinkeligen Fortsetzung von Gußeisen den Mantel, der den Feuerkasten umschließt und dem Auge entzieht.

Damit die am Fußboden stagnierende, kalte Luft in die so entstehende Wärmekammer a a bequem eintreten könne, ist der Kamin auf Füße von Gußeisen gestellt. Der Austritt der erwärmten Luft findet statt durch Öffnungen im Friese, den Seitenflächen und den Zwickelverzierungen. Die obere Deckplatte des Heizkamines besteht aus Marmor, die Rückwand wird durch eine Blechplatte hergestellt. Die Vorder-, Hinter- und Seitenplatten des Kamines werden in den Ecken durch Laschen verbunden und die entstehenden Fugen nach Fig. 53 durch aufgeschraubte, ornamentierte Lisenen gedeckt.

Um den Mantel marmorähnlich erscheinen zu lassen, pflegt man die drei zur Ansicht kommenden Flächen erst zu polieren und darauf eine schwarze Farbe einzubrennen, wodurch die Täuschung erhöht wird. Die Gliederungen des Rahmens und der Zwickel sind stahlglänzend poliert, selbstverständlich auch Gitter und Vorhang: der Eindruck ist daher ein gediegener.

In der Anwendung eignen sich freistehende eiserne Kamine besonders gut für Räume, welche durch das Kaminfeuer allein erwärmt werden sollen, ohne daß damit, wie in Norddeutschland gewöhnlich, ein Kachelofen (Kaminofen) in Verbindung gebracht ist, oder die Anlage einer Luft- resp. Wasserheizung noch nebenher erforderlich würde. Denn der Feuerkörper wirkt hier fast so kräftig wie ein eiserner Ofen, nur mildert der umschließende Mantel die unangenehme Wirkung der strahlenden Wärme, welche heiße Eisenflächen aussenden, indem er auch als Cirkulationsapparat wirkt.

Es leuchtet ein, daß man im stande ist, durch einen unter dem Fußboden ausgesparten Kanal frische Luft von außen her in den Zwischenraum zwischen Feuerkasten und Mantel einzuführen und dadurch den Kamin nach Wunsch auch zur Erzielung einer Zimmerventilation zu benutzen. Jedenfalls muß es möglich sein, durch Anbringung einer Drosselklappe den Zutritt atmosphärischer Luft nach Erfordern zu regeln, eventuell ganz abzustellen, wenn der Stand der äußeren Temperatur solches bedingt.

Die Dimensionen des nebenstehend dargestellten Kamines sind folgende:

ganze Länge der Vorderplatte 0,84 m,
„ „ „ Seitenteile 0,385 m,
Höhe inkl. Marmorplatte 0,94 m,
Abstand der Wandungen vom Fußboden 0,06 m.

Bei mittlerer Winterkälte wird ein großes Zimmer bei 4- bis 6stündiger Intermittenz ausreichend durch denselben erwärmt.

Resumé. Die Kamine, welche in Vorstehendem besprochen worden sind, lassen sich in zwei Arten einteilen:

in gewöhnliche und
in verbesserte Kamine.

Bei den gewöhnlichen Kaminen soll lediglich die strahlende Wärme im Zimmer Verwertung finden. Diese Heizmethode ist angenehm, aber teuer und reicht nur für ein mildes Klima aus, weil der Nutzeffekt höchstens 14 Proz. der gesamten aus dem Brennmaterial entwickelten Wärmemenge beträgt. Hierher gehören u. a. die Systeme von Rumford, L'Homond, Bronsac und die auf Tafel 5 dargestellten Kaminanlagen.

Bei der zweiten Art hat man versucht, aus der in den Verbrennungsprodukten enthaltenen Wärme Nutzen zu ziehen und zu dem Ende eine mehr oder weniger komplizierte Kalorifère hinzugefügt. Die letzteren sind nach zwei Richtungen hier besprochen worden, nämlich als:

1) Kamine mit Luftcirkulation (System Leras, Fondet, Geiseler u. s. w.),
2) als Ventilationskamine (System Douglas).

Das Rauchen der Kamine wird in allen Fällen durch fehlerhafte Anlage des Heizkörpers oder des Schornsteines hervorgerufen. Die Ursachen lassen sich zurückführen:

1) auf die Schwierigkeit, so viel Luft in das Zimmer zu schaffen, als durch den Schornstein entweicht;
2) auf falsche oder zu große Maße des Schornsteines;
3) auf zu geringe Temperatur der erhitzten Gase;
4) auf zu geringe Geschwindigkeit des Rauchabzuges;
5) auf gleichzeitiges Wirken mehrerer Kamine, welche in kommunizierenden Zimmern aufgestellt sind;
6) auf das Einleiten mehrerer Kamine in einen Schornstein oder das Zusammenziehen zweier Kaminschornsteine;
7) auf Einwirkung der Sonnenstrahlen auf den Schornstein oder die Einwirkung direkter, resp. reflektierter Windstöße.

Diese Schwierigkeit kann behoben werden:

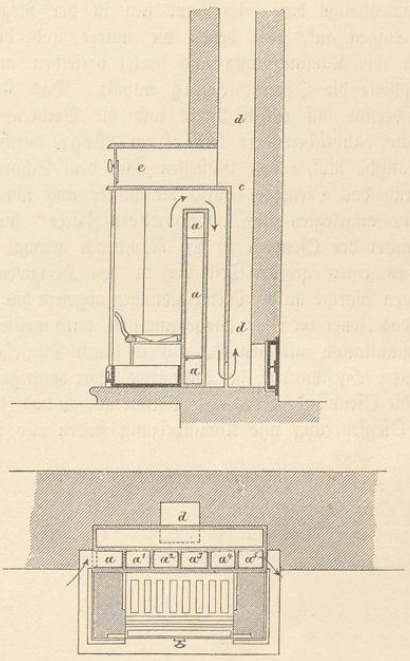
ad 1 bis 3) durch Aufstellung eines Ventilations- oder eines Kensington-Kamines, resp. eines der neueren Patentkamine von Musgrave u. a.;
ad 4) durch Erhöhung des Schornsteines oder Verengung der Ausflußöffnung;
ad 5) durch genügende Zuführung von Ventilationsluft;
ad 6) jeder Kamin muß seinen besonderen, bis über Dach geführten Schornstein erhalten;
ad 7) gegen das Rauchen der Kamine leisten auch Schornsteinaufsätze gute Dienste.

§ 27.

Kaminöfen (Cheminées-poêles).

Die Kaminheizung ist in England, Italien und Frankreich sehr verbreitet und auch bei uns beliebt wegen der Annehmlichkeit, die der Anblick der Flamme gewährt; wegen ihrer ökonomischen Nachteile aber pflegt sie in Gegenden, wo die Temperatur während des Winters erheblich sinkt, kaum zur Erzeugung einer angenehmen Zimmerwärme (von 15 bis 18° C.) auszureichen. Schon in Holland stellt man neben dem Kamin einen kleinen eisernen Ofen auf.

Fig. 54 u. 55.



Um den ökonomischen Effekt der Kamine zu erhöhen, verwendet man

a) in Frankreich: eiserne Kaminöfen (Cheminées-poêles), sonst auch pennsylvanische Kamine genannt (Fig. 54 u. 55). Der offene Kaminherd ist mit Rost und Aschenfall versehen und steht mit einer Rauchleitung in Verbindung, welche durch Pfeile angedeutet ist. Bei c tritt der Rauch in die bis zum Fußboden hinabreichende Rauchröhre d d; der Ruß kann durch das Putzthürchen bei e gefegt und in den Schornstein hinabgestoßen werden.

Während also die Verbrennungsprodukte in auf- und absteigenden Zügen cirkulieren, umströmen sie ein aus

gußeisernen Platten zusammengesetztes Kanalsystem a, a^1, a^2, a^3 . . . . , welches mit dem Zimmerraume bei a und a^5 kommuniziert, derart, daß die Zimmerluft bei a kalt ein- und aus a^5 erwärmt ausströmt; der Raum e kann als Wärmeröhre benutzt werden und ist mit durchbrochener Thür versehen.

b) In Norddeutschland, wo seit alten Zeiten der Kachelofen als unentbehrliches Ausstattungsstück angesehen wird, sind zum Ersatz des Kachelofens seit einigen Decennien die „Kaminöfen“ (in Frankreich cheminées à la prussiennes genannt) in Gebrauch, welche das Angenehme des offenen Herdfeuers mit der Heizkraft des Ofens verbinden. Tafel 8 stellt einen derartigen Ofen im Zusammenhange dar. Er baut sich in der Regel in zwei Etagen auf, von denen die untere und breitere Fig. 1 die Kaminöffnung und hinter derselben an der Schmalseite die Ofenfeuerung enthält. Das Kaminfeuer brennt auf einem Roste und die Verbrennungsprodukte entweichen auf kürzestem Wege durch eine quadratische Röhre von Gußeisen nach dem Schornstein, während das Ofenfeuer durch die hinter und über dem Kamine angelegten fünf „stehenden Züge“ hindurch und unter der Ofendecke in das Rauchrohr gelangt, nachdem es einen großen Teil der in den Heizgasen enthaltenen Wärme an die Ofenwandungen abgesetzt hat. Sobald das Feuer im Ofen ausgebrannt ist, wird meistens die Kommunikation mit dem Schornstein durch Schließen der Klappe abgeschnitten; der Luftwechsel hört dann ganz auf und die Ofenwände geben ihre Wärme nur an das Zimmer ab. Ofenfeuerung und Kaminheizung stehen also in gar keinem Zusammenhange und können unabhängig von einander benutzt werden; wenn aber — wie in den meisten Fällen — nur ein gemeinschaftlicher Schornstein vorhanden ist, thut man gut, sie nacheinander zu benutzen. Sicherer ist die Anlage zweier russischen Rohre für einen Kaminofen, aber es findet dann bei Häusern von mehr als zwei Etagen Höhe die Schwierigkeit statt, daß selten Pfeiler zur Verfügung stehen, welche 6 bis 8 russische Rohre von 16 bis 20 cm Seite in sich aufnehmen können, ganz abgesehen von dem schwachen Punkte im Etagengebälk, der sich notwendig infolge der Auswechselung von zwei bis drei nebeneinanderliegenden Balken ergiebt.

Da in der Regel der Kamin nur bei milderer Witterung geheizt wird und an kalten Tagen der Ofen zur Benutzung kommt, so darf die Anlage eines Rohres für den Kaminofen ohne weiteres als ausreichend betrachtet werden.

Das Aufsetzen der Kaminöfen erfolgt auf eine, zwischen den Balken eingefalzte, 5 cm starke Bohlenausfutterung; darüber wird die gehobelte Zarge z genau in die Wage verlegt und auf dieser die Kachelstellung nach Maßen eingeteilt. Die Kacheln haben nur 21 cm Breite bei 23 cm Höhe; größere Architekturteile, wie Konsole, Bogenstücke, Architrave, Krönungsgesimse werden aus Formstücken oder auch als Monolithe hergestellt.

Die vier Grundrisse Fig. 5 bis 8 entsprechen den Horizontalschnitten bei A, B, C und D, die Zahlen 1 bis 5 in Fig. 8 entsprechen dagegen den Zügen, welche der Rauch nacheinander zu durchlaufen hat, ehe er in den Schornstein eintritt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fünftes Kapitel.

Heizung mit Zimmeröfen.

§ 28.

Allgemeine Prinzipien.

Zimmeröfen sind Apparate, bei welchen das Feuer nicht offen, sondern in einem fest umschlossenen Raume brennt. Die Umhüllung des Feuerraumes besteht entweder aus Metall oder aus gebranntem Thon und der Ofen wird in dem zu beheizenden Raume aufgestellt.

Ehe die Verbrennungsprodukte nach dem Schornsteine entweichen, läßt man sie gewöhnlich in besonderen Zügen cirkulieren, wodurch der größte Teil der Verbrennungswärme den Wandungen des Ofens zu gute kommt und durch diese an den umgebenden Raum übertragen wird, und zwar durch Strahlung und Leitung. Es ist nun einleuchtend, daß bei Öfen guter Konstruktion nur der Teil der Wärme verloren geht, welcher durch den Schornstein entweicht, und dieser Verlust beträgt (nach Morin) annähernd 15 Proz., so daß der Nutzeffekt sich auf 85 Proz. der entwickelten Wärme beziffert, wenn die Verbrennungsprodukte nicht allzu früh, d. h. nicht über 150° heiß in den Schornstein entlassen werden. Was demnach Ersparnis an Brennmaterial anlangt, so ist die Heizung mit Zimmeröfen derjenigen mit Kaminen bei weitem überlegen.

Von Einfluß auf den Brennmaterialverbrauch ist ferner die Luftmenge, welche während des Brennprozesses in den Ofen eintritt, weil der Wärmeverlust durch den Schornstein in geradem Verhältnisse zu dieser Luftmenge steht. Übermäßiger Luftzutritt, welcher — wie früher erwähnt — den Brennprozeß verlangsamt und die Heizgase abkühlt, läßt sich zwar jederzeit beheben — sei es durch zweckmäßigen Abschluß der Herdthür oder bei Rostfeuerung durch angemessene Konstruktion der Rostöffnung und der Aschenfallthür —, doch hängt der Heizeffekt nicht minder von richtiger Behandlung des Feuers ab. Wird nämlich der Ofen hinreichend mit Brennstoff beschickt und der Zug so geregelt, daß die Verbrennung lebhaft, schnell und mit hoher Temperatur vor sich geht, auch bei Abnahme des Materiales der Luftzutritt gemindert, so kann man die in den Herd tretende Luft auf das zulässige Minimum beschränken. Wird dagegen eine unzureichende Menge Brennmaterial in den Feuerraum gelegt, das nun langsam, also mit niedriger Temperatur verbrennt, so unterhält man das Feuer in unvorteilhafter Weise, denn das überschüssige Luftquantum stimmt die Temperatur des Brennraumes herab und der Wärmeverlust durch den Schornstein wird bedeutender als im ersten Falle.

Nachdem das Feuer endlich ausgebrannt ist, hat man den Ofen zu schließen, damit er nicht durch Ströme kalter Luft abgekühlt werde. Dies geschieht durch eine luftdicht schließende Thür, welche das Eintreten von Kohlendunst in das Zimmer verhütet.

In der Regel geschieht die Heizung der Öfen, und zwar mit Vorteil, von innen, d. h. von dem zu erwärmenden Zimmer aus, wobei das Feuer besser und unabhängig vom Dienstpersonal beaufsichtigt werden kann: es wird auch dem Feuer bereits erwärmte Luft zugeführt und gleichzeitig eine für das Wohlbefinden der Bewohner wünschenswerte Lufterneuerung hervorgebracht. Es dringt nämlich zum Ersatz der für den Brennprozeß erforderlichen Luft ein gleiches Quantum frischer Luft durch Thür- und Fensterfugen ein.

General Morin bezifferte das auf solche Weise evakuierte Luftquantum freilich sehr gering, indem er angiebt, daß zur Verbrennung von

1 kg	Holz	in Öfen nur		4 cbm	Luft
1 „	Kohle	„	„ „ 6 bis 7	„	„
1 „	Coaks	„	„ „ 12	„	„

verbraucht werden, woraus er weiter folgert, daß derartige Öfen zur Ventilation ungeeignet sind, weil — der Theorie nach — auf diesem Wege die vollständige Erneuerung der Luft eines Zimmers erst in zehn Stunden bewirkt werden könne.

Von wesentlichem Einfluß ist sodann das Material der Öfen. Gegenwärtig benutzt man hauptsächlich das Eisen und den gebrannten Thon als Ofenbaumaterial, und zwar das Eisen in der Gestalt von Gußeisen und Eisenblech, den gebrannten Thon als glasierte Kachel oder als Mauerziegel.

Die charakteristischen Unterschiede beider Materialien beruhen auf ihrem abweichenden Verhalten zur Wärme in Bezug auf Wärmekapazität. Alle für die Anwendung vorteilhaften oder nachteiligen Eigenschaften sind aus diesem Verhalten zu erklären.

So erwärmt sich das Eisen als guter Wärmeleiter sehr schnell, giebt aber die Wärme auch ebenso schnell an die Umgebung ab und beginnt sofort nach Aufhören des Brennprozesses zu erkalten.

Thon dagegen, der die Wärme langsam leitet, bedarf zur Aufnahme wie zur Abgabe derselben längere Zeit.

Bei eisernen Öfen fällt das Maximum der Wärmeabgabe nahezu mit der höchsten Intensität des Feuers zusammen, während bei Thonöfen das Maximum erst nach Erlöschen des Feuers eintritt und demgemäß die Erwärmung der Umgebung weit über die Dauer des Feuers hinausreicht.

Die Wärme der Thonöfen ist eine successiv sich steigernde, gleichmäßig andauernde: die eisernen Öfen erzeugen eine höchst ungleichmäßige, vorübergehende und daher unter Umständen unzuträgliche Temperatur. — Morin beobachtete am hunderstteiligen Thermometer in 0,5 m Abstand von einem eisernen Ofen 50°, in 2 m Abstand 36° bis 39° C.

Wichtig ist sodann die Thatsache, die St. Claire-Deville und Troost schon 1868 nachgewiesen haben: daß das Gußeisen im rotglühenden Zustande für Kohlenoxydgas durchlässig ist und daß die Luft in Berührung damit bis zu 0,0013 ihres Volumens von diesem Gase aufnimmt. Es wurde konstatiert, daß das Blut in der Nähe des Ofens durch Aufnahme von Kohlenoxydgas Veränderungen erleidet. Da nun die schädlichen Wirkungen nur eintreten, wenn das Eisen glüht, so empfiehlt sich als zweckmäßig eine Ausfutterung des Feuerraumes mit feuerfesten Steinen, wodurch die Überhitzung der Eisenteile vermieden, die Wärme aufgespeichert und eine gleichmäßigere Erwärmung des betreffenden Raumes erzeugt wird. Unausgefutterte Eisenöfen sollten nur für Korridore oder Flure zur Anwendung kommen.

Um jede Überhitzung der Heizflächen zu vermeiden, sollte man ferner dieselben groß nehmen und schwach erwärmen, denn mit Erhöhung der Temperatur steigert sich nicht allein die Fähigkeit der Luft zur Aufnahme von Wasserdampf, sondern auch die austrocknende Wirkung auf die Zimmermobilien.

Für gewöhnlich gleicht sich dies zwar aus durch den Wasserverlust der Wände und Möbel; für den Menschen aber ist der Aufenthalt in trockener Luft stets unangenehm,[1]) weil hierbei der Hautoberfläche viel Wasser entzogen wird und im Respirationstraktus das Gefühl der Trockenheit entsteht, wobei fremde Körper — namentlich Staubteile — stark reizend wirken. — Durch ein am Ofen angebrachtes Wasserreservoir, in Form einer Schale oder Vase, läßt sich der Feuchtigkeitsgehalt der Luft erhöhen, obwohl mäßige Erwärmung der Luft (bis 25°) den Wassergehalt derselben nicht erheblich verändert.

Nachteile, die aus der Natur des einen oder anderen Ofenmateriales resultieren, können durch zweckmäßige Form umgangen, insbesondere durch Kombination beider Materialien die Nachteile ganz beseitigt werden. Man futtert aus diesem Grunde den Feuerraum des Eisenofens mit Thon aus, um das schnelle Durchbrennen zu verhüten; andererseits stellt man oft den Feuerkasten des Thonofens aus Eisen her, um eine schnellere Wärmeabgabe an die Zimmerluft zu erzwingen.

Dem Material nach ergeben sich nun drei Gruppen von Öfen:

I. Eiserne Öfen,
II. Thönerne Öfen,
III. Gemischte Öfen;

sie sollen in den folgenden Paragraphen eingehend besprochen werden.

Der Konstruktion nach unterscheidet man:

Leitungsöfen und Massenöfen.

A. Die Leitungsöfen geben die entwickelte Wärme so schnell als möglich an die Zimmerluft ab. Repräsentanten dieser Gattung sind:

Die Kanonenöfen oder Säulenöfen, hohle gußeiserne Cylinder mit Heizthür und Blechrohr versehen, und

die Cirkulieröfen, von rechteckiger Form, welche sowohl in Eisen als in Thon konstruiert werden.

Die Übelstände der gewöhnlichen Säulenöfen führten zur Erfindung

der Füllöfen, welche für einen ganzen oder halben Tag Brennstoff fassen und in sehr vollkommener Art konstruiert werden; diese Öfen werden wohl auch Regulieröfen genannt.

B. Als Typen der Massenöfen sind die russischen und die schwedischen zu erwähnen. Sie haben 15 bis 16 cm dicke Wandungen von gebrannten Steinen, welche durch starke Trennwände noch mehr Körper erhalten. Innerhalb dieser starken Umhüllung befinden sich eine Anzahl vertikaler Kanäle zur Leitung für die Verbrennungsgase. Der Abschluß dieser Öfen findet durch hermetischen Verschluß statt.

Für dünnwandige Öfen empfiehlt sich die stetige Feuerung bei mäßig brennendem Feuer, für dickwandige Öfen die periodische Heizung; sie ist im Norden allgemein in Gebrauch.

Die Öfen mit eisernem Heizkasten (gemischte Öfen) verbinden die Vorteile beider.

§ 29.

Eiserne Öfen.

Das Eisen hat als guter Wärmeleiter die Eigenschaft, die Hitze schnell aufzunehmen. Da Ofenwände aus diesem Material nur eine geringe Stärke erhalten, so wird die im Feuerraum entwickelte Wärme leicht und schnell an die

1) Bei 50 bis 70 Proz. der Sättigung fühlt sich der Körper behaglich.

umgebende Zimmerluft übertragen. Infolge der bedeutenden Wärmestrahlung wird die Temperatur des Raumes sehr bald eine behagliche, aber nach dem Erlöschen des Feuers tritt freilich eine ebenso rasche Abkühlung des Ofens und somit des beheizten Raumes ein.

Da ferner Öfen aus Gußeisen bei richtiger Konstruktion auch dauerhaft sind und eine zierliche, ja selbst künstlerisch durchgebildete Form erhalten können, sind dieselben in vielen Gegenden so beliebt, daß es schwer hält, sie durch solche von anderem Material zu verdrängen. Auch läßt sich nicht leugnen, daß in Fällen, wo es sich um eine rasche, aber nur kurze Zeit dauernde Erwärmung handelt — wie in Schlaf- und Logierzimmern der Hotels —, sie sich schwer ersetzen lassen.

Wo dagegen, wie in Krankenzimmern, eine andauernde und gleichmäßige Erwärmung erforderlich ist, da sind Vorkehrungen angezeigt, welche das Ausstrahlen der Hitze mildern, sonst erfüllt die Ofenkonstruktion die Anforderungen nicht, welche man berechtigt ist an sie zu stellen, sie wird unpraktisch, ja unbrauchbar.

Kommt also bei jeder rationellen Ofenkonstruktion außer dem Brennstoff auch der Zweck, dem sie dienen soll, in erster Linie mit in Betracht, so ist hierdurch der Grund und die Berechtigung der vielen und verschiedenen Ofenkonstruktionen der Neuzeit angedeutet.

Indessen lassen sich doch gewisse allgemeine Bedingungen aufstellen, denen die Konstruktion gerecht werden muß, nämlich:

1) Der Ofen soll sparsam sein im Verbrauche des Brennstoffes;
2) von der erzeugten Wärme soll möglichst wenig durch den Schornstein verloren gehen;
3) die Zimmertemperatur soll sich möglichst lange auf einer gewissen Höhe erhalten und wenig Schwankungen zeigen;
4) mit der Heizung soll eine entsprechende Ventilation verbunden sein.

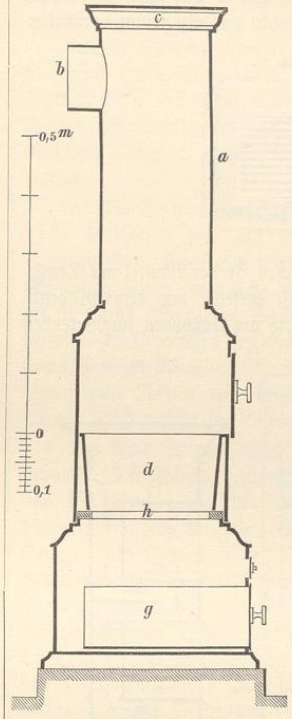
In der That zeigen die eisernen Öfen neuerer Konstruktion, daß man fortgesetzt bemüht ist, die Übelstände, welche aus dem Material entspringen, bis zu einem gewissen Grade zu beseitigen. Diese Versuche werden sich am leichtesten bei der Besprechung der einzelnen Ofengattungen erläutern lassen. Wir beginnen mit der einfachsten Form eiserner Öfen

Dem cylindrischen oder Säulenofen,

auch Kanonenofen genannt. Ein solcher Ofen besteht (vergl. Fig. 56) aus einem oder mehreren Cylinderstücken, welche sich falzähnlich ineinander einsetzen und zum Zweck der Dichtung in den Fugen mit Lehm oder Chamottemörtel ausgestrichen werden.

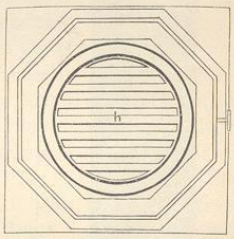
Der Cylinder a wird auf einen sockelähnlichen Fuß gestellt und oberhalb durch einen dichtschließenden Deckel geschlossen, unter welchem sich das Rauchrohr b abzweigt, das die Verbindung mit dem Schornstein herstellt.

Fig. 56.



In dem erweiterten cylindrischen Teil ist der Feuertopf d eingesetzt, an dessen unterem Ende der Rost h liegt, der durch die Feuerthür F mit Brennmaterial beschickt werden kann. Der Feuertopf schützt die Ofenwandungen vor dem Erglühen, was namentlich bei Coaksfeuerung angezeigt ist, welche eine sehr intensive Hitze giebt.

Fig. 57.



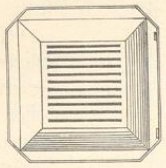
Unter dem Rost, in dem achteckigen Sockel, befindet sich der Aschenkasten g. Der Abschluß nach unten erfolgt durch das achtseitige Postament (Fig. 57), das auf eine Sandsteinplatte aufgesetzt wird, um die Dielung vor dem Durchbrennen zu schützen. Das Rauchrohr wird gewöhnlich erst in größerer Höhe, näher der Decke, in den Schornstein eingeleitet, oder auf- und niedergeführt, ehe dasselbe einmündet, um auf diese Weise den Heizgasen noch einen Teil der Wärme zu entziehen und dadurch die Heizkraft des Ofens zu erhöhen.

Ungeachtet dessen ist der Wärmeverlust bei diesen Öfen erheblich genug, weil die Feuergase zu heiß in den Schornstein eintreten; man pflegt daher wohl den Verbrennungsprodukten einen längeren Weg vorzuschreiben, was namentlich dann angezeigt ist, wenn ein Brennmaterial, welches lange Flamme erzeugt, verwendet werden soll, z. B. Holz oder fette Kohle.

Solche Konstruktion zeigen u. a. die früher gebräuchlichen Säulenofen der Eisengießerei Königshütte

bei Lauterberg im Harz (Fig. 58 bis 60). Der Cylinder ist hier durch horizontale Platten in mehrere etagenförmige Abteilungen gebracht. Dadurch wird der Weg, den die Gase zurückzulegen haben, ein erheblich größerer und es entstehen nischenartige Vertiefungen, deren Flächen die Heizwirkung verstärken.

Fig. 58.



In der Gegend des Feuertopfes ist der Mantel mit Durchbrechungen versehen, so daß derselbe vor dem Glühendwerden geschützt wird und die am Fußboden stagnierenden

Fig. 59.

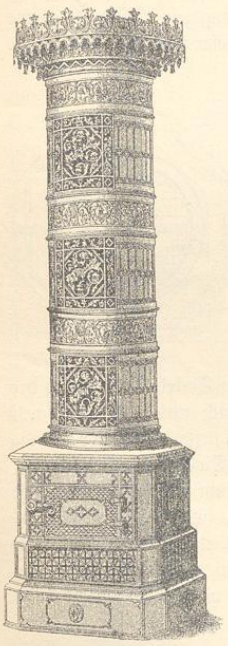
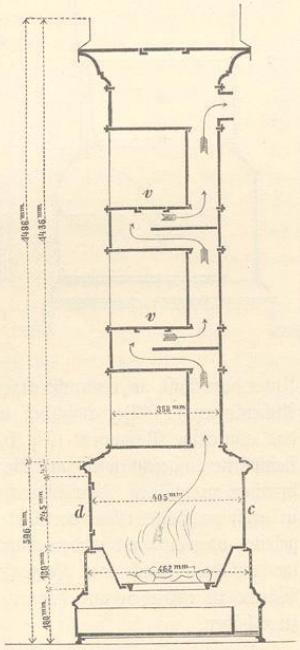


Fig. 60.



kalten Luftschichten angesaugt und erwärmt werden. Zum oberen Aufbau sind ornamentierte Cylinderstücke verwendet, welche mit Platten etagenweise abgedeckt werden.

Bei Anwendung von Holz und fetten Kohlen, die ein langflammiges Feuer geben, kann der Weg des Feuers im Ofen dadurch verlängert werden, daß statt der Cylinderform eine parallelopipedische Form gewählt wird. Öfen dieser Art waren früher im Handel verbreitet unter dem Namen Cirkulieröfen oder Etagenöfen. Dieselben genügen jedoch den heutigen, an rationelle Heizkörper zu stellenden Anforderungen nicht und können daher übergangen werden.

Aber die geschützte Anordnung des Feuertopfes der Säulenöfen und die teilweise Ausfutterung des Feuerkastens konnte die lästige Wärmestrahlung, die den älteren eisernen Öfen anhaftete, nicht ganz beseitigen. Ferner war erfahrungsmäßig bei denselben eine konstante Beaufsichtigung des Ofens erforderlich, wenn der Brennprozeß normal vor sich gehen sollte. Geschah dies nicht, so erlosch das Feuer, der Ofen erkaltete und die Zimmertemperatur sank herab. Für Ventilation war endlich in keiner Weise gesorgt.

Erst in den letzten Decennien ist man bemüht gewesen, den Bedingungen, welche sich an eine rationelle Heizmethode stellen lassen, mehr und mehr gerecht zu werden und man hat dies erreicht:

1) Dadurch, daß der Heizkörper mit einem Mantel umgeben wird, der die Strahlung der erhitzten Eisenflächen aufhebt (Mantelöfen);
2) dadurch, daß das Brennmaterial in einem Füllschacht und für längere Zeitdauer (6 bis 12 Stunden) aufgegeben wird (Füllöfen);
3) indem der Füllofen gleichzeitig als Mantelofen konstruiert und mit der Heizung auch eine angemessene Zimmerventilation verbunden wird.

Die Beschickung dieser Öfen ist alsdann eine periodische, der Brennprozeß ein stetiger. Der Füllschacht wird hierbei von oben her oder seitlich mit staubfreiem Brennmaterial gespeist, dieses in Glut gebracht, dann der Ofen geschlossen und die Verbrennung so reguliert, daß nur eine bestimmte, normale Temperatur erzeugt wird. Solche Öfen werden im Handel „Regulierfüllöfen“ genannt.

Vorteile: Die langsam fortglimmende Kohlenmasse erzeugt eine ebenso gleichmäßige Wärmeabgabe wie der Kachelofen, ohne daß die guten Eigenschaften des eisernen Ofens — schnelles Anheizen und Erwärmen — verloren gehen. Gelingt es auch, vollständige Verbrennung zu erzielen, so liegt die Ersparnis, die unter günstigen Verhältnissen bis 50 Proz. beträgt, auf der Hand.

Die besseren Eisengießereien sind ernstlich bemüht gewesen, ihre Fabrikate im Sinne zeitgemäßer Anforderungen umzugestalten und so sind eine große Anzahl von Ofenkonstruktionen im Handel, bei welchen die Benutzungsart, der Zweck und das anzuwendende Brennmaterial mancherlei Modifikationen entstehen lassen. Der Rahmen dieses Werkes gestattet nur die hervorragenden Konstruktionen, welche durch Einfachheit und Zweckmäßigkeit sich Anerkennung erworben haben, vorzuführen. Die Reihenfolge entspricht möglichst der historischen Entwickelung.

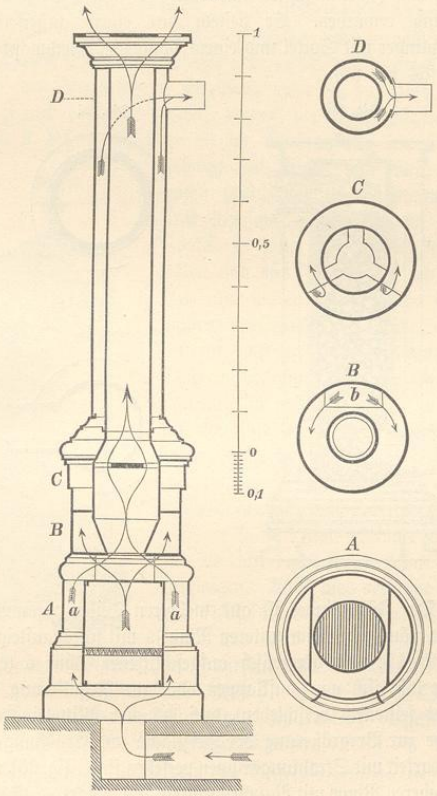
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 30.

Verbesserte Einrichtungen eiserner Öfen.

1) Geschichtliches. Bereits im Jahre 1862 wurde von dem Architekten Leras in Besançon ein zweckentsprechender Ofen zur Heizung und Ventilation größerer Räume konstruiert und 1867 in Paris ausgestellt. Er hatte die Form des Säulenofens und bestand aus zwei ineinandergesetzten Cylindern von Eisenblech (Fig. 61),

Fig. 61.



von denen der innere für die Luftcirkulation, der ringförmige Raum zwischen den Cylindern für die Bewegung der Feuergase diente. Die letzteren strömten aus dem hinteren Teile des eisernen Feuerkastens durch die Öffnung b aufwärts in den ringförmigen Kanal (vergl. Horizontalschnitt B), und nach Abgabe ihrer Wärme an die Wände des Luftkanales und den Ofenmantel entwichen sie durch das unter der Decke des Ofens mündende Rohr in den Schornstein (Schnitt bei D). Die unter dem Fußboden eintretende atmosphärische Luft zog dagegen am Feuerkasten empor und trat in den mittleren Cirkulationscylinder in der Richtung der Pfeile ein, um erwärmt durch die Decke des Ofens ins Zimmer zu entweichen. Die vier Horizontalschnitte bei A, B, C, D deuten den Gang der Feuergase in verschiedenen Höhen an.

Andere Öfen der Pariser Weltausstellung von 1867, die zuerst die Sättigung der Luft mit Wasserdampf einführten, sind: der Ofen von Anez und der Ofen von Gourney. Letzterer hat sich in England, Frankreich und Rußland Eingang verschafft und soll näher besprochen werden.

2) Der Gourneyofen (Fig. 62 u. 63) ist als Füllofen konstruiert und auf folgender Seite dargestellt.[1]) Derselbe ist in Eisen mit stark vorspringenden, senkrechten Rippen gegossen, wodurch eine vermehrte Heizoberfläche erzielt wird. Über dem Sockel des Ofens ist ein ringförmiges Wassergefäß a angebracht, welches mit einem Kranz von Öffnungen umgeben ist. Mit diesen Löchern korrespondieren zwei Reihen von Öffnungen vv im Sockel des Ofens, durch welche die Luft unter den Rost geführt wird.

Der Rost ist aus einem Stück gegossen und leicht gebaucht. Die Füllung geschieht durch die Fülltür d, welche dem Abzugsrohre gegenüber angebracht ist, die Öffnung c dagegen dient zum Anzünden des Brennmateriales und zum Schüren des Feuers. Die Zimmerluft strömt vom Fußboden aus zwischen den eisernen Rippen empor, wo sie sich erwärmt und gleichzeitig mit Wasserdampf sättigt, denn mit zunehmender Wärme vermehrt sich auch die Fähigkeit der Luft, Wasser aufzunehmen. Die Wandungen sind sehr massiv gegossen, um sie widerstandsfähig zu machen; Reparaturen kommen nicht vor. Führt man unterhalb des Sockels frische atmosphärische Luft ein, so kann auch eine Ventilation des Zimmers erzielt werden.

Der dargestellte Ofen hat 0,60 m Durchmesser bei 1,25 m Höhe und ist angeblich zur Erwärmung von 1200 cbm Innenraum ausreichend.

Es kann nicht unerwähnt bleiben, daß zur Beschickung der Füllöfen mit Vorteil nur die besseren Kohlensorten verwendet werden können, weil kleine Kohlen (Kohlengries) sich festballen und den Durchgang der Luft verhindern. Am zweckmäßigsten sind für die Beschickung nußgroße Stücken. Werden Steinkohlen und schwere Braunkohlen als Brennmaterial benutzt, so sind dieselben von oben her durch ein Holzfeuer zu entzünden: es muß demnach ein vollständiges Ausbrennen erfolgen, ehe der Ofen aufs neue beschickt werden kann. Bei sehr aschenreichem Brennmaterial ist der Rost von Zeit zu Zeit von der angesammelten Asche zu befreien, um der Luft hinreichend Durchgang zu gestatten.

1) Buchner, Ofenheizung auf der Pariser Ausstellung 1867. Morlock, die Heizung mit Zimmeröfen.

Bei leichteren Braunkohlen, Torf und Coaks wird dagegen ein Holzfeuer auf dem Rost entzündet und dann werden die Kohlen aufgefüllt, was nach Bedarf wiederholt wird.

Fig. 62.

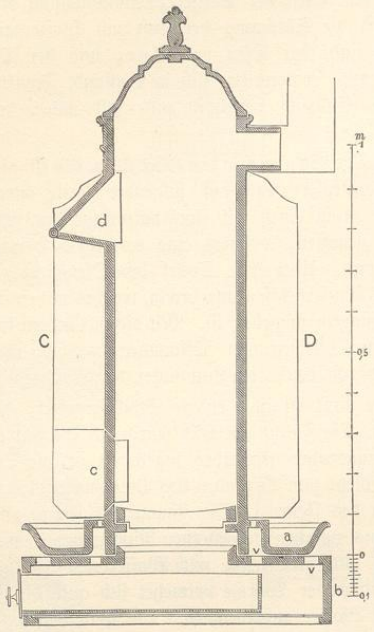
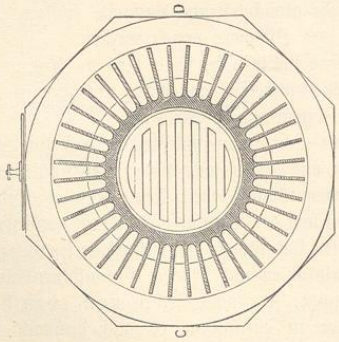


Fig. 63.



In Deutschland haben die Füllöfen in den letzten Decennien einen bedeutenden Eingang gefunden und werden hier von verschiedenen Gießereien mit mancherlei Modifikationen ausgeführt. Wir nennen als die verbreitetsten

1) Den Regulierfüllofen von Meidinger;
2) den Regulierofen von Kustermann (Patent Rist);
3) den Regulierofen von Geiseler in Berlin;
4) den Regulierofen des Eisenwerkes Lauchhammer für aschenreiches Brennmaterial;
5) den Regulierfüllofen mit Zugwechsel von Culmann zu Augustfehn (Oldenburg).

1. Der Füllofen von Dr. Meidinger.

Derselbe wurde ursprünglich für die Deutsche Nordpolarexpedition bestimmt und hat sich durch Einfachheit der Form, Zweckmäßigkeit und Billigkeit schnell große Verbreitung erworben. Er besteht aus einem gußeisernen Füllcylinder mit Sockel und einem doppelten Blechmantel [1]) (Fig. 64 bis 66).

Fig. 64.

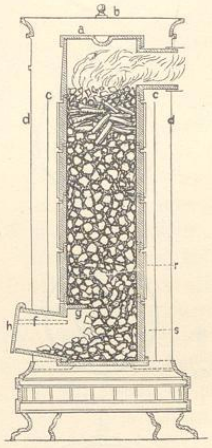


Fig. 65.

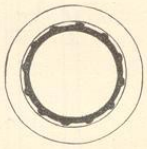
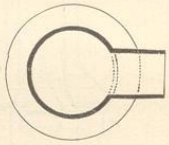


Fig. 66.



Der Füllcylinder ist aus mehreren Teilen zusammengesetzt, nämlich: einem unteren Ringe s mit schräganfteigendem Halse und hermetisch aufgeschliffener Thür h (diese Thür läßt sich ganz aufklappen oder zur Regulierung des Zuges seitwärts verschieben), drei bis vier Mittelringen r, welche zur Vergrößerung der Heizfläche und Erhöhung der Haltbarkeit mit Strahlungsrippen versehen sind (Fig. 65), und dem oberen Ringe mit Rauchrohransatz und Deckel a. Sämtliche Ringe werden durch zwei Stangen mit Muttern zu einem festen Cylinder verbunden. Der innere Mantel c von Blech ist lose eingehängt und mit Wasserglas angestrichen, um den äußeren Mantel d d vor der strahlenden Wärme des Füllcylinders zu schützen. Der Mantel d wird je nach Bestimmung aus Blech, oder ornamentiert aus Gußeisen hergestellt und am Sockel festgeschraubt; der Sockel und der Manteldeckel sind durchbrochen. Eine

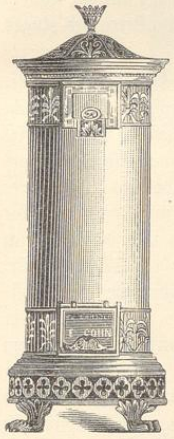
1) Prospekt der Kaiserslauterner Fabrik 1870 und Katalog der Kasseler Spezialausstellung 1877.

Ausfutterung des Füllcylinders findet nicht statt, auch hat derselbe keinen Planrost erhalten, dagegen soll die Asche öfter durch einen provisorischen Gabelrost entfernt werden, der bei f eingeschoben wird. Damit bei Öffnung der Thür die Kohlen nicht herausfallen, ist oberhalb die Leiste g angebracht.

Der Raum zwischen Füllcylinder und Mantel kommuniziert ober- und unterhalb frei mit dem Zimmer; die unten einströmende Luft tritt oben stark erwärmt aus und die lästige Strahlung wird fast vollständig vermieden.

Die Beschickung dieser Öfen erfolgt von oben mit Hilfe eines Trichters. Der Füllcylinder wird zunächst mit nußgroßen Stücken Steinkohle oder Coaks bis 20 cm unterhalb des Rauchrohres angefüllt, dann $\frac{1}{2}$ kg Holz aufgelegt und in Brand gesteckt, hierauf der Deckel geschlossen. Nach 1 bis 2 Stunden ist die Verbrennung unten angelangt und findet nur noch von unten statt, der obere Brennstoff sinkt langsam nach. Brennt man Coaks, so kann man beliebig nachfüllen und das Feuer kontinuierlich unterhalten. Die Asche wird täglich mit Hilfe des Gabelrostes entfernt und zu diesem Zweck die Thür aufgeklappt. Um die Brennstoffstücke in richtiger Größe zu gewinnen, sind die Kohlen vorher zu sieben; auch ist beim Einfüllen ein Fülltrichter unerläßlich, damit nicht Kohlenstücke in den Zwischenraum zwischen Mantel und Cylinder fallen und die Luft durch Kohlendunst verunreinigen. Alles dies verlangt eine sehr sorgsame Bedienung des Ofens und wird allerdings nur da, wo solche vorhanden, der Heizeffekt und die Reinheit der Luft zufriedenstellend sein. Über den Heizeffekt des Ofens von Meidinger hat Dr. Zwick in Koblenz eingehende Versuche angestellt und veröffentlicht.[1])

Fig. 67.



Da bei dem Nachfüllen der Deckel aufgehoben werden muß, wobei kaum zu vermeiden ist, daß Kohlengeruch in das Zimmer dringt, so hat die Fabrik auch die „Füllung von der Seite“ eingeführt, wie sie schon der Ofen von Gourney zeigt. Fig. 67 giebt die Ansicht des Meidinger'schen Ofens mit seitlicher Füllthür und unterer Regulierthür.

Wird neben der Cirkulation auch Ventilation verlangt, dann erhält der Ofen einen bis zum Fußboden reichenden Sockel und eine separate Kanalleitung für frische Luft.

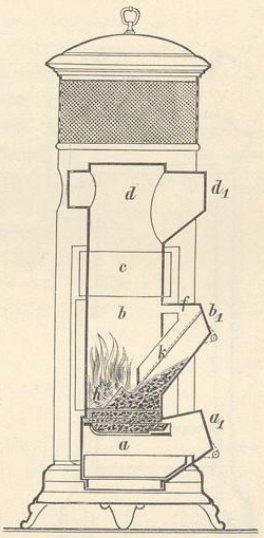
1) Dr H. Zwick, Die Zimmeröfen der letzten 10 Jahre. Leipzig.

2. Der Pfälzer Schachtfüllofen (Fig. 68).

Derselbe vereinigt die Vorteile des Füllofens mit der Schachtfeuerung. Die in den Füllschacht b_1 eingeschütteten Kohlen bilden eine natürliche Böschung über dem Rost; sie sollen hier unter dem Einfluß der Hitze des Feuerraumes in Coaks verwandelt werden. Die aufsteigenden Kohlenoxyd- und Kohlenwasserstoffgase werden dann von der durch die beiden dreieckigen Kanäle k eintretenden, vorgewärmten Frischluft getroffen und gelangen zur Verbrennung.

Die Konstruktion des Ofens ersieht man aus dem Durchschnitt Fig. 68. Der Aschenraum (a) hat eine

Fig. 68.



aufgeschliffene, seitlich verschiebbare Thür a_1 mit Verschlußrosette. Der Rost ist vertieft gelegt und vorn auf einen herausnehmbaren Stab gelagert. Der Füllcylinder b ist mit einem Rohr f versehen, durch welches der im Füllschacht enthaltene Rauch in den Cylinder abziehen kann, wenn die Thür b geöffnet wird. Ein mit Strahlungsrippen versehener Ring c dient zur Verlängerung des Cylinders b und nach oben schließt der Ofen mit dem Rohrstück d ab.

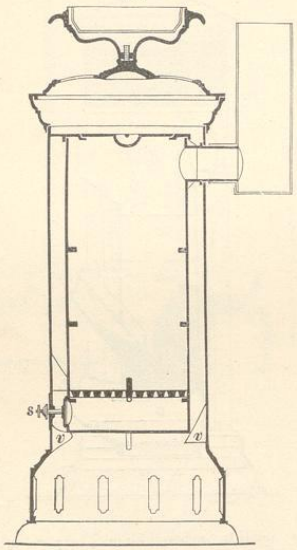
Bedienung des Ofens. Backkohlen können nur in dünnen Schichten aufgebracht werden; Stein- und Braunkohlen bringt man durch die mittlere Thür derart ein, daß der Schacht bis oben gefüllt ist. Bei h soll sich stets hellbrennendes Feuer befinden und beim Nachfüllen darf dasselbe nie verschüttet werden. — Lockere Brennstoffe, wie Torf und Lohkuchen, kann man auch durch die obere Thür d_1 einfüllen.

Das Anzünden erfolgt entweder auf dem Rost oder — nach geschehener Füllung — im Schacht oder bei Torffeuerung durch die obere Thüre d_1. Das Regulieren des Feuers geschieht durch Verschieben der Regulierthür a_1. Ist das Feuer gut im Brand, so muß die Thür bis auf eine kleine Spalte zugeschoben werden, um allzuhohe Erhitzung des Feuercylinders zu verhindern.

3. Der Regulierofen von Kustermann in München (Fig. 69).

Derselbe ist in Anordnung und Bedienung von den vorigen durchaus abweichend. Der innere Füllcylinder ist in gleichen Abständen mit drei angegossenen Flanschen versehen, auf welche der Rost gelegt werden kann, so daß für

Fig. 69.



verschiedene äußere Temperaturen verschiedene Mengen Brennmaterial eingelegt werden können. Das cylindrische Füllgefäß ist mittels eines Henkels transportabel gemacht, es wird außerhalb des Zimmers gefüllt und nach dem Ausbrennen entleert. Das Füllgefäß ruht auf vier unterhalb am Mantel angegossenen Knaggen v v.

Die zur Verbrennung nötige Luft tritt unterhalb des Rostes ein und kann der Zug nach Erfordern mittels Regulierschraube gemäßigt werden. Durch Öffnungen im Sockel des Mantels tritt andererseits die Zimmerluft in den Zwischenraum zwischen Mantel und Füllcylinder und nachdem sie sich erwärmt hat durch den mit Öffnungen versehenen Manteldeckel erwärmt in das Zimmer. Die krönende Vase dient zur Aufstellung einer Schale zur Wasserverdunstung.

4. Ventilationsfüllofen von Förster & Runge (vorm. Geiseler in Berlin).

Der auf Tafel 9 in einem Vertikal- und vier Horizontalschnitten dargestellte Ofen besteht aus einem gußeisernen Füllcylinder mit angegossenen Rippen und Chamotteausfutterung. Es soll dadurch die übermäßige Erhitzung der Eisenflächen im Brennraum vermieden werden. Auf diesen Rippenheizkörper setzt sich mit falzähnlicher Überdeckung der glatte Heizcylinder f, welcher oberhalb durch eine Kalotte h geschlossen und durch eine vertikale Zunge g geteilt ist, um den Weg der Heizgase im Ofen zu verlängern. Außer dem Planrost b ist ein Hängerost angebracht. Den Innenofen umgiebt ein ebenfalls gußeiserner, 4 mm dicker Metallmantel, welcher die strahlende Wärme abhält. Drei Hälse verbinden den Füllcylinder mit dem Mantel und werden durch luftdichte Thüren fest geschlossen. Die obere Thür dient zum Aufschütten des Brennmateriales, die mittlere zum Reinigen des Rostes, die unterste schließt den Aschenbehälter ab und wird zum Regulieren des Zuges benutzt.

Die Bedienung geschieht in der Art, daß bei geöffneten Thüren und eingehängtem Treppenrost der Brennschacht mit Brennmaterial (Kohle oder Coaks) gefüllt, kleines Holzfeuer angezündet und nun zuerst nur die Einfüllthür geschlossen wird. Nach etwa $^1/_4$ Stunde hat das Feuer 15 bis 20 cm nach unten gegriffen; nun wird auch die Zugthür und die Aschenthür geschlossen und der Ofen sich selbst überlassen. Er brennt circa 12 Stunden. Schnellere Erwärmung des Raumes bei größerem Verbrauche von Brennmaterial erzielt man durch Lüften der Aschenthür. Der äußere Mantel des Geiseler'schen Ofens besteht aus dem Untersatz, dem achteckigen Postament, zwei cylindrischen Stücken und einigen Gesimsen, welche wegen des leichteren Polierens aus mehreren Ringen bestehen. Die Deckplatte ist durchbrochen, damit die am Fuße desselben eintretende Zimmerluft oben erwärmt ausströmen kann, wie durch die Richtung der Pfeile in Tafel 9, Fig. 1 u. 5, angedeutet ist (Cirkulationsheizung). Durch eine mit Wasser gefüllte Vase auf dem Deckel des Ofens wird leichte Verdunstung (nicht Verdampfung) unterhalten. Die Öfen werden entweder roh mit Graphitüberzug oder poliert geliefert, mit mattiertem oder bronziertem Ornament. Nach Polizeivorschrift sind eiserne Ofen auf eine Tafel Eisenblech oder eine Steinplatte zu stellen.

Die Vorteile dieser Öfen sind folgende:

a) Durch den niedrigen Brennschacht werden Verstopfungen in demselben vermieden;
b) das seitliche Einfüllen des Brennmateriales verhindert das Rauchen beim Anzünden des Feuers;
c) die Luft behält ihren Feuchtigkeitsgehalt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die polierten Öfen eignen sich durch ihre elegante Form auch für reich ausgestattete Zimmer.

Die Heizkraft des auf Tafel 9 dargestellten Ofens ist ausreichend für einen Raum von 180 cbm Inhalt.

5. Regulieröfen des Eisenwerkes „Lauchhammer".

Diese sind namentlich für aschenreiches Brennmaterial bestimmt und unterscheiden sich von den vorgenannten nur durch die Konstruktion des Brennschachtes (Fig. 70 bis 72).

Fig. 70. Schnitt AB.

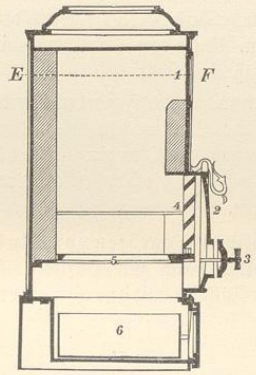


Fig. 71. Grundriß

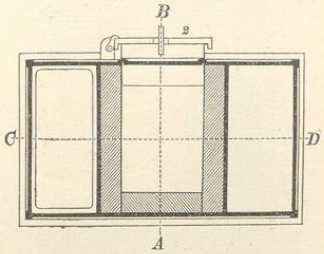
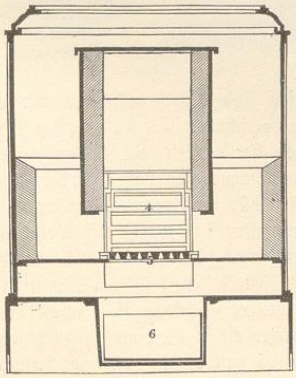


Fig. 72. Schnitt CD.

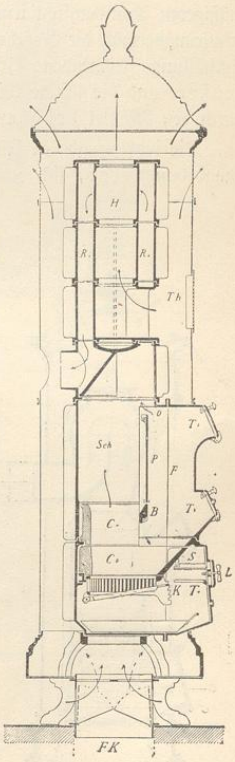


Es ist bezeichnet: die Fullthür mit 1, die Regulierthür nebst Regulierschraube mit 3; der eingehängte Treppenrost (4) hindert das Herausfallen der Kohlen. Der Feuerrost wird eingemauert. Die Wände des Brennschachtes sind mit Chamotteplatten ausgefuttert. Über dem Roste geht zu beiden Seiten des Brennschachtes ein seitlicher Zug aufwärts, welcher die Gase in Windungen nach oben führt. Der obere Aufsatz des Regulierofens weicht von demjenigen gewöhnlicher Etagenröhren nicht ab.

6. Koris Patentofen für Dauerbrand.

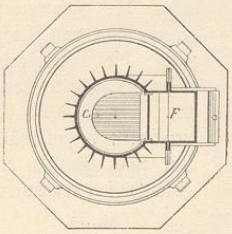
Gut bewährt hat sich namentlich für Krankenhäuser der dem Ingenieur Kori patentierte Ofen Fig. 73 u. 74. Der Verbrennungsraum bildet die Fortsetzung des Füllschachtes F und ist mit Chamottesteinen C_1 und C_2 ausgefuttert. Unterhalb der Ausfutterung befindet sich der Korbrost K mit angehängtem, beweglichen Planrost. Der Brennstoff wird je nach Bedarf durch die Thür T_2 oder T_1 eingeworfen. Durch die unterste Thür kann der Korbrost K und der Schieber S herausgenommen werden. Auch der Balken B und die Trennungsplatte P sind auswechselbar, um das Ofeninnere ganz freilegen zu können.

Fig. 73.



Der ringförmige Rauchkanal R_1 R_2 ist mit radikalen

Fig. 74.



Strahlungsrippen versehen (Fig. 74 im Grundriß); derselbe umschließt das Heizrohr H, welches die Heizfläche vergrößert, indem durch einströmende Cirkulationsluft, welche die Wandungen des Heizrohres umspült, den Rauchgasen ein entsprechender Theil ihrer Wärme entzogen wird. Die Thür Th im Mantel ist vergittert und dient zum Einbringen eines Wasserverdunstungsgefäßes.

Die Regulierung des Feuers erfolgt durch die Luftschraube l in der Regulierthür. Die Verbrennungsgase steigen im Schacht Sch aufwärts, gleichzeitig werden die im Füllschacht F entstandenen Gase durch die Öffnung O abgesaugt, sie steigen sodann in dem vorderen Theile R_1 des ringförmigen Rauchkanales aufwärts, in R_2 abwärts und gelangen durch das Rauchrohr in den Schornstein.

§ 31.

Mantelöfen.

Schon Schinz hatte in seinem Werke[1]) darauf hingewiesen, daß eiserne Öfen zur Erzielung einer gleichmäßigeren Transmission ummantelt werden müßten, da erfahrungsgemäß die Geschwindigkeit der innerhalb der Umhüllung strömenden Cirkulationsluft bedeutend vergrößert und die lästige Wirkung der strahlenden Wärme durch den Mantel behoben wird.

Die jetzt gangbaren Füllöfen haben, nach dem Vorgange von Leras, sich zum größeren Teil das Prinzip der Luftcirkulation angeeignet. Dabei kann entweder ein Strom frischer Luft von außen geführt werden, der sich in dem ringförmigen Raume zwischen Mantel und Heizkörper erwärmt, so daß mit der Heizung auch Lüftung verbunden ist oder es soll durch den Mantel nur eine Cirkulation der Zimmerluft herbeigeführt und gleichzeitig die strahlende Wärme abgehalten werden. Die in § 29 besprochenen Regulierfüllöfen sind sämtlich als „Mantelöfen" konstruiert.

Fig. 75.

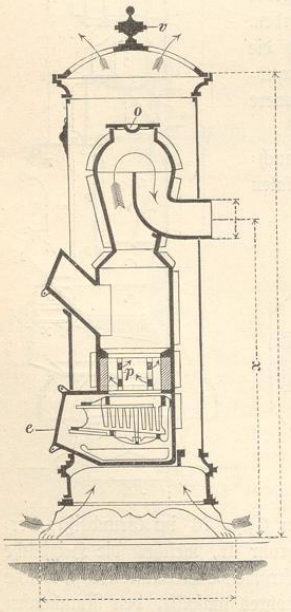
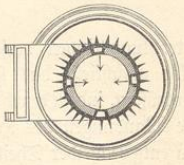


Fig. 76.



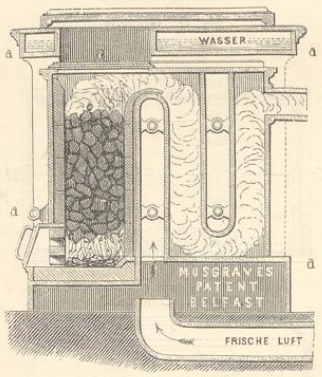
1) Schinz, Die Wärmemeßkunst.

1. Empfehlenswert ist der vom Ingenieur Sturm in Würzburg konstruierte Ventilationsmantelofen mit Füll- und Regulierbetrieb, vergl. Fig. 75 u. 76. Der Heizkörper desselben besteht aus dem unteren Fülleylinder, der sich konisch verengt und dem birnenförmig gestalteten, mit Strahlungsrippen versehenen Oberteil, in dem die Rauchgase abgeführt werden. Der Feuerraum ist mit Plan- und Korbrost versehen und mit Chamotte ausgefuttert. Durch Luftkanäle wird dem Brennmaterial an mehreren Stellen vorgewärmte Luft zugeführt und dadurch Rauchverzehrung bewirkt. Der Mantel ist als glatter Cylinder gestaltet und der abnehmbare Deckel behufs Austritt der Cirkulationsluft durchbrochen. Unter dem Deckel bei o wird ein Wasserverdunstungsgefäß aufgestellt.

Durch einen unter dem Fußboden anzulegenden Kanal kann auch frische Luft in den Mantelraum eingeführt werden; wünscht man den Ofen nur für Cirkulationsheizung zu benutzen, so hat man die Drosselklappe im Zuführungskanal zu schließen.

2. Die irischen Sparöfen von Musgrave & Co. in Belfast, welche durch gute Heizkraft sich auszeichnen, gehören zu den Füllöfen mit durchbrochenem Mantel, Fig. 77 u. 78.

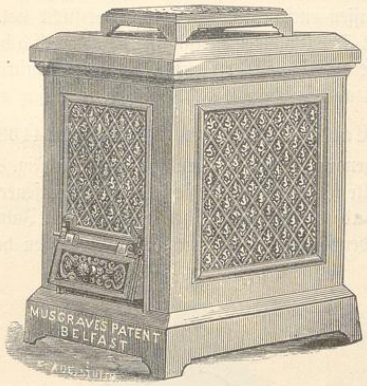
Fig. 77.



Diese Öfen sind als Regulieröfen mit vertikalen Feuerzügen zu bezeichnen. Die Füllung des Brennschachtes wird von oben her bewirkt, wobei staubdichte Füllkästen zur Anwendung kommen, doch wird auch die seitliche Füllung mit schräger Füllthür zur Anwendung gebracht. Der ausgefutterte Feuerkasten faßt Brennstoff für einen Tag und wird unterhalb durch eine verschiebliche Thür reguliert. Zwischen dem Feuerkasten und den Zügen ist ein Kanal eingeschaltet, welcher — wenn Ventilation verlangt wird — mit der Außenluft in Verbindung gesetzt werden kann. Aus diesem Kanal tritt die Luft erwärmt heraus und steigt

an den eisernen gerippten Wandungen des Heizkörpers empor. Dieser Kern ist in geeignetem Abstande mit einem durchbrochenen, gußeisernen Mantel (Fig. 78) umgeben.

Fig. 78.



Ein derartiger Ofen heizt bis 500 cbm Zimmerraum bei folgenden Mantelabmessungen: Höhe 0,96 m, Breite 0,51 m, Länge 0,64 m. Die Trockenheit der Luft wird durch den Wasserbehälter beseitigt, der konstante Verdunstung befördert.

Als Brennmaterial wird in England Coaks, Anthracit, doch auch Holz und Holzkohle verwendet, Steinkohlen nur in staubfreien, nußgroßen Stücken.

3. Amerikanische Öfen. Nach dem Prinzip der Mantelöfen konstruiert, aber eigenartig durchgebildet und im Aufbau wesentlich abweichend, sind die unter dem Namen „Crown-Jewel“ in den Handel gebrachten amerikanischen Öfen Fig. 79 u. 79a. Sie sind nur verwendbar für Anthracit oder Coaks und werden in 10 bis 11 verschiedenen Größen fabriziert.

Hauptteile des Ofens sind der Füllschacht C, der Korbrost B, der Schüttelrost F und der Schieberost F_2. Wird dieser aufgezogen, so fallen die Schlacken in den Aschenkasten H. — Unter letzterem liegt der Zirkulationsboden M, in welchem die Heizzüge zirkulieren.

Wesentliche Teile der äußeren Umhüllung sind:

Der Säulenmantel E und der Deckel f, welcher den Füllcylinder abschließt. TT sind Thürchen mit Marienglasscheiben; sie dienen zum Einlegen des Brennmateriales und gestatten eine genaue Beobachtung des Brennprozesses. In Höhe von G befindet sich das in der Ansicht Fig. 80 sichtbare Aschenthürchen mit Regulierschraube. l′ ist die mittels Hebel von außen stellbare Zugklappe; befindet sich dieselbe in vertikaler Lage, wie in Fig. 79, so stürzt der Rauch durch die vertikalen Züge n n des seitlichen Erweiterungsrohres hinab und kehrt durch M, Fig. 79a, nach oben zurück, um durch das Rauchrohr K abzuziehen.

Die Öfen sind tadellos, der außen glatt abgedrehte Guß ist vernickelt und poliert. Die konstruktiven

Fig. 79.

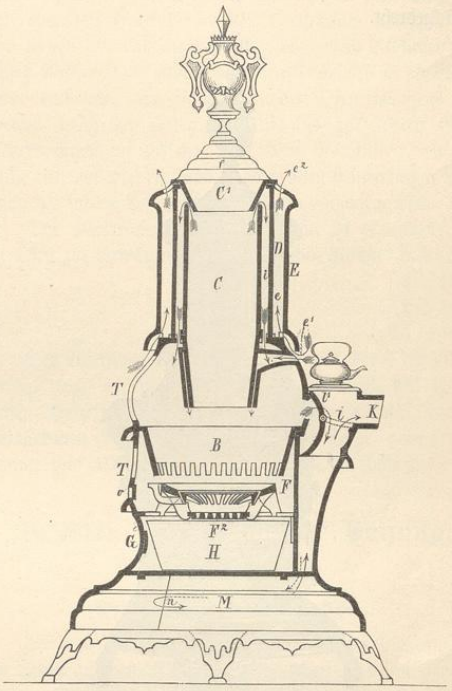
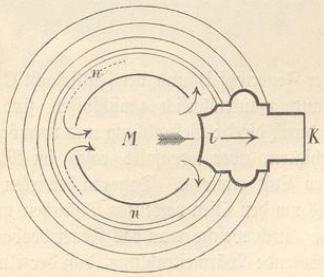


Fig. 79a.



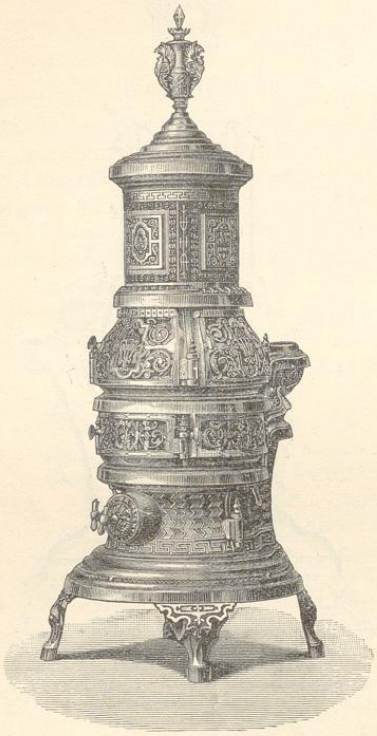
Details sind zum Teil sehr durchdacht; der Preis ist ein mäßiger.

Bedienung des Ofens. Das Einführen des Zündmateriales erfolgt durch die Marienglasthürchen; hierbei wird die Zugklappe l^1 um 90° nach abwärts gedreht und

der Rauch zieht direkt nach dem Schornstein ab. Sind die auf dem Roste liegenden Kohlen erst in Brand, so geschieht die weitere Füllung durch Einschütten des Brennmateriales in den Fülltrichter C^1.

Nach erfolgter Beschickung des Füllschachtes wird der (aufgeschliffene) Ofendeckel gut schließend auf den Ofen zurückgedreht.

Fig. 80.



Da der Feuertopf B und der Füllschacht C durch eine äußere Wand mantelähnlich umschlossen sind, so wird letztere nur durch direkte Bestrahlung und vermöge der durch Leitung erhitzten, aber jedenfalls rasch im Mantelraume aufsteigenden Luft erwärmt. Dagegen bewirken die in zwei Zonen rings um den Ofen verteilten Thürchen mit Marienglasscheiben, durch welche man das Feuer beobachten kann, eine so bedeutende Wärmestrahlung, daß der Aufenthalt in der Nähe eines solchen Ofens sehr lästig werden kann. Man sieht daher die amerikanischen Öfen vielfach mit einem besonderen Schutzmantel umgeben.

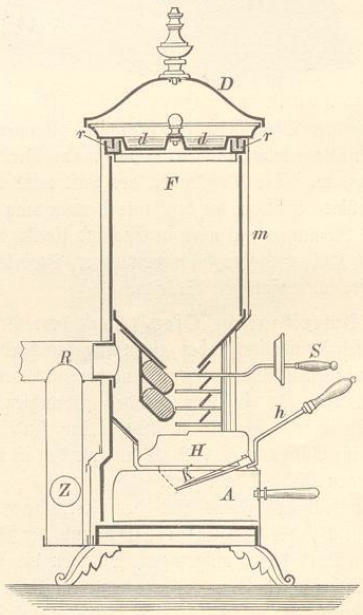
Resumé. Der Anblick der prasselnden Flamme kann wegen der in ihrem Gefolge auftretenden lästigen Strahlung nicht als Vorzug gelten und die Ähnlichkeit mit den amerikanischen Kaminen, den sogenannten „Franklinen", ist nur eine sehr geringe, da vor allem die den Kaminen eigene, belebende Lufterneuerung hier ganz fehlt!

Die amerikanischen Öfen sind vielfach nachgeahmt, auch u. a. von Franz Loenholdt, der dieselben unseren deutschen Verhältnissen entsprechend anzupassen versucht hat. Sein Ofen mit Sturzflammenfeuerung liefert theoretisch betrachtet eine gute Mischung der Feuergase mit der zuströmenden Luft, hat aber im Handel nicht genügenden Absatz gefunden.

4. Cadés Kaminofen (D. R. P. Nr. 44380).

Eigenartig in der Konstruktion ist der in Fig. 81 u. 82 dargestellte Dauerbrandofen für Anthracitfeuerung von Ernst Cadé in Paris, welcher in den letzten Jahren auch in Norddeutschland starke Verbreitung gefunden hat.

Fig. 81.



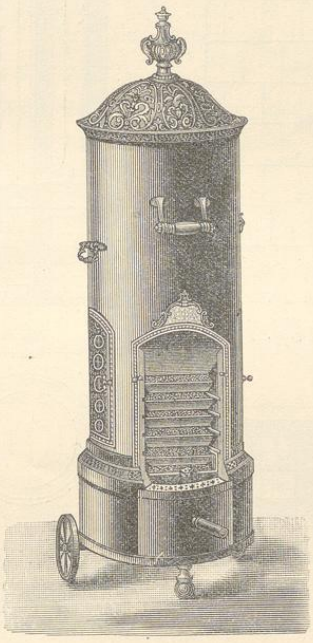
Der Füllschacht F des Ofens ist cylindrisch und wird im unteren Teile durch zwei schräge Metallflächen bis zur Weite des Brennraumes verengt. Oberhalb ist derselbe durch den abnehmbaren gußeisernen Deckel d, der mit Wasser gefüllt werden kann, geschlossen. Dies Wasser dient zur Befeuchtung der Zimmerluft. Der Rand des Verdampfungstellers ist dicht in die obere, mit Sand gefüllte Dichtungsrinne r eingepaßt.

Der Brennraum ist nach vorn durch ein Gitter, welches aus vier horizontal liegenden, geneigten Eisenstäben besteht, abgeschlossen. In den beiden Seitenflächen der

kaminähnlich gestalteten Öffnung sind Nuthen angeordnet, die zur Einführung des Abstellschiebers S dienen. Vor der dem Gitter gegenüberliegenden gußeisernen Abschlußwand des Brennraumes sind zwei abgerundete Chamottesteine eingepaßt, welche auf eisernen Lagern ruhen, denn hier soll nach Möglichkeit Schlackenbildung vermieden werden.

Unterhalb des Brennraumes ist der Herdkasten mit Klapprost K angeordnet, er ruht auf seitlich angebrachten Rippen und ist mit zwei festen Gitterstäben ausgerüstet. Soll die Asche entfernt werden, so zieht man den Herdkasten mit dem Haken h heraus und senkt den Klapprost, wobei die Aschenrückstände in den Kasten A fallen und mit demselben bei Seite geschafft werden können.

Fig. 82.



Der Boden des Ofens besteht aus Gußeisen, er wird durch drei angegossene, ornamentierte und vernickelte Füße, welche auf besonderem Untersatz stehen, getragen. Doch werden dieselben auch — behufs leichterer Translocierung — mit zwei Rädern geliefert (vergl. Fig. 82).

Als Abschluß des Cadé-Ofens nach oben hin dient ein durchbrochener, verzierter und vernickelter Deckel D (Fig. 82). Der äußere cylindrische Mantel endlich besteht aus Glanzblech; an den Seiten desselben sind in schicklicher Höhe Handgriffe zum bequemeren Transport des Ofens angebracht. Die kaminähnliche Öffnung, durch die man das Feuer erblickt, wird nach dem Entzünden des Brennstoffes durch den sogenannten Drahtvorhang geschlossen.

Als Brennmaterial ist nur Anthracit in kleinen Stücken (nicht unter 10 und nicht über 12 mm groß) verwendbar. Das Anzünden des Ofens erfolgt in der Art, daß man von oben her Holzkohle in den Brennraum einführt, diese von außen her entzündet, nach genügendem Erglühen derselben Anthracit aufschüttet und den Deckel fest in die Sandrinne eindrückt. Es ist ratsam, den Ofen morgens und abends frisch zu füllen und nie bis zur letzten Gluth niederbrennen zu lassen. Vor dem Nachfüllen muß die Asche entfernt werden, was in der oben besprochenen Weise geschieht, indem der Herdkasten herausgezogen wird.

Der Materialverbrauch beträgt in 24 Stunden:

für Öfen zur Erwärmung von	100	cbm	Raum	5 bis 6	kg
„ „ „ „ „	200	„	„	8 „ 10	„
„ „ „ „ „	300	„	„	12 „ 14	„
„ „ „ „ „	400	„	„	16 „ 18	„

Der Wirkungsgrad des Feuerraumes der Cadé-Öfen beträgt nach angestellten Versuchen 82 Proz. des theoretischen Heizeffektes. Dieselben sind im Handel in vier verschiedenen Größen von 1,00 bis 1,55 Höhe, geeignet für Räume von 100 bis 400 cbm Inhalt, zu haben.

II. Öfen für periodische Heizung.

§ 32.

Öfen von gebranntem Thon.

Bei den thönernen Öfen, welche — im Gegensatz zu den dünnwandigen Leitungsöfen — Massenöfen genannt werden, hat man die Absicht, eine Thon- resp. Steinmasse so weit zu erhitzen, daß dieselbe, nachdem das Brennmaterial abgebrannt und die Verbindung mit dem Schornsteine abgeschnitten ist, die aufgenommene Wärme langsam an die Zimmerluft absetzt. Der Ofen soll also eine gewisse Zeit hindurch als Wärmequelle dienen und die Temperatur des Zimmers auf normaler Höhe erhalten, d. h. die Wärmeverluste ausgleichen, welche der zu heizende Raum infolge Abkühlung innerhalb dieser Zeit erleidet.

Derartige Öfen gehören speziell dem Norden an und werden, wenn nicht außergewöhnliche Kälte eintritt, täglich nur einmal geheizt; ihr Verbrauch an Brennmaterial ist ein verhältnismäßig geringer und die Wärme eine angenehme, weil gleichmäßige: sie erfüllen daher alle an einen Ofen zu stellenden Anforderungen. Ihrer Konstruktion nach eignen sie sich am besten für langflammiges Feuer, welches die Wärme in den langen Zügen gleichmäßig verteilt; bei kurzflammigem Brennmaterial (Coaks und Steinkohle) wird die Hitze am Herde übermäßig stark und der Ofen daher leicht

auseinander getrieben. — In Rußland und Schweden werden die Massenöfen ganz von Mauerziegeln mit 16 bis 18 cm starken Wandungen hergestellt. Da die Wärme des Brennprozesses in diesen starken Wandungen aufgespeichert und nur sehr allmählich an die Zimmerluft abgegeben wird, muß man den Ofen schon mehrere Stunden vor Benutzung des Zimmers heizen, und dies ist der einzige Übelstand, der dickwandigen Öfen anhaftet.

In unserem Klima, wo der Winter sehr ungleich ist, wo der häufige und schnelle Wechsel der Witterung auch eine entsprechende Beheizung bedingt, sind so massige Wärmequellen nicht wohl angebracht, sie können sogar höchst lästig werden, wenn das Thermometer plötzlich steigt; in Petersburg jedoch, wo die strenge Kälte meist ununterbrochen 5 bis 6 Monate andauert, erweisen sich dickwandige Öfen als sehr praktisch. Das rauhe Winterklima weist dort gebieterisch auf rationelle Einrichtungen zum Schutze gegen die Kälte hin und deshalb werden nicht allein die Zimmer, sondern auch Flure und Korridore erwärmt. Das Vestibül wird durch dreifache Thüren abgeschlossen; jede Zimmerthür, die nach dem Korridor führt, ist eine doppelte, und zwar ist die äußere gepolstert. Alle Fenster sind Doppelfenster, deren Fugen man verklebt; zum Lüften dient eine besondere Scheibe in den Fenstern. Der Korridor wird durch einen Ofen größerer Gattung geheizt und genügen dann solche von geringeren Dimensionen für die Zimmer. Zwischen zwei mit Öfen versehenen Zimmern ist nicht selten nur ein Wandkamin als Heizkörper angebracht, der die Lufterneuerung der betreffenden Räume besorgt.[1])

Als Typen der Massenöfen sind die schwedischen und die russischen Öfen bekannt.

a) Der schwedische Massenofen ist seiner Konstruktion nach ein ganz massiver, viereckiger Mauerkörper aus Backsteinen und Lehm mit einem überwölbten Feuerherde ohne Rost und Aschenfall. An der Mitte der Hinterfront, der Feuerthür gegenüber, steigt vom Herde ein Zugkanal aufwärts, geht unter der Ofendecke horizontal, fällt an einer der beiden hinteren Ecken hinab, tritt dann horizontal nach der Vorderseite und gelangt so auf- und niedersteigend im hinteren Eck aufwärts. Am oberen Ende des letzten Zugkanales befindet sich endlich das Ofenrohr mit Klappe. Sämtliche fünf vertikalen Zugkanäle oder „Züge“ werden bis auf die Abgleichungsschicht des Herdgewölbes hinabgeführt.

b) Der russische Ofen hat statt des vollen Mauerkörpers noch einen inmitten angebrachten Zug und ist es hier Regel, daß der letzte Zug ein „fallender“ sei, d. h. daß der Rauch in dem letzten und sechsten Zuge abwärts gerichtet ist und am unteren Ende des Kanales durch das Ofenrohr in den Schornstein tritt. An dieser Stelle ist eine Vorrichtung eingeschaltet, um den Ofen, nachdem das Brennmaterial ausgebrannt ist, absolut sicher gegen den Rauchkanal abschließen zu können, die „Gusche“.

Einen derartigen Ofen zeigen die Figuren 83 bis 88, und zwar Fig. 83 in Vorderansicht, Fig. 84 in Vertikalschnitt nach der Linie ab. Der Grundriß Fig. 85 entspricht einem Horizontalschnitte unterhalb der Ofendecke.

Fig. 83.

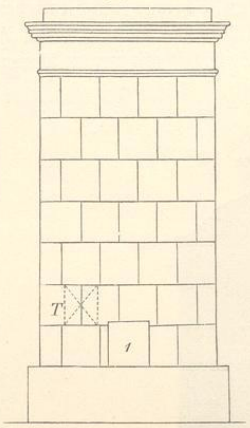


Fig. 84.

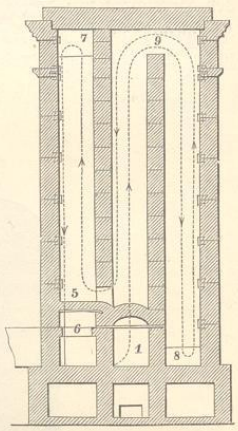


Fig. 85.

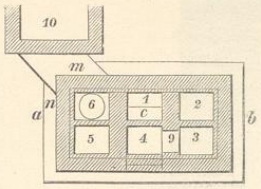


Fig. 86.

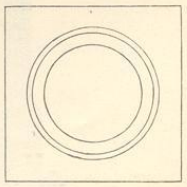


Fig. 87.

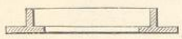
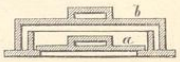


Fig. 88.



Der Heizraum ist einen halben Ziegel stark überwölbt; das Gewölbe ruht auf eisernen Schienen, welche als Anker für die Widerlager dienen und reicht nach hinten zu nur bis c, wo die Flamme in den ersten aufsteigenden Zugkanal einbiegt. Die Verengung dieses Kanales an dieser Stelle bis zur Hälfte seines Querschnittes hat den Zweck, den Zug zu verstärken und dies wiederholt sich bei jeder Biegung ober- und unterhalb.

Aus dem Kanale 1 geht der Zug der Feuergase abwärts in den Kanal 2, wendet sich durch die Öffnung 8 aufwärts in den Kanal 3, von hier durch die Öffnung 9

1) Manger, Russische Zimmeröfen; in der „Zeitschrift für Bauwesen“, Jahrg. VIII.

in den Kanal 4 hinab, über die Abdeckung bei 5 abwärts, endlich durch die Öffnung 7 in den Kanal 6 hinab und durch die „Gusche", welche das Abschlußregister enthält, in das Rauchrohr 10.

Diese „Gusche" (russisch Wiusschke) hat folgende Einrichtung: Eine viereckige gußeiserne Platte hat in ihrer Mitte eine Öffnung von 18 cm Durchmesser, mit einem 2 cm hohen aufrecht stehenden Rande und innerhalb 1 cm vorstehenden Flansch, wie Fig. 87 zeigt. Ein gußeiserner Deckel a mit Griff paßt genau auf den inneren, 1 cm breiten Rand und verschließt die Öffnung der Platte, während ein zweiter Deckel b mit übergreifendem Rande einen nochmaligen Abschluß bewirkt. Um diese Deckel einlegen zu können, wenn das Brennmaterial ausgebrannt ist, wird die Thür T, Fig. 83, nötig, wobei man unter der Decke 5 durchgreifen muß. Ist der Ofen jedoch seitlich zugänglich, so fällt diese Decke fort und man legt den Deckel der Gusche durch eine Thür bei n ein. (Vergl. Tafel 11, Fig. 2 bei t).

Der russische Ofen wird entweder verbandmäßig von Backsteinen in den Fronten einen halben Stein stark hergestellt, dann geputzt und gemalt, eventuell fein gefugt, oder er wird aus Kacheln, mit einer inneren Ausfutterung von hochkantig gestellten Steinen, gesetzt. Die Wangen der Züge erhalten im ersten Falle gewöhnlich nur 7 cm Dicke und werden ebenfalls aus Mauersteinen, also hochkantig, aufgeführt; die Verbindung der Schichten erfolgt durch Draht und Eisenklammern, wie solche Fig. 84 zeigt. Die Heizthür aus Gußeisen ist doppelt, gut schließend und mit Register zur Zugregulierung versehen.

Bedienung der Öfen. Beim Heizen wird der Herd mit kurz gesägten Holzstücken ganz angefüllt, das Holz bei geöffneter Thür in Brand gesetzt und der Zug so reguliert, daß die Verbrennung möglichst lebhaft vor sich geht, wobei sich die erzeugte Wärme schnell und vollständig der Mauermasse mitteilt. Bei täglich einmaliger Heizung unterhält dann der Ofen während 24 Stunden eine gleichmäßige Zimmerwärme, vorausgesetzt, daß die oben angegebenen Vorrichtungen gegen starke Abkühlung durch Wände, Fenster und Thüren getroffen sind, was in allen russischen Häusern geschieht.

Will man diesen Öfen ein besseres Ansehen verschaffen, so werden dieselben von Kacheln (glasierten Thonplatten) gesetzt und nur mit Backsteinen ausgefuttert. Beim Schließen der „Gusche" muß große Vorsicht beobachtet werden, um Erstickung durch Kohlenoxydgas zu verhindern, und empfiehlt sich daher für Wohnzimmer in jedem Falle Heizung vom Korridor aus, d. h. die Verlegung der Einheizöffnung nach einem Vorgelege. Wird dann der Abschlußdeckel statt innerhalb des Ofens in die Mauerdicke der Wand verlegt, so ist der Zweck der Gusche vollständiger und sicherer erreicht. Läßt sich aber aus lokalen Gründen Heizung von außen nicht bewerkstelligen, so muß die Gusche ganz beseitigt und der Verschluß durch eine „hermetisch schließende" Heizthür bewirkt werden, denn dann steht der Luftraum im Ofen nicht mehr mit dem Zimmer, sondern mit dem Schornsteine in Verbindung. Unbequemlichkeiten können aber auch hierbei eintreten, wenn der Ofen zu früh geschlossen und feuchtes Brennmaterial verwandt worden ist, denn aus den im Ofen entwickelten Dämpfen bilden sich wässerige Niederschläge an den Schornsteinwänden, welche Glanzruß erzeugen. Es rinnt dann eine schwarze, kreosotähnliche Flüssigkeit im Schornsteine hinab, welche dessen Wandungen durchdringt und einen penetranten Geruch verbreitet.

Man kann diese Nachteile vermeiden, wenn der Ofen nur geschlossen wird, nachdem das Feuer ausgebrannt ist, und wenn — wie in allen russischen Öfen — der letzte Zug ein „fallender" ist, der unterhalb in den Schornstein mündet.

§ 33.

Eine wesentliche Verfeinerung der nordischen Massenöfen bilden die in Deutschland seit dem XIV. Jahrhundert eingebürgerten „Kachelöfen". Hierbei beabsichtigt man nicht die Vorzüge der periodischen Heizung aufzugeben, nur die äußeren Wandungen werden dünner, nämlich aus mit einem inneren Rande versehenen glasierten Thonplatten, den sogenannten „Kacheln", hergestellt und diese hohlen Kästen futtert man, um sie widerstandsfähig zu machen, mit Dachsteinen und Lehm aus. Nunmehr erfolgt die Wärmeabgabe der Ofenwandungen bedeutend schneller und der architektonische Aufbau des Ofens kann so reich gegliedert werden, daß derselbe — ebenbürtig dem französischen Kamine — einen Schmuck der Zimmerausstattung bildet. Die deutsche Töpferei hat den Ruhm, auf dem Gebiete des Ofenbaues Treffliches geleistet zu haben; die Anfänge dieser Technik reichen über das XV. Jahrhundert hinaus.

Die geschichtliche Entwickelung des Ofenbaues.

Der Ofenheizung muß ein hohes Alter zugesprochen werden, denn im Plane von St. Gallen — der aus dem IX. Jahrhundert stammt — sind bereits Öfen angedeutet. Abbildungen altdeutscher Öfen datieren freilich erst aus dem Schlusse des Mittelalters, dagegen sind einzelne Kacheln erhalten, welche zum Bau solcher Öfen gedient haben. Nach den Forschungen von Essenwein[1]) ist der älteste Typus der Kacheln die Schüssel mit umgeschlagenem, viereckig gestaltetem Rande (Fig. 89 u. 90).

1) Anzeiger für die Kunde der deutschen Vorzeit 1875, Nr. 2—5.

Diese Form gestattete bei vermehrter Oberfläche eine um so größere Wärmestrahlung, wenn — wie anzunehmen

Fig. 89.

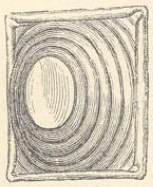
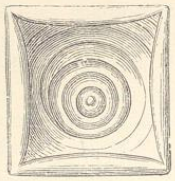


Fig. 90.

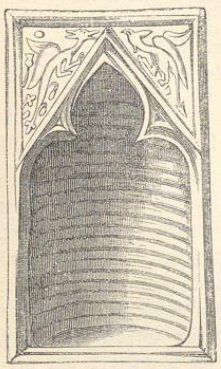


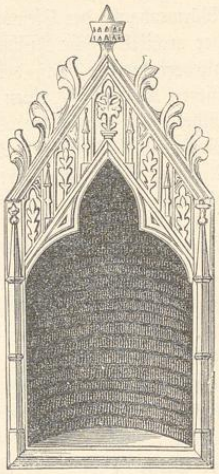
ist — die Schüsselhöhlung nach außen trat. Der umgeschlagene quadratische Rand ist zum bequemen Aufbau der Schichten nötig. Solche primitive Kacheln sind nicht glasiert; der Ofen wurde höchstwahrscheinlich äußerlich mit einer Kalktünche überzogen.

Eine zweite Art hat die Form eines gedrehten Halbcylinders, der vorn an einen offenen Schildrand, d. h. an einen viereckigen Rahmen angefügt ist und oben und unten einen halbkreisförmigen Boden erhielt. Der Kachelrahmen wurde aus einer Form gepreßt (um gleiche Größe der Kacheln zu gewinnen), meist architektonisch gegliedert und mit Reliefs verziert. Ornamentik und Gliederung geben dann die Anhaltspunkte für die Entstehungszeit der Kacheln. Die ältesten wurden in den Rheinlanden gefunden; sie gehören dem deutschen Übergangsstyl an. Fig. 91 giebt die Abbildung einer der von Hefner von Alteneck auf der Veste Tannenberg ausgegrabenen

Fig. 92.

Fig. 91.





Kacheln, der Mitte des XIV. Jahrhunderts angehörig, mit Tiergestalten in den Zwickeln des Schildrahmens. Die Kacheln sind glasiert, teils braun, teils grün und gelb. Andere, zur obersten Schicht eines Ofens gehörige Kacheln sind giebelförmig abgeschlossen (Fig. 92). Nicht immer ist es gerade ein Cylinder, der mit solchem vorderen Rahmen verbunden ist, sondern auch nur ein Cylinderabschnitt (Fig. 93). An den Cylinderabschnitt ist eine Stirnseite angefügt, welche

Fig. 93.



das durchbrochene Maßwerk eines Fensters nachahmt. Diese Kachel war grün glasiert und dürfte aus dem XIV. Jahrhundert stammen.

Bei anderen rein glasierten Kacheln der späteren Zeit ist nicht nur der Rahmen, sondern auch die Cylinderfläche gepreßt und der Boden segmentförmig gestaltet. Das aufgesetzte Wappen deutet nach seiner Form auf das XV. Jahrhundert als Entstehungszeit hin. Solche Kacheln nennt man „Nischenkacheln".

Einen weiteren Fortschritt der Technik zeigt Fig. 94. Bei dieser schönen Kachel tirolischen Ursprunges ist in

Fig. 94.



der Vorderfläche des Schildrandes das Landeswappen durchbrochen eingefügt.

Über die Formen, in denen sich ein Ofen aus solchen durchbrochenen Kacheln aufbaute, geben uns alte Abbildungen Aufschluß. Gewöhnlich ruhte er auf Füßen von Eisen oder Stein, welche eine Eisenplatte tragen; der rechteckige Untersatz des Ofens lehnt sich an eine Heizöffnung in der Zimmerwand. Über dem Untersatze folgt ein runder oder achteckiger Aufbau mit Zinnen- oder Giebelkrönung. Die reiche plastische Wirkung wird durch das Hinzutreten farbiger Glasuren gesteigert.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gegen den Schluß des XV. Jahrhunderts finden sich dann Kacheln, welche vollständig bunt mit aufgeschmolzenen Emailfarben bemalt sind. Als Beispiel dieser Gattung kann die Abbildung Fig. 95 einer aus Norddeutschland stammenden Nischenkachel dienen, welche sich jetzt mit anderen dieser Art im Besitze des Germanischen Museums zu Nürnberg befindet. Solche Wappenkachel ist annähernd

Fig. 95.

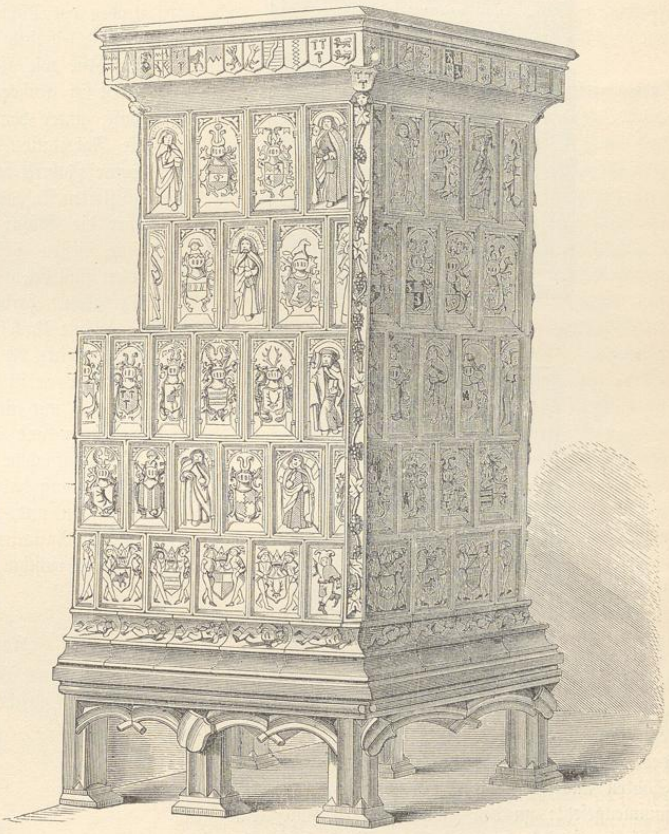


20 cm breit und 32 cm hoch; die Pressung ist scharf, die Palette um zwei Farben vermehrt: der Farbenschmelz ist ein außerordentlich gelungener. Andere Kacheln dieser Periode stellen mit Vorliebe Heiligenbilder oder biblische Vorgänge dar, wie der Ofen aus der Sakristei von St. Stephan in Wien. Überhaupt waren bunte Kacheln damals in ganz Deutschland verbreitet.

Als ein schönes Beispiel lassen wir hier die Ansicht des aus Ochsenfurt a. M. stammenden Ofens, jetzt im Germanischen Museum in Nürnberg, folgen (Fig. 96). Die Kacheln sind rechteckig überhöht, die Felder wenig vertieft und mit Apostelfiguren oder Wappen fränkischer Adelsgeschlechter geziert, die Ecken durch besondere Kacheln gesäumt, welche ein aufsteigendes Ornament zeigen. Das Gesims hat gleichfalls Wappenkacheln erhalten; die Glasur ist sorgfältig, die Farbenpalette reich und die Entstehungszeit dürfte um 1500 zu setzen sein. Der Ofen ist 0,80 m breit, ohne Steinfuß 1,46 m hoch und hat 82 Kacheln. Ob derselbe aus Würzburg oder Nürnberg stammt, bleibt unentschieden.

In Nürnberg hatte sich die älteste Form der Kachel, die „Schüsselkachel", lange Zeit erhalten und dort im Laufe der Zeit eine künstlerische Ausbildung dadurch gewonnen, daß man quadratische Kacheln in der Mitte mit einer kreisförmigen Vertiefung versah, wie sie unser Beispiel (Fig. 97) aus dem XV. Jahrhundert zeigt. In der Mitte der Schüssel ist die Krönung der Maria dargestellt, die

Fig. 96.



Zwickel sind teils ornamentiert, teils mit Tiergestalten gefüllt; die Höhe und Breite beträgt 21 cm; in der Glasur herrscht Blau, Grün und Gelb vor. Eine andere Ausbildung zeigt Fig. 98. Die Vertiefung ist nicht mehr rund, sondern quadratisch gegliedert und mit einer im Mittel aufgesetzten Rosette versehen, hinter der zwei sich kreuzende Stäbe hervorkommen. Die Glasurfarben sind: weiß, grün, gelb.

Jene buntglasierten Töpferarbeiten, wie sie während des XV. Jahrhunderts sich eingebürgert hatten, wurden

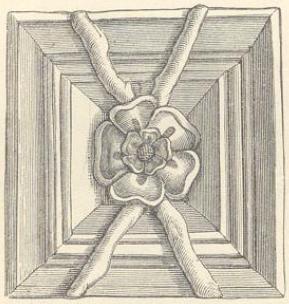
auch im XVI. Jahrhundert in Deutschland geübt; aber es änderte sich der Stil und die Modellierung; die Farbe gewann an Frische und Reinheit.

Im XVII. Jahrhundert tritt die bunte Glasur mehr und mehr zurück, die Modellierung wird sorgfältiger, auch das Bestreben sichtbar, den Aufbau künstlerisch zu gestalten. Dies gilt namentlich für die Erzeugnisse der von Italien

Fig. 97.



Fig. 98.



beeinflußten Tiroler Schule. Hier erhalten dann die Architekturstücke oft bedeutende Größe bei trefflicher Modellierung. Ein von Essenwein mitgeteilter tirolischer Ofen[1]) mit der Jahreszahl 1660 ist aus buntglasierten Pilastern, Säulen und Gesimsstücken von circa 84 cm Länge zusammengesetzt; zu den Zwischenflächen sind kleine grünglasierte Kacheln verwendet. — Eines der glänzendsten Beispiele der Komposition, Modellierung und Glasur ist der große Ofen im „Artushofe“ zu Danzig.

In den Wohnstuben der Bürgerhäuser, den Gesindestuben der Patrizierhäuser und sonst anderwärts erhielt sich aber neben jenen architektonisch gegliederten Öfen noch im XVIII. Jahrhundert der aus kleinen Schüsselkacheln erbaute Ofen.

1) Anzeiger für die Kunde der deutschen Vorzeit, Nr. 6, Spalte 171, 172.

Der Beginn des XIX. Jahrhunderts bezeichnet, wie in der Architektur, so auf dem Gebiete des Ofenbaues eine Periode farbloser Nüchternheit. An die Stelle der gegliederten, tritt nunmehr die glatte moderne Kachel, das Reliefornament des Ofens beschränkt sich auf einen antikisierenden Fries mit Gesims. Die farbige Glasur verschwindet oder sie wird nur noch für Öfen untergeordneter Räume verwendet; an deren Stelle tritt eine gelblich weiße Glasur, welche dem herrschenden Geschmacke mehr zusagt. Das Bestreben des Töpfers richtet sich, in Nachahmung des Porzellans, lediglich auf Herstellung feiner weißer Schmelzkacheln, wie sie der Ofenfabrikant Feilner in Berlin zuerst in großer Vollkommenheit herstellte, der sich auch sonst, unter dem Einflusse Schinkels, Verdienste um die Fabrikation von Terrakotten für Bauzwecke erwarb. Seine Fabrik begründete bei technischer Vollendung des stilisierten Aufbaues den Ruf der „Berliner Öfen“. Da aber die Glasur die Schärfe des Ornamentes beeinträchtigte, ließen Feilners Nachfolger dieselbe bei ornamentalen figürlichen Stücken fort; der Maler pflegt dann die Terrakotten farbig zu streichen.

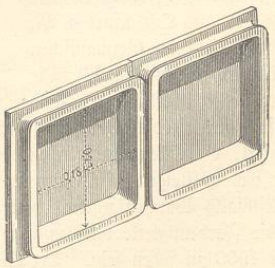
Eine Umkehr von dieser landläufigen Produktion ist erst vor circa 20 Jahren erfolgt, indem einzelne Fabrikanten, wie Sälzer in Eisenach und Fleischmann in Nürnberg, zunächst mit Reproduktion schöner mittelalterlicher Öfen vorgingen und dadurch anregend wirkten. Die bewußte Wiederaufnahme der Majolikatechnik und deren stetige Fortentwickelung haben alle neueren Ausstellungen überzeugend dargethan und so hat unter dem Einflusse der dazu berufenen Anstalten die Kunsttöpferei wiederum mehr und mehr in richtige Bahnen eingelenkt.

§ 34.

Konstruktion der Kachelöfen.

A. Das Material. Die moderne Kachel wird fast überall in gleichen Abmessungen, nämlich 20 cm breit und

Fig. 99.



23 cm hoch, hergestellt, wobei die fehlerfreie und ebene Produktion der Platten gut gelingt. Die Vorderplatte ist 15 mm dick und heißt der „Spiegel“; zu ihrer Ver-

steifung und zur Aufnahme der Ausfutterung ist dieselbe nach Fig. 99 mit einem 35 mm hohen „Steg", der einen umgeworfenen Rand erhält, versehen. Der innere Hohlraum zwischen dem Stege mißt 18/23 cm. Man unterscheidet Eckkacheln und „gerade" oder „flache" Kacheln. Zur Erzielung des „Verbandes" wird der einen Eckkachel die ganze, der anderen nur die halbe Länge (10 cm) gegeben; die Eckkacheln werden stets leicht abgerundet. — Im übrigen setzt man die Kacheln in „Schichten" auf und die Größe eines Ofens wird nach der Anzahl der Kacheln, welche die Schicht enthält, bestimmt. Der auf Tafel 13 dargestellte Ofen ist beispielsweise 4 Kacheln lang, 3 Kacheln breit und $9^1/_2$ Schichten exklusive Fries und Gesims hoch.

Nach Reinheit, Färbung und Schmelz der Glasur unterscheidet man „feinweiße", „weiße", „halbweiße" und „bunte" oder „farbige" Kacheln. Die Öfen aus feinweißen Kacheln werden Schmelzöfen oder „Emailleöfen", in Süddeutschland „Porzellanöfen" genannt. Bisweilen werden auch „gemusterte" Kacheln, „Damastkacheln", fabriziert, indem mittels eines Sandgebläses auf der glänzend weißen oder farbigen Kachelfläche nach beliebiger Zeichnung matte Stellen erzeugt werden. Durch derartige Flächenmuster kann man die architektonische Wirkung des Emailleofens wesentlich erhöhen.

B. Das Setzen der Öfen. Alle Schichten müssen mit engschließenden Fugen versetzt werden, was durch sorgfältiges Aneinanderschleifen der Kacheln in der Lager- und Stoßfuge geschieht. Das Setzen eines eleganten Ofens ist daher mühsam und erfordert 4 bis 5 Tagewerke eines geübten Setzers.

Auch unsere norddeutschen Öfen werden mit Kanälen oder „Zügen" versehen, in denen die Feuergase ihre Wärme absetzen sollen. Diese Züge sind stehende (vertikale) oder „liegende" (horizontale); nicht selten werden stehende und liegende Züge, die gemischten Züge, gewählt. Stehende Züge gestatten ein lebhafteres Brennen des Feuers und innigere Berührung der Stichflamme mit den äußeren Wandungen des Ofens, woraus besserer Nutzeffekt resultiert. Bei den liegenden Zügen kommt die Stichflamme fast nur den inneren Deckschichten zu statten; dagegen sind die gegenüberliegenden Kacheln einer Schicht leichter zu verankern.

Öfen, welche im Souterrain oder über einem gewölbten Untergeschoß errichtet werden, erhalten ein massives Fundament. In den oberen Etagen werden dieselben auf eine kräftige Unterlage von 5 bis 7 cm starken Bohlen, welche in die Balken, bündig zur Oberkante, eingefalzt sind, gesetzt. Hierauf wird die gehobelte Ofenzarge (Tafel 13, Fig. 3 u. 4) genau wagerecht verlegt und der Zwischenraum mit Backsteinen horizontal ausgeglichen. Die eigentliche Herdsohle muß nach Polizeivorschrift freilagernd, im geeigneten Abstande von der Pflasterschicht, angebracht werden. Zu dem Ende legt man über aufrecht gestellten Backsteinen zunächst eine doppelte Dachsteinschicht mit verwechselten Fugen und darüber das flachseitige Herdpflaster, $6^1/_2$ cm stark, in Lehmmörtel auf (Tafel 11, Fig. 2 u. 3). Durch solche Konstruktion des Ofensockels wird das Gewicht desselben verringert, das Austrocknen erleichtert und die Gefahr des Durchbrennens beseitigt. Der Hohlraum ist mit vergitterten Öffnungen versehen, welche eine Kommunikation mit dem Zimmer herstellen, so daß bei schlechtem Zustande der Herdsohle die Spuren des durchfallenden Feuers leicht wahrgenommen werden können.

Die Herdeinfassung erhält bis zum Untergesims die über der Zarge angelegte Stärke von etwa 13 cm, indem hinter die ausgefutterte Sockelkachel noch ein Backstein auf die hohe Kante gegengelegt wird. Dies ist nötig, um die Kacheln gegen das Springen in der starken Herdhitze zu schützen, andererseits als Schutz derselben gegen das Zerstoßen beim Einlegen und Schüren des Brennmateriales. Über dem Untersims aufwärts verbleibt für den übrigen Teil des Feuerraumes nur eine Wandstärke von etwa 9 cm, nämlich eine Kacheldicke und ein dahinter gelegter Dachstein mit Lehmüberzug. Oberhalb des Feuerkastens endlich werden die Kachelschichten mit Dachsteinstücken in Lehm so stark ausgefuttert, als die Kacheln — ohne zu springen und Glasur zu verlieren — aushalten können, und dies zu beurteilen ist Sache des Töpfers, der sein Material kennen soll. Die Dicke der Ausfutterung wird jedenfalls mit der Entfernung vom Feuerherd abnehmen müssen, damit an allen Stellen der Ofenwandung ein möglichst gleicher Wärmegrad erzielt wird.

Die Decken der horizontalen Züge werden gewöhnlich aus doppelten Dachsteinen mit verwechselten Fugen hergestellt und zu dem Ende auf flache Eisenschienen gelegt, welche ihr Auflager an den Langseiten des Ofens auf dem Kachelsteg oder auf Steinstücken finden, welche in der Kachelausfutterung angebracht sind. Sie dürfen indessen nicht so lang sein, daß sie die Kachel berühren, weil die in der Hitze sich ausdehnenden Eisenstäbe den Ofen auseinandertreiben. Vorteilhafter bildet man die Decken von 5 cm starken Chamotteplatten, welche quer über den Ofen reichen. Zur Überdeckung der Heizöffnung hinter der Ofenthürzarge und zur Unterstützung der vertikalen inneren Wandungen der Züge, zu den sogenannten „Zungen" (wie sie Tafel 10, Fig. 5 zeigt), ist man genötigt, sich der Eisenschienen zu bedienen. Jede Kachelschicht, auf der eine Decke liegt, wird mit starkem Ankerdraht gebunden, was zwischen zwei benachbarten Stegen in der inneren Lagerfuge geschieht. Die früher übliche Verankerung der Kacheln mit eisernen Klammern ist zu vermeiden; besser bewähren sich Klammern von gebranntem Thon. Bei Anordnung stehender Züge

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sucht man, mindestens da, wo es die Teilung gestattet, die Wangen der Züge zur Verankerung der Fronten zu benutzen, d. h. es werden die Dachziegel, aus denen die Wange besteht, zwischen zwei vertikale Kachelstege eingeschoben. Endlich lassen sich auch Ankerdrähte in die Fuge zwischen die doppelte Dachsteinschicht, aus welcher jede vertikale Wange besteht, einlegen.

Wo endlich zwei Wangen zusammentreffen, da wird ein Verband gewählt, wie ihn Tafel 11, Fig. 9 darstellt: die eine der beiden Dachziegelschichten läuft durch den Kreuzungspunkt, die andere nimmt die beiden Dachsteine, welche rechtwinkelig darauf stoßen, zwischen sich auf; in der folgenden Dachsteinschicht findet das Umgekehrte statt. Alle Winkel werden sodann mit Lehm gut ausgestrichen und abgerundet. Eine durchlaufene Horizontalfuge durch sämtliche Wangen ist zu vermeiden: je öfter man einen Wechsel hervorbringt, um so sicherer ist der Verband.

Auch die oberste Decke des Ofens wird sorgfältig aus einer doppelten Dachsteinschicht gebildet. Für gewöhnliche Räume ist sie in der Regel horizontal, wie bei den Öfen auf Tafel 10 u. 11, für bessere Räume aber wird der Ofen meist als Architekturstück behandelt und deshalb mit einem „Aufsatz“ versehen, welcher über dem Deckgesims in Form einer Krönung mit Akroterienschmuck aufgestellt ist und denselben nach oben abschließt. In anderen Fällen ist ein geschlossenes Giebelfeld aufgesetzt und die Ofendecke folgt dann bogenförmig oder geradlinig der Form des Giebelfeldes, wie dies z. B. der Kaminofen Tafel 8 veranschaulicht.

Die zum Schmuck der Frontansicht angebrachten Medaillons oder Bildtafeln werden sauber in den Verband der Kachelschichten eingefügt. Zur Einrahmung der Frontansichten dienen nicht selten reichgegliederte „Einfassungen“.

Als Beispiel einer eleganten Ausbildung des Ofens im Sinne des herrschenden Barockstils geben wir auf Tafel 12 einen Kaminofen aus der Fabrik von H. Schmidt in Berlin und Velten. Bei dem auf Tafel 8 dargestellten Kaminofen sind statt der Einfassungsleisten Eckpilaster, die sich auf einem Unterbau erheben, angeordnet. Derartige Öfen mit Unterbau werden auch unter Fortlassung des Kamines gesetzt und heißen „Öfen mit Mittelgesims“.

Da die ornamentierten Terrakotten ihre Schärfe behalten sollen, werden dieselben unglasiert geliefert; erst nach erfolgter Fertigstellung und Austrocknung hat der Maler die dekorativen Teile des Ofens mit Ölwachsfarbe zu tönen, eventuell zu bronzieren oder zu vergolden, die Kachelöfen behalten ihre weiße Schmelzfarbe.

Erfreulicher sind diejenigen Bestrebungen, welche dahin zielen, den farbig glasierten Ofen, wie ihn die Spätzeit der Renaissance in Deutschland gezeitigt hatte, uns zu erhalten und weiter auszubilden. Ein Beispiel dieser Art ist der auf Tafel 17 dargestellte, seiner Zeit prämiierte Kaminofen der „Aktiengesellschaft für Ofenfabrikation“ in Berlin.

Die Wiederaufnahme der Majolikatechnik hat übrigens dahin geführt, auch Kamine in diesem Materiale darzustellen, die durch Formeneleganz und Farbenwirkung den Mamorkaminen Konkurrenz zu machen im stande sind.

C. In Rücksicht auf die Anordnung der Züge werden unterschieden.

I. Öfen mit liegenden Zügen,
II. Öfen mit stehenden Zügen,
III. Öfen mit gemischten Zügen.

I. Eine strenge Durchführung liegender Züge zeigt nur der an anderer Stelle zu besprechende Ofen mit eisernem Heizkasten (Tafel 11, Fig. 3 u. 4). Dagegen sind bei dem auf Tafel 10, Fig. 2 u. 3 im Durchschnitte dargestellten Ofen die Anordnungen so getroffen, daß über den liegenden Zügen im oberen Teile stehende angelegt sind, wodurch der Querschnitt derselben gegen die Einmündung in den Schornstein verringert und ein lebhafterer Rauchabzug befördert wird. Die Anbringung einer Wärmeröhre (Tafel 10, Fig. 2 u. 3) ist zwar im Haushalt erwünscht, aber für die Heizkraft des Ofens nicht vorteilhaft und wird diese daher bei guten Öfen fortgelassen. Die Seitenwände der Röhre werden mit Kacheln ausgelegt, ebenso die Dicke, wenn letztere nicht durch eine Chamottetafel oder ein Eisenblech gebildet wird; als Abschluß nach vorn dient eine Messingthür.

II. Auch bei dem auf Tafel 10, Fig. 4 u. 5 im Durchschnitte und Fig. 8 im Horizontalschnitte bei C dargestellten Ofen mit stehenden Zügen ist erst ein liegender Zug über dem Feuerkasten eingeschaltet und darüber folgen oberhalb die vertikalen Züge, in denen der Rauch auf und nieder geführt wird, bis er im letzten Zuge oberhalb in das Rauchrohr entweicht. Der Abschluß der Heizöffnung erfolgt in Fig. 3 u. 4 durch eine eiserne Thür mit Luftregister.

Tafel 11 stellt einen nach russischem System mit stehenden Zügen gesetzten Ofen dar, wodurch gleichzeitig das Beispiel eines „Eckofens“ gegeben ist, wie derselbe in besseren Wohnräumen mit Vorliebe zur Aufstellung kommt. Er ist im Grundriß fünfeckig und erhält die Einfeuerung an der dem Zimmer zugekehrten Breitseite; seine kurzen Seiten, welche einen stumpfen Winkel bilden, heißen die Flügel des Ofens.

Man wirft den Ecköfen geringere Heizkraft vor, weil der mittlere Zug seine Wärme nicht an die Zimmerluft absetzen kann. Dies wird durch Anlage eines dreieckigen Hohlraumes n, den sogenannten „toten Zug“, vermieden,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in welchen die Zimmerluft in der Richtung des Pfeiles eintritt, sich erwärmt, aufsteigt und unterhalb der Ofendecke durch eine vergitterte Öffnung in das Zimmer zurück gelangt. Die Wandungen dieses Cirkulationskanales werden am besten aus Kacheln hergestellt.

Eine weitere nachahmungswerte Anordnung des russischen Ofens ist folgende: um das Durchdringen des Rauches durch entstandene offene Fugen des Ofens — welche sich in der Regel nach zu starker Heizung zeigen — zu vermeiden, ist (vergl. Tafel 11, Fig. 10) ein gespaltenes Dachsteinstück b in Lehm über die Kachelfugen gedrückt, welches dieselben innen bedeckt. Hierbei stützen sich die vertikalen Fugendecken zu unterst auf die Herddecke, tragen dabei die horizontalen Decksteine und verhindern deren Herabfallen; der Lehmverstrich an den Kanten der Decksteine muß allerdings sorgfältig hergestellt sein. Die Durchschnitte des Ofens nach HI und FG stellen diese Konstruktion im Zusammenhange dar, während der Gang, den die Feuergase im Ofen durchlaufen, leicht aus den in den Grundrissen Fig. 6 u. 7 eingeschriebenen Zahlen zu ersehen ist. Die Bewegung des Feuers geht vom Herde aus in 1 und in allen Zügen mit ungeraden Zahlen aufwärts, dagegen in den Zügen mit geraden Zahlen abwärts, durch die Öffnung s des Trichters in das Rauchrohr r von Eisen oder Thon und sodann in den Schornstein. Der Abschluß des Ofens erfolgt nach russischer Art durch den in § 31 beschriebenen doppelten Verschluß mit eisernen Deckeln. Um zu den Deckeln gelangen zu können, befindet sich unmittelbar darüber eine Öffnung t in der Seitenwand des Ofens, welche mit möglichst dicht schließender Thür zu versehen ist. Sicherer wird die Anlage da, wo die „Gusche“ in die Mauerdicke verlegt werden kann und der Verschluß vom Korridor her erfolgt.

Um das Austreten des Rauches durch Ritzen in der Ofendecke zu vermeiden, sind alle Feuerzüge oberhalb durch doppelte Decken abgeschlossen.

D. Es erübrigt in unserer Darstellung der Ofenkonstruktionen noch der Verschlußvorrichtungen, welche bei den Kachelöfen in Gebrauch sind, zu gedenken. Die früher gebräuchliche „Klappe“ im eisernen Ofenrohre ist ihrer Gefährlichkeit halber durch polizeiliche Bestimmungen verboten und an deren Stelle sind luftdicht schließende Ofenthüren vorgeschrieben.

Nach der Art des Verschlusses unterscheidet man drei Gattungen von luftdichten Ofenthüren, nämlich:

Kittthüren, Balkenthüren, Hebelthüren.

1. Die Kittthür. Tafel 16, Fig. 2 bis 2b. Die von Gußeisen gefertigte Zarge ist zur Aufnahme von zwei, gleichfalls gegossenen, Thüren eingerichtet, von welchen die innere die Konstruktion einer gewöhnlichen Heizthür zeigt, wie sie in Fig. 100 dargestellt ist, die äußere dagegen hat auf ihrer nach innen gekehrten Seite eine angegossene Nut, in welche ein an der Zarge angebrachter Rand eingreift. Zum vollständigen luftdichten Verschluß, welcher durch das feste Andrücken der Thür bewirkt werden soll, wird die Nut mit einem elastischen Kitt aus Graphit und Asbest ausgefuttert, der die Unebenheiten des Randes aufhebt. Das

Fig. 100.

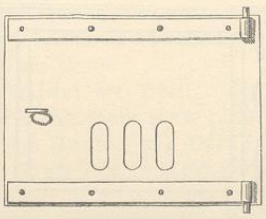
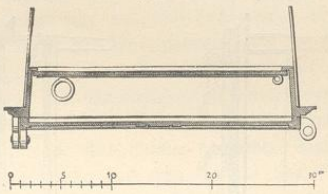


Fig. 101.



Anpressen erfolgt mittels einer Schraube, die ihr Muttergewinde in der Zarge selbst hat, und die Spindel wird durch das Aufsetzen eines besonderen Schlüssels gehandhabt. Fig. 3 u. 3a, Tafel 15, stellen endlich die zugehörige messingene Vorthür dar.

2. Die Oberbalkenthür. Durch das häufige Öffnen und Schließen der Kittthür wird die Ausfutterung der Nut leicht beschädigt und ihre Ergänzung im Sinne der Sicherheit oft nötig. Dies hat Veranlassung gegeben zu der in Fig. 1 u. 1b dargestellten Oberbalkenthür. Hier sind nämlich zwei Zargen vorhanden, wovon die äußere wieder zur Aufnahme der luftdichten Thür dient, die mit ihrem geschliffenen Rande auf den geschliffenen Rand der inneren Zarge aufsetzt. Die Anpressung erfolgt durch einen übergelegten Balken, in dessen Mitte eine Schraube befindlich ist; einige Umdrehungen des Schlüssels bringen dann den nötigen Schluß hervor. Nach außen wird die Vorrichtung ebenfalls durch die Messingvorthür gedeckt.

Man fertigt sowohl Kitt- als Oberbalkenthüren (auch ornamentiert) in Gußeisen und Messinguß; im letzteren Falle wird die Messingvorthür entbehrlich gemacht. Der Schraubenschlüssel ist alsdann fest mit der Spindel vereinigt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

3. Die Hebelthür (Fig. 102 bis 104) besteht aus einer inneren Heizthür mit Luftregister, welche an den vorstehenden, angegossenen Rand der gußeisernen Zarge anschlägt, und aus einer schweren äußeren Rahmenthür mit in den Rahmen eingeschliffenem Rande. Das Anpressen der letzteren erfolgt durch zwei Hebel aa, welche in

Fig. 102.

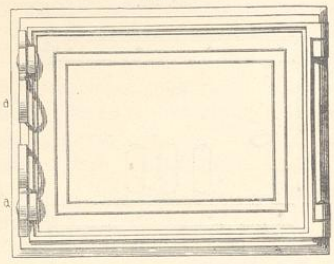


Fig. 103.

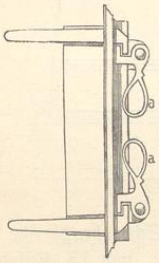
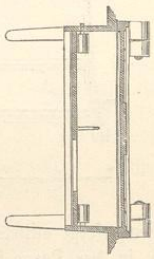


Fig. 104.



der Stellung der Fig. 103 in entsprechende hakenförmige Ansätze des Rahmens eingreifen und dadurch den sicheren Schluß bewirken. Der einfachen Handhabung und Billigkeit wegen sind diese Thüren sehr beliebt. Die vordere Hebelthür wird entweder in Gußeisen bronziert oder in Messingguß geliefert, und danach variiert auch ihr Preis.

III. Gemischte Öfen.

§ 35.

Um eine schnellere Erwärmung hervorzubringen, als sie das Material der thönernen Öfen gestattet, waren in Deutschland schon vor mehr als 50 Jahren Leitungsöfen mit gußeisernem Untersatze in Gebrauch. Der eiserne Brennraum soll nämlich die Wärme schnell verbreiten, während das Material des thönernen Aufsatzes als schlechter Wärmeleiter die nachhaltige Aufspeicherung der Wärme zu bewirken hat.

Ein Ofen nach diesem System ist u. a.:

1. Der von G. v. Winiwarter in Wien konstruierte; derselbe ist in zwei Horizontalschnitten, einem Vertikalschnitte und einer Ansicht in den Fig. 105 bis 108 dargestellt. Der Sockel desselben besteht in seiner ganzen Höhe aus Gußeisen; in demselben ist der gußeiserne Heizkasten nebst Rost und Aschenfall untergebracht. Vom Sockel aufwärts ist der Winiwarter'sche Ofen in allen Teilen aus Thon konstruiert.

Fig. 105.
Schnitt nach NN.

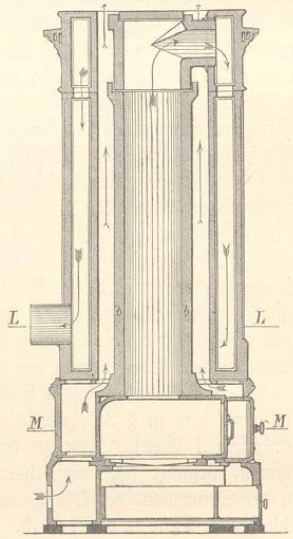
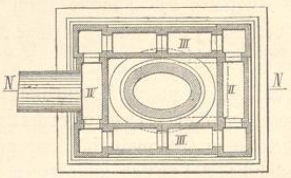


Fig. 106.
Schnitt bei LL.



Über dem eisernen Heizkasten erhebt sich eine elliptische starkwandige Röhre aus Chamotte bb, die von einem Mantel aus doppelwandigen, hohlen Thonkästen umgeben ist. Die Flamme steigt in der Röhre bb senkrecht nach oben, geht dann in den hohlen Ofenmantel über, die Züge II, III und IV durchstreichend, und mündet bei L in den Schornstein.

Die Zimmerluft gelangt durch Öffnungen im Ofensockel in den Hohlraum zwischen dem elliptischen Rohre bb und dem Ofenmantel und strömt erwärmt durch Öffnungen in der Ofendecke aus.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der Ofen von Winiwarter ist wegen der großen, aus gebranntem Thon hergestellten Versatzstücke ziemlich teuer und schwer transportabel.

2. Der Staebe'sche Schulofen (Fig. 109 im Grundriß und Durchschnitt), welchen die Ofenfabrik vormals

Fig. 107.

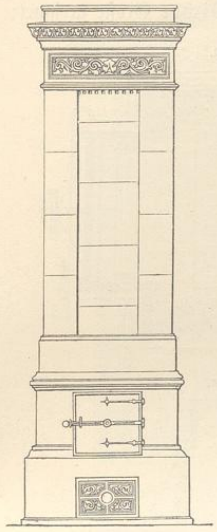


Fig. 109.

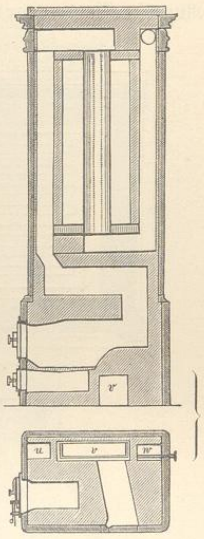
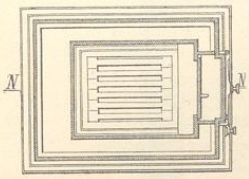


Fig. 108.
Schnitt nach MM.



Duvigneau & Co. in Magdeburg fabriziert, war s. Z. auf der Spezialausstellung zu Cassel ausgestellt.[1]) Die untersten Kachelschichten sind der Haltbarkeit wegen mit eisernen Bändern gebunden, Heizthür und Aschenthür sind luftdicht schließend, der eiserne Heizkasten ist mit Chamotteplatten ausgefuttert. Zur Erzielung einer Zimmerventilation sind drei Stück 7 cm weite, viereckige eiserne Rohre in das Ofengemäuer dicht schließend eingefügt. Das eine, vom Fußboden bis zur Decke reichende Rohr v steht mit der äußeren Luft in Verbindung; das Rohr u dient zur Cirkulationsheizung, Rohr w saugt die verdorbene Luft vom Fußboden ab und leitet sie nach dem Schornsteine.

3. Bei dem Ofen des Ingenieurs Born in Magdeburg besteht nicht allein der Untersatz, sondern der ganze äußerlich sichtbare Aufbau aus Eisen. Dieser Metallmantel ist, wie Taf. 13, Fig. 1 bis 4, verdeutlicht, in der Nähe des Feuerraumes mit Chamotte, in den oberen Partien und unterhalb des Rostes mit Mauerziegeln ausgefuttert. So findet eine innige Vereinigung beider Materialien statt. In der Mitte des kreisrunden Ofenkörpers befindet sich ein aus Chamotte- resp. aus Mauerziegeln errichteter Kern von $1^1/_2$ Stein Durchmesser, um welchen die Feuerzüge I und II symmetrisch angeordnet sind; behufs schnellerer Anwärmung des Zimmers wird der III. Zug durch ein metallenes Rohr gebildet.

Der Ofen wird 1 bis $1^1/_2$ Stunde lang scharf geheizt, alsdann die Thür luftdicht geschlossen, wobei die erhitzten Thonmassen, wie bei den russischen Massenöfen, lange Zeit als Wärmereservoir dienen.

4. Der Feilner'sche Ofen. Durch den Ofenfabrikanten Feilner in Berlin wurde zuerst der gußeiserne Heizkasten in das Innere des Ofens verlegt. Ein derartiger Ofen ist auf Tafel 14 in vier Horizontalschnitten, welche in den Höhen bei A, B, C und D genommen sind, auch in einem Quer- und Längenschnitte (Fig. 3 u. 4) und in zwei Ansichten dargestellt.

Die ungleichmäßige Ausdehnung des Eisens in der Wärme verlangt eine möglichst freie Lage des eisernen Heizkastens, wenn das Auseinandertreiben des Ofens verhütet werden soll. Derselbe wird aus einer Grund- und Deckplatte und drei Seitenplatten zusammengesetzt und in einen Falz des Ofenmauerwerkes so eingeschoben, daß Spielraum für die Ausdehnung verbleibt. Eine doppelte Dachsteinlage, welche über vier Stücken von Mauerstein gestreckt ist, dient ihm als Unterlage. Zum Zwecke leichterer Bewegung ist diese Decke mit trockenem Sande bedeckt. Zur Ableitung des Rauches aus dem Heizkasten ist auf denselben ein gußeiserner Cylinder stumpf aufgesetzt. Die Dichtung der Fuge wird durch Sand bewirkt, welchen ein umgelegter Lehmwulst festhält. Der Cylinder trägt auf seinem Flansche eine oval gelochte Eisenplatte und darüber folgt eine Schicht Dachsteine, wodurch der Abschluß gegen die nun folgenden liegenden Züge bewirkt wird. Diese Züge sind sämtlich mittels einer durchgehenden, vertikalen Zunge geteilt, wodurch der Weg des Feuers verlängert und eine möglichst vollständige Abgabe der in den Rauchgasen enthaltenen Wärme an die Ofenwandungen erzielt wird. Um die vom Heizkasten ausgestrahlte Hitze nutzbar zu machen, sind im Sockel des Ofens in Höhe bei A drei Gitterkacheln angebracht, durch welche die Zimmerluft einströmt, sich an den Wandungen des Kastens erwärmt und über C durch die oblonge Gitterkachel ins Zimmer zurückkehrt. Bei fortgesetzter Cirkulation wird eine schnellere Erwärmung des Lokales erzielt als durch gewöhnliche Kachelöfen und die ziemlich empfindlichen Schmelzkacheln werden von der Hitze des Herdes nicht alteriert.

Die Kosten eines derartigen Einsatzes erhöhen den Preis des kompletten Ofens um circa 30 Mark; letzterer

1) Katalog der Kasseler Spezialausstellung. II. Aufl. S. 114.

pflegt je nach Größe, Reinheit und Weiße des Kachelmateriales und der Schönheit der Ausstattung erheblich im Preise zu schwanken.

5. Die Ofenfabrik vormals Duvigneau & Co. in Magdeburg fertigt einen sogenannten „Einsatzofen", der ebenfalls in die Kategorie der gemischten Öfen gehört und vielfache Verbreitung gefunden hat. Ein derartiger Ofen unterscheidet sich im Unterbau nicht von den gewöhnlichen Zimmeröfen; aber die schnellere Erwärmung wird hier dadurch erreicht, daß inmitten des Ofens eine vorn und hinten offene „Nische" aus Kacheln gebildet und in dieser ein gußeiserner „Reguliereinsatz" aufgestellt wird.

Während der Regulireinsatz nach dem Zimmer hin durch eine zweiflügelige, bronzierte Gitterthür verdeckt wird, kann die Zimmerluft an der Rückseite des Ofens in die offene Nische treten und erwärmt durch das Thürgitter ins Zimmer zurückkehren. (Tafel 15, Fig. 1 bis 3.)

Der eiserne Einsatz, den Fig. 110 u. 111 im größeren Maßstabe darstellen, ist mit Chamotte ausgefuttert, mit Hängerost, Planrost und Regulierschraube versehen und oberhalb trichterförmig verengt. Der Einsatz besteht aus gußeisernen Platten a a und einem unteren Kranz b mit Falzverbindung; oberhalb werden die Platten durch die trichterförmige Haube c zusammengehalten. Über der letzteren ist mit guter Dichtung ein Rohrstutzen aufgesetzt, welcher die eiserne Decke der Nische durchdringt. Aus dem Rohr steigt der Rauch in dem Zuge 1 (Tafel 15) nach der Richtung des Pfeiles empor, fällt in 2 abwärts, umspielt den unteren Abschluß der Nische, steigt in 3 auf und gelangt durch den liegenden Zug 4 in das Rauchrohr und den Schornstein.

Die zur Verbrennung nötige Luft wird dem Roste durch die „Regulierschraube" zugeführt, die Asche aber fällt durch die Spalten des Rostes in den beweglichen Aschenkasten, der auf einer Eisenplatte ruht. Die mit Deckel versehene Öffnung der Platte dient zur Entfernung von angesammelter Flugasche und Ruß.

Ein besonderer Vorzug dieses Ofens ist seine Dauerhaftigkeit, da der Einsatz unabhängig von den Kachelwandungen aufgestellt ist und Reparaturen der Eisenteile ohne Umsetzen des Kachelmantels leicht ausgeführt werden können. Da die Heizthüren nicht in einer Kachelwand liegen, werden die Schmelzkacheln wesentlich geschont. Die Bedienung ist einfach, wie bei allen Regulieröfen und die Erwärmung tritt ziemlich schnell ein. Die thönernen Wandungen des Mantels bilden ein Wärmereservoir, welches auch nach dem Abbrennen des Füllschachtes noch längere Zeit strahlend wirkt.

Die Ausbildung der Einsatzöfen hat eine befriedigendere Lösung dadurch erfahren, daß man sich bemühte, die Gitterthüren organischer in den architektonischen Aufbau einzufügen. Die Thonwarenfabrik vormals O. Duvigneau & Co. in Magdeburg fabriziert derartige Öfen als Spezialität in Schmelzkacheln und in plastisch verzierten Kacheln mit farbiger Glasur in verschiedenen Gattungen, und zwar als:

a) Grundöfen (viereckig oder fünfeckig) zur Aufstellung in Zimmern gewöhnlicher Größe geeignet;

Fig. 110.

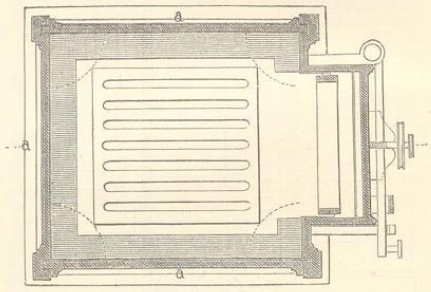
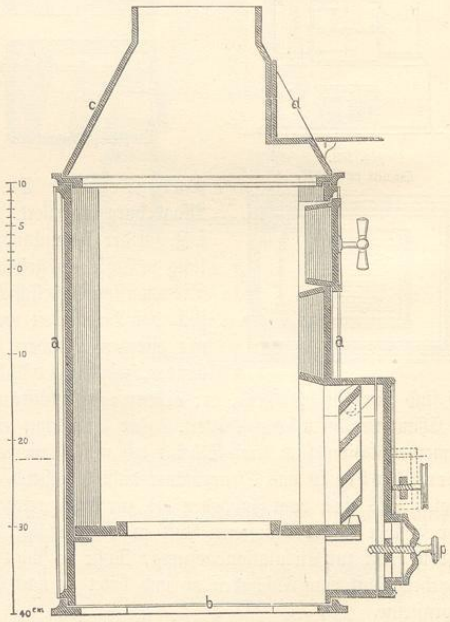


Fig. 111.



b) Einfassungsöfen, postamentähnlich, für kleine elegante Zimmer oder Boudoirs;

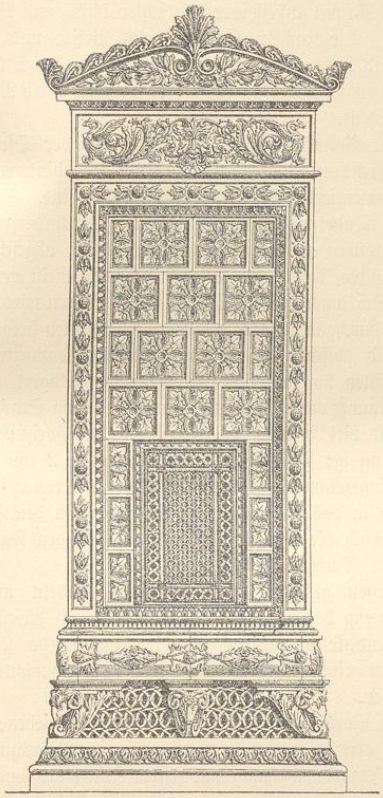
c) Öfen mit Mittelsims, in deren Untersatz ein besonders großer Einsatzofen eingefügt ist;

d) Öfen mit kaminähnlichem Unterbau (Einsatzofen mit Vorthüren).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der in Fig. 112 dargestellte Ofen ist ein Gitterofen mit reicher Einfassung, plastisch verzierten Kacheln und farbigen Glasuren. Der Sockel ist durchbrochen, um

Fig. 112.



das Einströmen kalter Luftschichten am Fußboden zu ermöglichen; der Austritt der erwärmten Luft erfolgt durch die bronzierte Gitterthür.

6. Als ferneres Beispiel der Öfen gemischter Art teilen wir endlich auf Tafel 18, Fig. 1 bis 6, eine in Süddeutschland und speziell in Karlsruhe sehr gebräuchliche Konstruktionsweise mit. Diese Öfen werden fast ausschließlich von innen geheizt und gewähren, da sie meist aus fein glasierten Kacheln zusammengesetzt sind, ein ziemlich gefälliges Ansehen. Der Rost bleibt häufig fort, da vorwiegend Holz als Brennmaterial zur Anwendung gelangt: in dem vorliegenden Beispiele ist jedoch auf Steinkohlenheizung Bedacht genommen und deshalb Rost nebst Aschenfall nach Art der eisernen Etagenöfen angebracht.

Auf Tafel 18, Fig. 1, ist die Vorderansicht und in Fig. 6 ein Teil der Seitenansicht des Ofens zusammengestellt. Fig. 2 giebt den Längsschnitt nach der Richtung EF des Grundrisses, Fig. 3 den Querschnitt nach der Linie GH, während die Horizontalschnitte nach A-B und C-D die Ausfutterung des Feuerraumes resp. die Anordnung der Wärmeröhre erkennen lassen.

Der Karlsruher Ofen ruht auf einer gußeisernen Platte mit vier schmiedeeisernen, 13 bis 15 cm hohen Stützen aus Quadrateisen. Die letzteren werden durch Füße von gebranntem Thon bekleidet, falls man nicht etwa den Sockel als geschlossenen Unterbau behandelt. Auf der Eisenplatte ist die Thürzarge mittels ⌐-förmiger „Winkelstützen“ aufgenietet. Die gegossenen Roststäbe ruhen an den Enden auf zwei schmiedeeisernen Schienen fest auf; zwei dergleichen Schienen sind unterhalb mit der Gußplatte vernietet und soll auf letzteren eine Bewegung des Rostes gestattet sein. Der Aschenbehälter ist verschieblich in einem, mit der Platte vernieteten, vorn offenen Blechkasten untergebracht und mit ein oder zwei Thürchen zur Regulierung des Zuges versehen.

Auf dieser Gußplatte werden die unteren Sockelkacheln aufgesetzt; dieselben sind 10 cm hoch, mit dichtschließenden Fugen aneinander geschliffen und mit Dachsteinen in Lehmmörtel gut ausgefuttert.

Auf dem Untergesims ruhen dann in der oben beschriebenen Art die vier Eckkacheln und die dazwischenliegenden geraden Kacheln jeder Schicht. Alle horizontalen Fugen der Schichten werden ortsüblich durch Messingreifen, deren Enden man zusammenschraubt, gedeckt. Eine horizontale Verankerung der Schichten ist im vorliegenden Falle durch die Anlage zweier Wärmeröhren, welche für häusliche Zwecke benutzt werden können, gegeben, hinten sind dieselben geschlossen und vorn mit Vorthüren versehen, oder hinten offen und an der Vorderseite durch eine durchbrochene Kachel geschlossen. Es entstehen hierbei die sogenannten „Durchsichten“, deren unser Ofen zwei erhalten hat. — Die Böden der Durchsichten werden von Blech- oder Gußeisenplatten hergestellt, um eine rasche Erwärmung des Zimmers zu erzielen. Für die Böden, welche dem Stichfeuer besonders ausgesetzt sind, würde indessen eine Dachsteindecke mit darüber liegender Kachelbekleidung bei weitem vorzuziehen sein, da diese einen haltbareren, dichteren Abschluß der Züge liefert. Angesammelte Staubteilchen können alsdann auf der Kachelbekleidung des Bodens nie so weit erhitzt werden, daß sie verkohlen und lästigen Geruch im Zimmer erzeugen, was bekanntlich bei schlecht konstruierten eisernen Öfen sich einzustellen pflegt. Undichte Stellen in dem Boden der Wärmröhre und infolgedessen Eindringen von Rauch in das Zimmer werden ebenfalls vermieden. Dagegen dürfen die

Decken der Durchsichten, welche der Stichflamme nicht ausgesetzt sind, aus Eisenplatten hergerichtet werden. Im vorliegenden Falle bestehen dieselben aus Eisen und sind mit Blechkapseln versehen, um erforderlichen Falles eine Reinigung der horizontalen Züge von der Wärmröhre her bewirken zu können.

Die Decke des letzten liegenden Zuges ist aus Dachsteinen hergestellt. Um die von derselben ausgestrahlte Wärme für das Zimmer nutzbar zu machen, sind die Gesimskacheln, welche die sogenannte „Gallerie" bilden, durchbrochen und oberhalb mit einer geschliffenen Sandstein- oder Marmorplatte abgedeckt. Die Durchbrechungen der Kacheln gestatten den Austritt der Cirkulationsluft in das Zimmer.

Zum Zwecke schneller Erwärmung sind diese Öfen nur auf vier Schichten Höhe ausgefuttert und die oberen Schichten lediglich mit Lehm verstrichen. Wünscht man eine anhaltendere Wärmequelle zu erzielen, so muß die Auskleidung eine durchgehende sein. Mit Rücksicht auf das zur Anwendung kommende Brennmaterial, die Steinkohle, ist der Herd „schachtförmig" verengt, wobei eine kräftige Ausfutterung mit Chamottesteinen ermöglicht wird.

Im äußeren Aufbau erinnert der Karlsruher Ofen schon durch sein Untergestell an die Vorbilder des Mittelalters; seine mit Rand versehene Kachel ließe sich leicht zur Reliefkachel umbilden und durch Anwendung farbiger Glasuren die volle Wirkung des altdeutschen Ofens erzielen.

§ 36.

Rundöfen.

Außer diesen letztgenannten Karlsruher Öfen von viereckigem Grundriß hat sich am Orte seit längerer Zeit eine Gattung runder Öfen eingebürgert und beliebt gemacht, welche im Prinzipe kaum von der Konstruktion der Viereckséfen verschieden ist, aber doch einige charakteristische Abweichungen, namentlich in Ansehung der Züge, des Rostes und der Durchsichten zeigt. Ein derartiger Ofen aus der Fabrik des Hoflieferanten Eduard Meyer in Karlsruhe ist auf Tafel 19, Fig. 1, in der Ansicht, Fig. 2 im Vertikalschnitt, Fig. 3 bis 6 in verschiedenen Horizontalschnitten dargestellt. Die Rundöfen werden in verschiedenen Größen (Nummern) von 1 m bis 2,5 m Höhe und von 33 bis 65 cm Durchmesser hergestellt; der hier gezeichnete Ofen hat 1,68 m Höhe und 54 cm Durchmesser und absorbiert daher bei 3,34 qm Heizfläche verhältnismäßig sehr wenig Zimmerraum. Er verbindet die Vorteile des eisernen Rundofens mit den Vorteilen der Thonöfen. Die größeren Fabriknummern werden meistens mit festem Sockel gesetzt.

Die Konstruktion anlangend, ruht das eiserne Untergestell wiederum auf vier schmiedeeisernen, mit Tierfüßen bekleideten Stützen. In der Mitte des Gestelles befindet sich der kreisrunde Rost mit beweglichem Aschenkasten. Darüber folgt die Sockelschicht und nunmehr die erste Kachelschicht mit gußeiserner, luftdichter Thür- und Messingvorthür. Die Kacheln haben 21 cm Breite und 23 cm Höhe und sind nicht glatt, sondern gerieft; die Stoßfugen werden zusammengeschliffen, die Lagerfugen durch Messingringe gedeckt.

Zur Vermehrung der Heizfläche hat der Ofen zwei Durchsichten, welche am vorderen und hinteren Ende mit ornamentierten Gitterkacheln geschlossen sind. Statt der letzteren wendet man zum Verschluß an der Vorderseite auch Messingthüren an und gewinnt dann zwei abgeschlossene Wärmröhren, welche für Wirtschaftszwecke meist erwünscht sind. Die innere Wandung der Wärmeröhren wird (vergl. Fig. 2) durchgängig aus gefalzten Eisenplatten hergerichtet. Über und zwischen den Wärmeröhren sind doppelte Dachsteinschichten horizontal auf Eisenschienen gelagert, um den Verbrennungsprodukten auf ihrem Wege zum Schornsteine möglichst viel Wärme zu entziehen. Im übrigen ist die Bewegung der Feuergase durch die, in Fig. 2 und Fig. 4 bis 6 eingezeichneten Pfeile ersichtlich; jene treten in Höhe von g h in das Rauchrohr und demnächst in den Schornstein. Auch die Ofendecke ist im vorliegenden Falle aus doppelten Dachsteinen hergestellt.

Wegen größerer Haltbarkeit der Kacheln und zur Vermehrung des Reservationsvermögens sind dieselben bis zur Ofendecke hinauf ausgefuttert; am Herde selbst ist außerdem eine starke Ausfutterung von Chamottesteinen vorhanden.

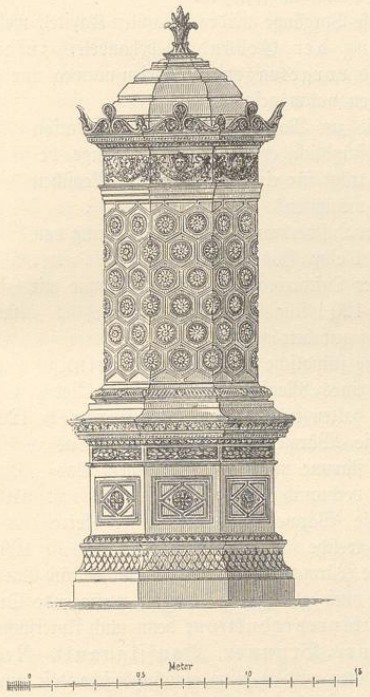
In Norddeutschland ist die zuletzt beschriebene Ofengattung gemischter Konstruktion wenig im Gebrauch; man setzt sie dort durchgängig mit festem Sockel als sogenannte „Grundöfen", die Wärmröhren mit Gitterkachel fallen fort.

Reizvoller im Aufbau, reicher und effektvoller in der Gliederung sind die Muster, welche an Stelle des Kreises das Achteck als Grundform verwenden. Ein schönes Beispiel dieser Art ist der in Fig. 113 dargestellte (von Ihne und Stegmüller gezeichnete) achteckige Majolikaofen. Der Unterbau desselben ist aus je vier größeren Platten zusammengesetzt, deren Stoß abwechselnd auf der Mitte der korrespondierenden Seiten des Achteckes liegt, in der Art, daß jedes Versetzstück eine ganze und zwei halbe Seiten enthält. In ähnlicher Weise ist der Fries mit Architrav, das Gesims und die Kuppelkrönung hergestellt. Die Masken im Fries, die Rosetten des Postamentes werden nachträglich — um die Stoßfugen zu decken — eingesetzt. Der eigentliche Schaft des Ofens ist aus achteckigen Kacheln sauber zusammengeschliffen und die Eckkacheln sind separat

im zugehörigen Winkel geformt. Die Grundfarbe der Majoliken ist ein helles Kastanienbraun, aufgelichtet mit Gelb; das Blattwerk ist grün.

Die Anordnung der Züge ist so getroffen, daß eine vertikale Zunge den Ofen in zwei Hälften teilt; über derjenigen Abteilung, welche den Feuerraum einschließt, sind

Fig. 113.



durch eingelegte horizontale Decken nur „liegende Züge", in der anderen Abteilung „stehende Züge" hergestellt. Die Einfeuerung befindet sich in einer Füllung des postamentähnlichen Untersatzes.

Hiermit schließen wir unsere Beschreibung der gebräuchlichsten Ofensysteme.

§ 37.

I. Bestimmung des Nutzeffektes der Stubenöfen.

Ein Hauptvorteil dieser Apparate für Lokalheizung besteht darin, daß alle durch die Wände derselben abgegebene Wärme für das zu heizende Lokal effektiv nutzbar gemacht wird und daß nur die Wärmemengen verloren gehen, welche von den Verbrennungsprodukten in den Schornstein mitgeführt werden. Je geringer dieser Verlust, desto größer wird der Heizeffekt sein, und auf die Bestimmung desselben kommt es daher bei der theoretischen Berechnung eines Ofens zunächst an. Bezeichnen wir:

mit k den absoluten Wärmeeffekt[1]) des Brennmateriales,
„ p das auf Wasser reduzierte Gewicht[2]) der Verbrennungsprodukte von 1 kg Brennmaterial,
„ ϑ die Temperaturdifferenz zwischen dem zu heizenden Raume und den Gasen im Rauchrohr des Ofens,

dann ist der Nutzeffekt gegeben durch die Formel von Ferrini:

$$\eta = \frac{k - p \,.\, \vartheta}{k} = 1 - \frac{p \,.\, \vartheta}{k};$$

für lufttrockenes Holz kann man setzen rot.

$$k = 3000, \qquad p = 2{,}5 \text{ kg},$$

und wenn man annimmt, daß für Stufenöfen $\vartheta = 100°$ sei, was zur Zugerzeugung immer genügt, dann ist:

$$\eta = \frac{11}{12}.$$

Für einen gut konstruierten Ofen, aus dem die Verbrennungsprodukte gehörig abgekühlt entweichen, kann man zwar $\eta = 0{,}9$ annehmen; um sicher zu gehen, wird jedoch der Nutzeffekt höchstens mit 0,80 und gewöhnlich nur mit 0,66 in Anschlag gebracht werden können.

II. Verhältnisse zwischen der Heizfläche und dem zu erwärmenden Raume.

Die Heizfläche eines Ofens wird aus demjenigen Teil seiner Wandungen gebildet, welcher innerhalb mit den Verbrennungsgasen, außerhalb mit der Luft des zu erwärmenden Raumes in Verbindung steht; die Größe der Heizfläche wird bedingt durch:

1) das Material der Ofenwandungen (Eisenblech, Gußeisen, Terracotta),
2) die Konstruktion des Ofens,
3) das zur Verwendung kommende Brennmaterial.

Auch die Art der Feuerung kann von Einfluß auf die Bestimmung der Heizfläche sein.

Da die Wände unserer Wohnungen aus natürlichen oder künstlichen Steinen bestehen, welche, wie bekannt, die Wärme hindurchleiten und die Luft der Wohnräume entweder absichtlich oder durch undichte Fugen von außen her ersetzt wird, so genügt es nicht — wie häufig in der Praxis geschieht —, die Dimensionen eines Heizapparates lediglich nach der Größe des zu heizenden Raumes zu bemessen, vielmehr wird es darauf ankommen:

1) Den absoluten Wärmeeffekt verschiedener fester Brennstoffe findet man in Tabelle II, S. 4 zusammengestellt.

2) Das aus Wasser reduzierte Gewicht eines Körpers ist das Produkt aus seinem absoluten Gewicht und der spezifischen Wärme desselben und beträgt für Luft 0,305 kg pro Kubikmeter.

alle Wärmeverluste durch Wände, Fenster, Fußböden und Decken, soweit diese Ausstrahlungs- oder Transmissionsflächen sind, zu ermitteln, wozu die auf Seite 41 zusammengestellten Transmissions-Koeffizienten dienen.

Wird die Heizfläche nur nach dem kubischen Inhalt des Raumes, ohne Rücksicht auf den stetigen Wärmeverlust bestimmt, so gelangt man leicht zu falschen Annahmen.

Man könnte nun nach dem Vorgange von Ferrini und anderen die für einen gegebenen Raum erforderliche Heizfläche bestimmen, indem man versucht, die wechselnde Temperatur des Rauches und die Temperatur der Luft, welche die Heizflächen bespült, zu ermitteln und den Heizeffekt mit Hilfe der im dritten Kapitel gegebenen Transmissionswerte zu berechnen. Dies Verfahren ist mühsam und oft erfolglos, weil die Temperaturen des Rauches in den Zügen des Ofens resp. im Schornsteine und die störenden Einflüsse der Rußablagerung bisher nicht genügend in Rechnung gezogen werden können. Man ist daher lediglich auf Erfahrungswerte angewiesen.

Péclet fand die stündliche Wärmeabgabe von einem Quadratmeter Heizfläche:

a) für Öfen von gebranntem Thon = 1600 W.-Einh.
b) „ „ „ Gußeisen . . = 4000 „
c) „ „ „ Eisenblech . . = 1500 „

Diese Zahlen sind aber als Maximalwerte anzusehen, auch wird man zu a) unterscheiden müssen, ob die Ofenwandung dünn ist wie bei Kachelöfen oder dick wie bei Massenöfen. In diesem Sinne können die von Hermann Fischer gegebenen Grenzwerte als Durchschnittszahlen dienen. Danach ist zu rechnen, daß

1) Kachelöfen für 1 qm Heizfläche 1000 bis 1500 Wärme-Einheiten (Massenöfen weniger),
2) glattwandige eiserne Öfen 2000 bis 2500 Wärme-Einheiten abgeben. Angegossene Rippen erhöhen bei eisernen Öfen die Wärmeabgabe im Mittel um 600 bis 1000 Wärme-Einheiten für 1 qm Rippenoberfläche.

III. Erneuerung der Luft der Wohnräume mittels Ofenheizung.

Die Lufterneuerung ist bei der Heizung mit gewöhnlichen Zimmeröfen bekanntlich sehr unbedeutend; sie beträgt nach Péclet $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ vom Kubikinhalt des Zimmers (während bei gut konstruierten Heizkaminen stündlich eine fünfmalige Erneuerung der Luft des Raumes erfolgt. Um die den Heizkaminen lästigen Luftströmungen zu vermeiden, wendet man an deren Stelle die früher besprochenen Mantelöfen an, bei welchen atmosphärische Luft durch einen Kanal von außen her in den Zwischenraum zwischen Mantel und Heizkörper eingeführt und der Zufluß durch eine Klappe geregelt wird.

Das auf solche Weise stündlich einzuführende Volumen frischer Luft ist abhängig von der Luftverderbnis:

a) durch den Atmungsprozeß und die Ausdünstung der Zimmerbewohner und
b) durch die Beleuchtung mit Gas, Öl oder anderen Beleuchtungsstoffen.

Diese Vorgänge werden im achten Kapitel, welches die „Lüftung der Gebäude“ behandelt, zusammenhängend vorgetragen; hier seien vorweg nur folgende Thatsachen vorausgeschickt:

1) die zur Respiration und Transpiration stündlich erforderliche Luftmenge beträgt für einen erwachsenen Menschen wenigstens . . . . . 6 cbm;
2) der Luftverbrauch durch Verbrennung von 1 cbm Gas beträgt . . . . . 8 „
3) der Luftverbrauch einer Gasflamme mit 120 l stündlichem Gasverbrauch . . 0,96 „

Dagegen beträgt:

die stündliche Wärmeentwickelung eines Menschen bei ruhigem Verhalten (nach Andral und Gavaret) 120 W.-E.;
die Wärmeentwickelung einer Gasflamme mit 120 l stündlichem Gasverbrauch . . . . . 919 „
die Wärmeentwickelung einer Kerze, welche stündlich 11 g konsumiert . 108 „

Die Wärmeproduktion von Menschen und Gasflammen ist aber auch gleichzeitig eine nie versiegende Quelle der Kohlensäureproduktion, denn nach Untersuchung von Saussure, Brunner, Boussignault, Regnault und anderen enthält reine atmosphärische Luft nur 0,3 bis 0,5 ‰ an Kohlensäure, die ausgeatmete Luft dagegen (nach Vierordt) 43,34 ‰.

Nun ist zwar durch die Erfahrung bestätigt, daß man sich ohne Störung des Wohlbefindens einige Stunden in einer Luft aufhalten kann, welche 10,0 ‰ an Kohlensäure enthält, die Kohlensäure ist also kein Bedenken erregendes Moment an sich. — Aber mit ihr in gleichem Verhältnisse nehmen auch die anderen Atmungsprodukte, d. i. der Wasserdampf und die organischen Bestandteile, zu. Diese letzteren scheinen es gerade zu sein, welche das Wohlbefinden stören. Lange vorher, ehe der Kohlensäuregehalt die bedenkliche Höhe erreicht, bemerkt man durch die Geruchsorgane, daß die Luft durch Stoffe verunreinigt ist, welche — wenn sie sich im Übermaß ansammeln — dieselbe vergiften und Übelkeit, selbst Ohnmacht erzeugen. Es ist daher für jeden Raum, der gesund erhalten werden soll, nötig, daß die durch Atmung, Ausdünstung und Beleuchtung

verdorbene Luft ersetzt werde. Findet dann die Lufterneuerung noch stetig und ausreichend statt, so wird nicht allein der Kohlensäuregehalt, sondern auch der Gehalt an Wasserdampf auf ein zuträgliches Maß zurückgeführt.

Das Quantum der abzuführenden Luft, d. h. der Lüftungsbedarf spielt also eine sehr wichtige Rolle; er wird verschieden ausfallen, je nachdem der Grenzwert der zulässigen Verunreinigung der Zimmerluft hoch oder niedrig normiert wird. — Als Maßstab für die Verunreinigung kann nach dem Vorgange von v. Pettenkofer[1]) in München mit Vorteil der Kohlensäuregehalt gewählt werden, da dieser sich am sichersten bestimmen läßt. Denn die organischen Substanzen der Luft sind nicht meßbar oder wägbar, die Sauerstoffabnahme entzieht sich der Untersuchung und der Wassergehalt ist kein sicherer Maßstab für die Verunreinigung.

Pettenkofer erklärte nun jede Luft als „schlecht für beständigen Aufenthalt", welche infolge Atmung und Ausdünstung mehr als 1 ‰ Kohlensäure enthält; gute Zimmerluft hat nach seinen Angaben höchstens 0,7 ‰ Kohlensäuregehalt. Da die Kohlensäureproduktion nun nach Alter und Geschlecht verschieden ausfällt,[2]) so gilt dasselbe auch für den Lüftungsbedarf. Um dieses Luftquantum theoretisch zu ermitteln, bezeichnen wir mit

C den stündlichen Lüftungsbedarf pro Kopf.

Ferner sei:

l die stündliche Kohlensäureausscheidung,

p der Grenzwert der Verunreinigung der Luft,

a der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure, dann ist

$$C = \frac{l}{p - a}.$$

Ausgeatmete Luft enthält 43,34 ‰ Kohlensäure; sie muß also mit so viel frischer Luft gemischt werden, daß die Kohlensäure nach der Mischung höchstens den Grenzwert (0,0007) erreicht. Die atmosphärische Luft kann daher, um gut zu bleiben, nur 0,0002, höchstens 0,0005 Kohlensäure aufnehmen, d. h. man bedarf für jedes Volumen ausgeatmeter Luft nach vorstehender Formel

$$\frac{43{,}34}{0{,}7 - 0{,}5} = \frac{43{,}34}{0{,}2} = 216{,}7 \text{ Volumina frischer Luft.}$$

Die stündlich pro Kopf ausgeatmete Luftmenge beträgt nun bei 1050 Atemzügen à 0,5 l in der Stunde = 525 l, mithin müßte die stündliche Luftzufuhr pro Kopf betragen:

$$525 \times 216{,}7 = 113{,}8 \text{ Kubikmeter.}$$

Im allgemeinen wird aber die Erfahrung über das für verschiedene Zwecke erforderliche Luftvolumen erwünschten Anhalt geben. Morin[1]) fordert an Luftbedarf pro Kopf und Stunde:

1)	In Krankenhäusern	70	bis	150 cm
2)	„ Versammlungssälen . . .	50	„	60 „
3)	„ Konzertsälen und Theatern	40	„	50 „
4)	„ Schulen für Kinder . . .	15	„	20 „
5)	„ Schulen für Erwachsene .	30	„	35 „
6)	„ Abendschulen für Erwachsene	35	„	40 „
7)	„ Gefängnissen für Erwachsene	30	„	40 „

Nach diesen vorläufigen Bemerkungen über den Lüftungsbedarf der zu dauerndem Aufenthalt bestimmten Wohnräume kann derselbe nunmehr auch durch Zahlenwerte begrenzt und für bestimmte Fälle theoretisch ermittelt werden.

In diesem Sinne fällt jeder zeitgemäßen Heizanlage die erweiterte Aufgabe zu, nicht allein den Wärmeverlust zu ersetzen, welcher durch Abkühlung der Umschließungswände hervorgerufen wird, sondern ein gleichmäßig zuströmendes Volumen frischer Luft der Art zu erwärmen, daß die Temperatur des Raumes auf nahezu konstanter Höhe erhalten wird, ein Zustand, der streng genommen nur bei kontinuierlicher Heizung eintreten kann.

Wie der beim Lüftungsvorgang erzeugte Wärmeverlust zu ermitteln sei, wird im sechsten Kapitel (§ 47 unter A) nachgewiesen.

1) Pettenkofer, Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858.

2) Zeitschrift für Biologie. Bd. II, S. 546.

1) Études sur la ventilation. Tome II, p. 42.

Sechstes Kapitel.

Centralheizungen.

§ 38.

Während Kamine und Zimmeröfen als Apparate für Lokalheizung den ausgesprochenen Zweck verfolgen, durch die Feuerung nur einen oder höchstens zwei aneinander stoßende Räume zu erwärmen, fällt den Centralheizungen die komplizierte Aufgabe zu: entweder sämtliche oder doch eine Gruppe von Räumen desselben Gebäudes mittels eines gemeinsamen Apparates und von einem Centralherde aus zu heizen.

Im Vergleich zu den im vierten und fünften Kapitel abgehandelten Lokalheizungen lassen sich die Vorteile der Centralheizungen wie folgt zusammenfassen:

1) Da für jede Zimmergruppe nur eine einzige, meist im Souterrain gelegene Feuerstelle zu bedienen ist, kostet die Beaufsichtigung weniger Mühe und Zeit; es wird an Dienstpersonal gespart, was bei großen, öffentlichen Gebäuden außerordentlich ins Gewicht fällt.
2) Der Verbrennungsprozeß des Centralherdes ist leichter regulierbar, gleichmäßiger und vollständiger als derjenige einer größeren Anzahl von zum Teil in verschiedenen Etagen gelegenen Feuerstätten. Es findet aber auch eine — nachweisbare — Ersparnis an Brennmaterial statt, wodurch die größeren Anlagekosten leicht aufgewogen werden.
3) Rauch in den Zimmern und Belästigung der Inwohner durch das Heizpersonal fallen fort, auch die Feuersgefahr wird erheblich verringert.
4) Flure, Treppenhäuser, Korridore können gleichzeitig mit erwärmt werden.

Die Schwierigkeiten in der Anlage einer Centralheizung bestehen dagegen:

a) in der Beschaffung eines verständigen Bedienungspersonales;
b) in der Regulierung des Heizeffektes nach dem jedesmaligen Stande der Außentemperatur;
c) in dem Anpassen an die Grundrißdisposition;
d) in dem Ausschließen gewisser Räume nach vorübergehendem Bedürfnis.

Das Medium, an welches die im Centralheizapparate entwickelte Wärme übertragen und durch welches sie an den Verwendungsort (die zu beheizenden Räume) geleitet wird, kann nun Luft, Wasser oder Dampf sein. Danach unterscheidet man:

A. die Luftheizung,
B. die Wasserheizung,
C. die Dampfheizung.

Als Kombinationen dieser drei Systeme unter sich sind noch zu nennen:

D. die Dampfwasserheizung, eine Kombination von B und C,
E. die Wasserluftheizung, Kombination von A und B,
F. die Dampfluftheizung, Kombination von A und C.

§ 39.

A. Die Luftheizung.

Unstreitig ist die Luftheizung die älteste, einfachste und billigste aller Centralheizmethoden. Schon die Römer der Kaiserzeit verstanden es, einzelnen Gemächern ihrer Bäder und Paläste die Wärme mitzuteilen, welche in besonderen Räumen des Untergeschosses erzeugt worden war. — In Rußland ist ein ausgebildetes System dieser Heizungsart schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Gebrauch gewesen. Als erste Anwendung bei uns gilt die Einrichtung einer — damals so genannten — russischen Heizung für das Arbeitszimmer Friedrich des Großen im Neuen Palais zu Potsdam durch den Schloßbaumeister Manger.

Die Erwärmung der Luft findet bei dem System der Luftheizung in einer besonderen, meist im Souterrain belegenen, Heizkammer statt. In dieser ist der Wärmeerzeuger (Kalorifère) derart plaziert, daß er von den massiven Kammerwänden eng umschlossen ist. Die frische, also im Winter kalte, atmosphärische Luft wird durch einen gemauerten Kanal unter dem Fußboden des Kellergeschosses in die Heizkammer eingeführt und, nachdem sie sich an den geheizten Flächen des Kalorifère auf circa 50° erwärmt hat, steigt sie nach einfachen, physikalischen Gesetzen in „Heizkanälen", welche im Mauerwerk ausgespart sind, aufwärts. Durch mit regulierbaren Klappen versehene Ausströmungsöffnungen gelangt sie alsdann in die zu heizenden Zimmer und Säle des Gebäudes.

Um der erwärmten, neu zutretenden Luft Platz zu machen, muß ein entsprechendes Quantum (verbrauchter) Zimmerluft abgeführt werden, was ebenfalls mittels vertikaler Kanäle im Mauerwerk geschieht. Diese letzteren nennt

man „Kanäle für verbrauchte Luft“ auch wohl „Abluft- oder Ventilationskanäle“, im Gegensatz zu den Heiz- oder Warmluftkanälen. Zuweilen wird das Feuer des Kalorifère mit verbrauchter Zimmerluft gespeist, die Ventilationskanäle münden dann unter den Rost des Heizapparates; gewöhnlich aber münden dieselben direkt „ins Freie“. In beiden Fällen erfolgt der Luftaustausch ohne künstliche Mittel — und man nennt dies: Luftheizung mit natürlicher Ventilation.

Die Verbrennungsgase des Luftheizofens werden in einen Schornstein geleitet. Derselbe nimmt gewöhnlich auch die Ventilationsluft — direkt oder indirekt — auf; da das Feuer in diesem Falle luftverdünnend, also „saugend“ auf die verbrauchte Luft in den Kanälen wirkt, so resultiert daraus eine Lüftung durch Aspiration (Absaugung).

Lage der Öffnungen für Zuführung erwärmter und Abführung schlechter Luft. Wo diese in den Zimmern anzubringen seien, darüber ist für jeden speziellen Fall mit Rücksicht auf die Benutzungsweise des Lokales besonders zu bestimmen. Für Schul- und Wohnräume möchte es sich am meisten empfehlen, die Ausströmung der warmen Luft etwas über Mitte der Zimmerhöhe, jedenfalls über Kopfhöhe, anzuordnen, dagegen die verdorbene Luft am Fußboden abzuleiten.

Verlängert man die kalten Kanäle bis zum Souterrain hinab und führt sie einzeln oder vereinigt zur Kammer zurück, so ist man in der Lage, mit der Luftheizmethode auch Cirkulationsheizung zu verbinden. Diese Methode wurde von Meißner in Wien[1]) schon vor circa 70 Jahren angegeben. Fig. 114 giebt eine Skizze dieses Heizarrangements. Es bezeichnet darin: I den Heizkanal, II den Cirkulationskanal, III den Ventilationskanal, IV den Heizofen, V die Heizkammer und VI den kalten Luftkanal.

A. Beginn der Heizung (Anheizen). Die Zimmerluft kann nach mehrstündiger Lüftung des Lokales als rein angesehen werden. Der Kanal VI für kalte Luft und die Klappen b und c sind geschlossen: die durch den Ofen erwärmte Luft wird also in I aufsteigen, durch die Einströmungsöffnung ins Zimmer gelangen und die steigende Bewegung bis zur Decke beibehalten. Infolge von Transmission tritt aber nach einiger Zeit in dem Zimmer unvermeidlich Abkühlung der Luft ein, wodurch sie schwerer wird, zu Boden sinkt und unterhalb b abfallend, durch den Kanal II in die Heizkammer zurückkehrt, um sich von neuem zu erwärmen und den vorigen Weg zu wiederholen. — Diese Methode der Cirkulation genügt für die Dauer nicht; sie ist jedoch für Treppenhäuser und Korridore, insbesondere bei Temperaturen unter 14°, zulässig und kann für das Stadium des Anheizens auch in Wohnräumen

Fig. 114.

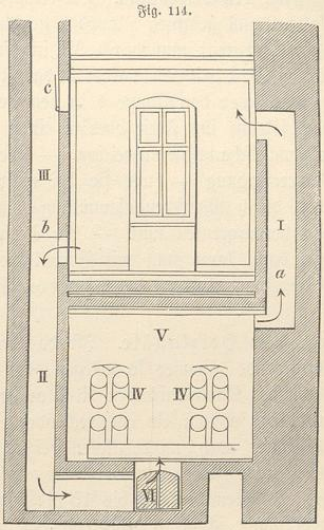
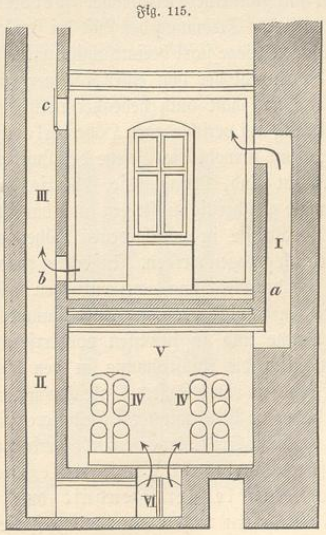


Fig. 115.



kein Bedenken erregen, sofern vorher genügende Lüftung stattgefunden hat.[1])

1) Meißner, Die Heizung mit erwärmter Luft. Dritte Auflage. Wien 1827.

1) Prof. Wolpert verwirft für Wohnzimmer und Schulen die Cirkulationsheizung ganz und verlangt für solche Räume — selbst zum Anheizen — Ventilationsheizung. Deutsche Bauzeitung 1874, Nr. 27.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

B. Soll mit der Heizung Lüftung verbunden werden, was für dauernden Aufenthalt im Zimmer hygienisch nötig erscheint, dann ist ein anderes Arrangement erforderlich, welches Fig. 115 verdeutlicht. Die Klappe p ist gesenkt, der kalte Kanal geöffnet, Klappe c geschlossen. Die atmosphärische Luft tritt nun durch VI in die Kammer, erwärmt sich am Ofen, tritt wie vorher in das Zimmer und strömt abgekühlt über der Klappe b in den Ventilationskanal II, um sodann ins Freie oder in einen besonderen Ventilationssammelschacht zu entweichen. — Wenn infolge starker Wärmeerzeugung — wie sie bei nicht normaler Heizung oder durch Menschenansammlung und Beleuchtungsprozesse hervorgerufen wird — die Temperatur erheblich steigt, dann kann man mit Vorteil die Klappe c öffnen und die Zimmerluft an der höchsten Stelle abfließen lassen.

Anlage der Heizkanäle. Ist das mit warmer Luft zu versorgende Zimmer so gelegen, daß der Heizkanal nicht von den Kammerwänden direkt aufsteigt (wie in Fig. 114 u. 115), so muß ein entsprechender Zuleitungskanal mit Steigung nach dem vertikalen Heizkanal angelegt werden; horizontales Ziehen vermeidet man am besten ganz. In geneigten Kanälen von 12 bis 15 m Länge sind die Reibungswiderstände schon so bedeutend, daß man es für vorteilhafter hält, statt einer Heizkammer zwei oder mehrere anzulegen, weil die Strömung der Luft bei starker Reibung auf einem langen Wege stark beeinträchtigt wird. Beschränkt man aber die Anzahl der von einer Kammer zu heizenden Räume, dann hat man auch nebenher noch die Aussicht, die Ausströmung bei verschiedenen Höhen gleichmäßiger zu machen; denn obwohl die Gesetze der Luftbewegung in Röhren bekannt sind, versagt die Theorie doch, sobald mehrere Kanäle gleichzeitig aufsteigen (und das ist eben stets der Fall), sobald sie in verschiedenen Höhen ausmünden oder stark seitlich gezogen werden. Außerdem treten Faktoren hinzu, die sich der Rechnung ganz entziehen, wie ungleiche Druckdifferenzen infolge der Lage eines Raumes zur Stellung der Sonne und zu gewissen vorherrschenden Luftströmungen. Um die Ausströmung in den übereinanderliegenden Zimmern eines Systems gleichmäßig zu machen, pflegt man daher die Weite mit der Druckdifferenz in Einklang zu setzen, [1]) was mit Stellklappen erreicht werden kann. Ratsam ist es, für jeden besonderen Fall die Querschnitte sämtlicher Kanäle gewissenhaft **durch Rechnung** festzustellen, sofern nicht etwa analoge Fälle vorliegen, welche eine sichere Grundlage bieten und daher die Rechnung entbehrlich machen.

Mängel der Luftheizung und Bedenken gegen deren Anwendung. Vor Jahren hatte sich — unterstützt durch das Urteil von Ärzten, Technikern und Schulmännern [1]) — eine lebhafte Agitation in Wort und Schrift gegen die Luftheizung in Schulhäusern geltend gemacht. Ohne daß wirklich exakte Beobachtungen vorangegangen wären, wurde der Luftheizung der Vorwurf gemacht:

> daß durch solche Heizmethode die Luft überhitzt werde, daß sie zu trocken und mit schädlichen Gasen geschwängert in die Räume gelange und die Gesundheit der Bewohner in ernstliche Gefahr bringe.

Hierbei hatte man übersehen, daß die meisten der gerügten Übelstände entweder in veralteter und fehlerhafter Konstruktion und Ausführung der Apparate oder in deren schlechter Unterhaltung, fahrlässiger Bedienung und Reinigung ihren Grund hatten. In der That existierten zu jener Zeit noch viele veraltete Einrichtungen, aber sicher lassen sich dieselben auch unter dem Gesichtspunkte moderner Gesundheitspflege, d. h. rationell und zweckentsprechend einrichten.

Anm. In wie hohem Grade diese Angelegenheit das Interesse der Fachkreise erregt hat, geht daraus hervor, daß der medizinisch-pädagogische Verein in Berlin (gestützt auf Mitteilungen und eingeholte Gutachten aus einer größeren Anzahl von Städten) diese Angelegenheit in die Hand genommen und an das Reichsgesundheitsamt eine Vorstellung gerichtet hat, in welcher auf eine Reihe von Übeln und Unzuträglichkeiten, welche im Gefolge der Luftheizung auftreten, hingewiesen wird. Das Reichsgesundheitsamt scheint nun auch an die Königl. Bayerische Regierung dahinzielende Anfragen gerichtet zu haben. Um festzustellen, inwieweit etwa den lautgewordenen Klagen in Bezug auf die Schulhäuser Münchens eine Berechtigung zu Grunde liege, hat sodann der Magistrat von München den Auftrag erhalten, über seine Erfahrungen in den Münchener Schulen Bericht zu erstatten, was unter Zuziehung der Professoren Dr. Voit und Dr. v. Bezold erfolgt ist. (Magistratssitzung vom 6. April 1877.) Das abgegebene motivierte Gutachten der genannten Herren faßt deren Ansicht in nachstehenden Sätzen zusammen:

„Eine gesundheitsschädliche Wirkung der Luftheizung ist in den Münchener Schulhäusern nicht nachzuweisen. Die meisten der Vorwürfe, welche der Luftheizung gemacht worden, sind, sofern sie Begründung haben, nicht allein dieser, sondern jeder Ventilationsheizung zu machen; dieselben können jedoch alle durch zweckentsprechende Einrichtungen beseitigt werden. Die besseren neuen Luftheizungen sind so ausgeführt, daß denselben größere Mängel als anderen Heizungen nicht anhaften: das Verbot der Anlage von Luftheizungen, wie es der medizinisch-pädagogische Verein von Berlin vorschlägt, würde einen entschiedenen Rückschritt in der Beheizung der Schulen bedingen, weil die Ventilation der Schulräume, welche die Luftheizung liefert, bei anderen Heizungen nur durch einen bedeutenderen Kostenaufwand erreicht werden könnte."

1) Sind z. B. fünf übereinanderliegende Etagen zu heizen, so werden sich die zugehörigen Geschwindigkeiten der Luft in den Steigekanälen für warme Luft annähernd verhalten wie 1 : 1,5 : 2,0 : 2,3 : 2,5, es müssen daher die Heizkanäle Querschnitte erhalten, welche diesen Geschwindigkeiten proportional sind.

1) Beobachtungen auf dem Gebiete der Schulgesundheitspflege. Für Schulgemeinden und Schulmänner, von A. Hoffmann. Nürnberg 1874.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Durch dieses Urteil berufener Fachmänner wurden die gegnerischen Behauptungen wesentlich entkräftet, soweit sie nicht schon anderweitig Abfertigung gefunden hatten.

1) Was die angebliche Trockenheit der durch Luftheizung erwärmten Zimmerluft anlangt, so hat Professor A. Wolpert diesen Vorwurf schon im Jahre 1874 als unbegründet widerlegt.[1]) Zur Klarstellung des Sachverhaltes muß hierbei auf den Begriff der Luftfeuchtigkeit, der absoluten sowohl als der relativen, zurückgegriffen werden.

Die in einem bestimmten Luftvolumen vorhandene gasförmige Wassermenge erreicht für jeden Temperaturgrad ein ganz bestimmtes Maximum. Dieses Maximum, bei welchem die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, heißt die Feuchtigkeitskapazität der Luft; dieselbe ist um so größer, je höher die Temperatur der Luft und folglich die des Wasserdampfes ist. So nimmt ein Kubikmeter Luft folgende Feuchtigkeitsmengen auf:

bei	—	10° C. . . .	2,3 g,
„	±	0° „ . . .	4,9 „
„	+	10° „ . . .	9,4 „
„	+	20° „ . . .	17,2 „
„	+	30° „ . . .	32,0 „
„	+	40° „ . . .	51,0 „
„	+	50° „ . . .	82,7 „
„	+	100° „ . . .	591,0 „

Hat die Luft eines Raumes sich mit der ihrer Temperatur entsprechenden Feuchtigkeit gesättigt, dann nimmt sie Wasser nicht mehr auf, soviel auch in tropfbar flüssigem Zustande darin vorhanden sein möge.

Wird andererseits eine mit Dampf gesättigte Luft auf höhere Temperatur gebracht, ohne daß Wasser zu ihrer Sättigung vorhanden ist, so ist sie im Verhältnis zu kälterer Luft von gleichem Wassergehalt zwar relativ trocken, ohne daß ihr jedoch ein Atom des Wassers entzogen wäre. Das Verhältnis des in einer Luftmenge dampfförmig vorhandenen Wassers zu dem bei dieser Temperatur möglichen Feuchtigkeitsmaximum nennt man die **relative** Feuchtigkeit der Luft. **Absolute Luftfeuchtigkeit** ist die in einem Luftvolumen vorhandene Wassermenge ohne Rücksicht auf den herrschenden Temperaturgrad.

Nach Annahme der Physiologen ist aber eine auf 17 bis 20° C. erwärmte Luft der Gesundheit am zuträglichsten, wenn sie ungefähr zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigt ist. Dieses Maß von relativer Feuchtigkeit (40 bis 60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit) findet sich auch im Freien an schönen Sommertagen an schattigen Orten und ähnliche Verhältnisse sucht man gern bei guten Heizungsanlagen zu erreichen.

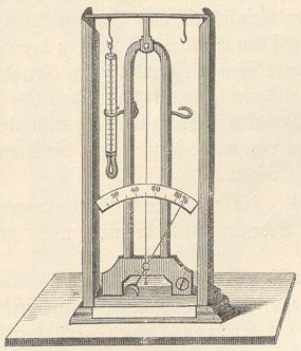
1) Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1874, Nr. 27.

Wenn nun die Luft der Heizkammer einen Verlust an Feuchtigkeit erlitte, so müßte sich die entzogene Feuchtigkeitsmenge irgendwo ansammeln, denn das vorhandene Wasser kann offenbar nicht verschwinden; es kann sich auch nicht zersetzen, selbst nicht an den glühenden Eisenflächen eines Kalorifère. Die relative Feuchtigkeit wird sich zwar bei der Erwärmung der eintretenden frischen Luft von 0° bis 50° bedeutend ändern, aber nicht die absolute Feuchtigkeit. — Die Wassermenge bleibt vielmehr für dasselbe Luftvolumen dieselbe bei 0° wie bei 50°. Wird solche Luft von hoher Temperatur aus der Kammer in ein Zimmer eingeführt, so nimmt sie die ihr fehlende Feuchtigkeit von den feuchteren Zimmerwänden, den Möbeln oder sonstwie auf und wird dadurch relativ und absolut feuchter, als wenn sie mit geringerer Temperatur, also geringerer Feuchtigkeitskapazität eingeführt worden wäre.

Sättigt man aber — wie dies in der Regel geschieht — die auf hohe Temperatur erhitzte Luft völlig durch Verdampfung in der Heizkammer, so muß sich bei der Abkühlung von 50° auf 20° eine nicht unerhebliche Menge (65 g pro Kubikmeter Luft) an Wänden und Fenstern niederschlagen. Eine zu große Trockenheit ist in diesem Falle also undenkbar und viel wahrscheinlicher Luftverschlechterung durch Übermaß von Feuchtigkeit.

Einen sicheren Anhalt für den Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann man überhaupt nur durch das Hygrometer erhalten und dazu eignet sich das Daniell'sche und das Prozent-Hygrometer von Hottinger & Co. in Zürich (Fig. 116). Sobald nun der relative Feuchtigkeitsgehalt

Fig. 116.



der Zimmerluft dauernd unter 40 Proz. der Maximalfeuchtigkeit sinkt, ist mit der Wasserverdunstung in der Kammer zu beginnen. Weshalb bei der Luftheizung konstant Wasser verdunstet werden sollte, ist nicht einzusehen. Die Klagen über, durch Luftheizungsanlagen erzeugte Krankheitserscheinungen — als Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit und nervöse Abspannung — können daher ihren Grund

nicht sowohl in der Trockenheit der Luft haben, als vielmehr in Erscheinungen, welche man auch im Gefolge eiserner Öfen beobachtet hat, die bis zum Rotglühen erhitzt werden.

2) Die Durchlässigkeit des glühenden Gußeisens für Kohlenoxydgas. Sie wurde durch Troost und Deville in Frankreich[1]) und durch Graham in England nachgewiesen. Die Untersuchungen ergaben, daß Überziehen des Gußeisens mit Graphit beträchtlich den Gehalt der Zimmerluft an Kohlenoxyd vermehrte; ebenso verhielt es sich mit dem Staube, der sich auf dem Ofen abgelagert hatte. Aus den Experimenten geht hervor, daß das Verhältnis des Kohlenoxydgases zu dem untersuchten Luftvolumen in einigen Fällen den Wert von 0,00071 und 0,00132 erreicht hat. Dabei wurde konstatiert, daß rotglühendes Guß- und Schmiedeeisen die Kohlensäure der Luft in Sauerstoff und Kohlenoxyd zersetzt. Hiernach könnte das Eindringen dieses gefährlichen Gases in unsere Zimmer allerdings Bedenken erregen; da aber dessen Erzeugung innerhalb des Feuerraumes des Kalorifère stattfindet, so wird dasselbe dem starken Zuge im Schornsteine folgen, und wenn der Ofen erst im Brande ist — was bei Rotglut desselben angenommen werden darf —, kann von einer subversen Bewegung der Feuergase kaum die Rede sein. Das Kohlenoxydgas wird sich bequemere Wege suchen als die eisernen Wandungen, nämlich die undichten Verbindungsstellen des Heizapparates.

3) Mehr als die Permeabilität der Wandungen trägt die Staubansammlung auf den Centralheizapparaten zur Verschlechterung der Zimmerluft bei. Die in der Luft suspendierten organischen Staubteile lassen sich trotz aller Reinlichkeit und Vorsicht kaum beseitigen; sie setzen sich auf den Platten und Röhren der Heizapparate in nennenswerter Menge fest und können hier, der trockenen Destillation ausgesetzt, durch Luftverderbnis das Wohlbefinden der Bewohner stören, auch als aufwirbelnde Asche, vom steigenden Luftstrome fortgetragen, die Atmungsorgane belästigen und reizen.

Resumé. Die gegen Centralluftheizungen erhobenen prinzipiellen Bedenken sind demnach nicht gerechtfertigt, denn:

> Die Trockenheit der Luft wird durch eine, dem Hygrometerstande entsprechende Wasserverdunstung behoben; die Kohlenoxydgas-Entwickelung ist sekundär und kann nur in unventilierten Räumen schädlich werden; das Glühen der Eisenflächen wird vermieden durch Ausfuttern des Feuerraumes mit Chamottesteinen und Auskleiden der metallenen Röhren wenigstens im ersten Teile des Röhrenzuges.

1) Comptes rendus des séances de l'Academie des Sciences. T. LXVI, Nr. 2, janvier 1868.

Weitere allgemeine Konstruktionsregeln:

a) Die Heizfläche des Ofens ist so groß zu wählen, daß eine hochgradige Erhitzung derselben nicht notwendig wird.

b) Um das Austreten des Rauches oder anderer schädlicher Heizgase zu vermeiden, müssen sämtliche Verbindungsstellen dicht schließend und der Röhrenguß so sorgfältig als möglich hergestellt sein. Der Ofen sei ferner leicht zu bedienen und leicht vom Staube zu reinigen. (Beschickung und Entrußung soll stets von außen erfolgen.)

c) Der Schornstein ist mit einer guten Windkappe zu versehen.

d) Die Heizkammer muß so groß hergestellt werden, daß sie jederzeit, selbst während der Heizung, begangen werden und alle Ofenteile (namentlich aber die Verbindungsstellen) auf Rauchsicherheit geprüft werden können. Die Einsteigeöffnung ist daher nicht — wie früher geschah — zu vermauern, sondern mit einer doppelten, eisernen Thür zu versehen.

e) Die frische Luft ist von Orten zu entnehmen, wo sie möglichst wenig verunreinigt ist (aus Gärten, nicht aus schlecht ventilierten Höfen), und der zu ihrer Leitung bestimmte Kanal ist wasserdicht herzustellen, damit die Luft nicht mit dem Grundwasser, mit dumpfer Bodenluft oder faulenden organischen Substanzen in Berührung kommen kann. Die äußere Einströmungsöffnung der frischen Luft ist, zum Schutz gegen Eindringen von Tieren, mit einem engmaschigen Drahtgitter zu versehen.

f) Die Erwärmung der Luft in der Kammer darf nur eine mäßige sein (40 bis 50° C.) und sollen die Heizkanäle, um bei solcher Temperatur dem Bedürfnisse genügen zu können, ausreichend groß angelegt werden.

Nach Erörterung vorstehender Konstruktionsregeln gehen wir zur Besprechung der einzelnen Teile über, aus denen sich jede Luftheizungsanlage zusammensetzt. Im wesentlichen sind dabei zu unterscheiden:

A. Die Vorrichtungen zur Erwärmung der Luft.
B. Die Luftleitungs-Vorrichtungen.
C. Die Regulierungs-Vorrichtungen.

Die Vorrichtungen zur Erwärmung der Luft bestehen aus dem Luftheizofen oder Kalorifère und der ihn umschließenden massiven Heizkammer. Der Heizofen wird vorwaltend aus Gußeisen, selten nur aus Mauerziegeln hergerichtet — dagegen sind gemischte Öfen mit massiver Ausfutterung des Feuerraumes in Gebrauch.

Zur Luftleitung dient ein massives Kanalsystem, welches den Wärmebedarf der Räume durch Zuführung bestimmter Quantitäten Heizluft deckt und dagegen den Ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tausch atmosphärischer Luft und die Abführung verbrauchter Zimmerluft vermittelt.

Zur Regelung resp. Abstellung dieser dreifachen Luftströmungen dienen Schieber, Drehklappen und Jalousieklappen. Wir betrachten zunächst:

Die Vorrichtungen zur Erwärmung der Luft in der Heizkammer.

A. Der Luftheizungsofen.

§ 40.

Geschichtliche Übersicht der älteren Central-Luftheizapparate (1825 bis 1855).

Die Formen der Apparate zur Erwärmung von Luft innerhalb gemauerter Kammern sind begreiflicherweise im Laufe der Zeit erheblich verändert und von den Konstrukteuren individuell modifiziert worden.

I. Die älteste, vielfach angewendete Form dürfte der gewöhnliche eiserne Rundofen gewesen sein; sie war einfach, billig, auch durchaus zweckmäßig, dagegen mit den bekannten Nachteilen gewöhnlicher eiserner Öfen behaftet, nämlich glühende Flächen darzubieten und einen ungleichmäßigen Verbrennungsprozeß hervorzurufen. — Derartige Apparate hat der verdienstvolle Beförderer der Luftheizmethode, Professor der technischen Chemie P. T. Meißner in Wien, um das Jahr 1823 konstruiert und vielfach angewandt, und zwar sowohl für Heizung mit Mantelöfen als für wirkliche Centralheizung.[1])

Für größere Anlagen wendete Meißner Apparate mit aus Platten verschraubtem, oblongem Heizkasten und leicht gewölbter Deckplatte von Gußeisen an. Zur Vermehrung der Heizfläche diente ein System horizontaler, gußeiserner Röhren von ovalem Querschnitt schlangenähnlich ansteigend und mit einer kastenförmigen Fortsetzung behufs ihrer Reinigung versehen. Diese Kastenöfen hat Meißner in Wien schon um das Jahr 1825 mit Erfolg zur Anwendung gebracht und in seinem in der Note citierten Werke beschrieben.

Der im Durchschnitt dargestellte Apparat Fig. 117 diente zur Erwärmung des Ceremoniensaales in der k. k. Hofburg in Wien. Wir geben das ganze Arrangement, um an diesem Beispiel zu zeigen, mit welchem Verständnis der Erfinder seine Aufgabe erfaßt hatte. Es bezeichnet in Fig. 117 u. 118:

a ein Fragment des Ceremoniensaales;
b eine im Erdgeschoß eingebaute Heizkammer nebst Ofen;[2])

1) Vergl. Meißner, Heizung mit erwärmter Luft. Tafel 11, Fig. 11.

2) Alle Verbindungen des Meißner'schen Rohrsystems erfolgten durch hergerichtete Flansche und die des Heizkastens durch tiefe Falzung der Platten. Die Entrußung fand vom Vorraume aus statt, wozu Reinigungskästen mit doppeltem Verschlusse dienten. Die Heizkammer war jederzeit zugänglich.

c den Vorraum für den Heizer (Vorgelege);
d den Schornstein;
e den Kanal, welcher die warme Luft in den Saal leitet;
f eine Ausströmungsöffnung für warme Luft;

Fig. 117a.

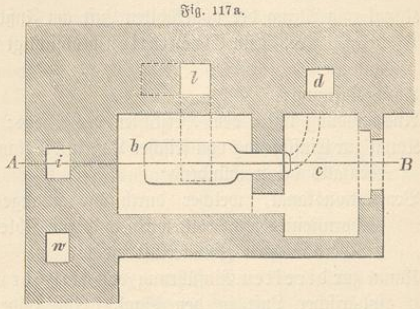
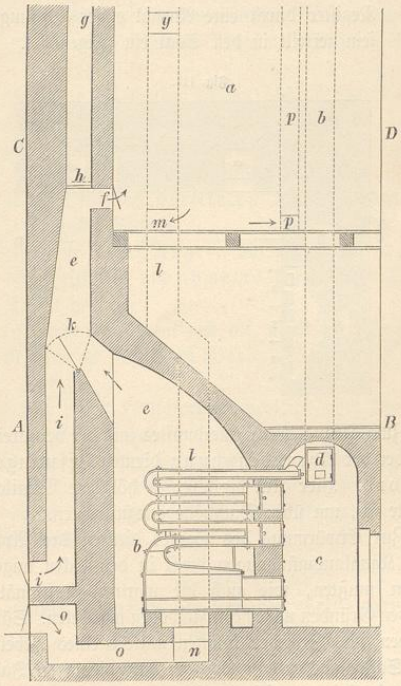


Fig 117.



g Fortsetzung des Warmluftkanales bis über Dachhöhe, jedoch bei
h mit doppelten Schiebern abgeschlossen;
i Kanal, um frische atmosphärische Luft in den oberen Teil des Kanales e einlassen zu können (Mischkanal);

k Drehklappe, um die Ausströmung der Luft aus dem einen oder anderen Kanal (e und i) in den oberen Teil des Kanales e′ zu regulieren, so daß entweder nur warme oder nur kalte, oder eine Mischung aus beiden einströmt;

l Kanal zum Abzug der abgekühlten Luft am Fußboden des Saales, wenn Cirkulation beabsichtigt wird, und

m Abzugsöffnung;

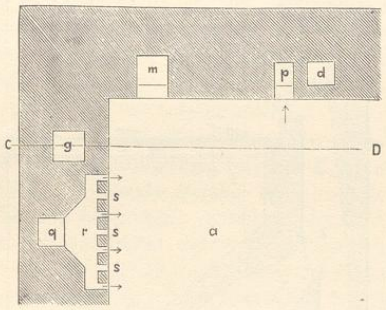
n Ausmündung unter dem Heizkasten des Ofens;

o Kanal zur Einführung von frischer Luft in die Kammer, ebenfalls bei n mündend;

p Ventilationskanal, welcher durch die Wange des Schornsteines erwärmt wird und zur Ableitung der verbrauchten Zimmerluft dient;

q Kanal zur direkten Einführung von frischer atmosphärischer Luft in den Saal. Auf Höhe von 2,5 bis 3 m tritt der Luftstrom mittels verstellbarer Register durch eine Anzahl enger Öffnungen s s fein zerteilt in den Saal ein (Fig. 118).

Fig. 118.



Zum Abzug des Lichterdunstes und der verunreinigten Luft bei der Abendbenutzung dienten Öffnungen im Plafond. Hier trat die Luft in hölzerne Ventilationsschächte ein, um über Dachhöhe auszuströmen.

Zur Erwärmung des Saales dienten drei Apparate, deren Kanalausmündungen meist in den Ecken angebracht werden mußten, wie auch die warmen Luftkanäle aus örtlichen Gründen nahe dem Fußboden mündeten. Sämtliche Klappen und Schieber konnten mittels eines Hebelwerkes vom Saale aus gestellt werden; dazu diente ein Indikator bei f mit Zeigervorrichtung für den leitenden Beamten.

Anm. Bei der Benutzung traten folgende Modifikationen ein:

1) Bei wenig zahlreicher Gesellschaft im Winter ohne Beleuchtung war meistens einfache Cirkulationsheizung ausreichend, d. h. die Saalluft gelangte durch Kanal l in die Kammer und durch e erwärmt zurück. Sollte dennoch Luftwechsel stattfinden, so öffnete man Kanal o, Öffnung f und Ventilationskanal p.

2) Abendbenutzung bei zahlreicher Gesellschaft. Vor Eintritt der Gesellschaft, d. h. beim Anheizen, fand Cirkulationsheizung statt, wie unter 1). Nach Beginn des Festes wurden zuerst die Klappen im Plafond geöffnet, um den Lichterdunst abzuleiten, der Temperatursteigerung wirkte man durch Einführung frischer, mäßig erwärmter Luft entgegen, d. h. man verschloß m, öffnete o e und die Mündung f. Durch Stellung der Drehklappe k konnte man aus dem Mischkanal e Luft von beliebigen Temperaturgraden einlassen. Infolge solcher Anordnung entstand aber eine aufsteigende Bewegung der ganzen Luftmasse im Saale gegen die Decke hin, wo die Absaugung stattfand; der Lichterdunst wurde dadurch am Herabsinken gehindert und die Wärme gemäßigt. Aber bei gelinder Temperatur und starker Überfüllung des Saales konnte das Steigen der Temperatur dennoch bald überhand nehmen: dann wurde Kanal o ganz geschlossen und frische Luft durch die Registerzüge s s eingeleitet. Meistens genügte aber schon Zuführung kalter Luft durch den Mischkanal e, d. h. Schluß der Klappe k nach rechts. Wenn andererseits die Temperatur bei Verminderung der Gesellschaft oder äußerer Nachtkälte unter den gewünschten Grad herabsank, so ließ man durch f wärmere Luft einströmen.

II. Modifizierte und verwandte Formen. Obwohl Entrußung und Reinigung der Öfen nach System Meißner unschwer von statten ging, haftete ihnen doch ein Übelstand an, den man im zweiten Stadium des Apparatenbaues vermieden findet, nämlich: die Decke des Feuerkastens wurde von der Stichflamme zu stark getroffen, daher leicht glühend und nach kurzer Zeit untauglich. Dies gab Veranlassung zur Ausfutterung des Feuerkastens mit feuerfesten Steinen oder überhaupt zur Errichtung eines massiven Feuerraumes. Dadurch wurde der Apparat wesentlich verbessert, und in dieser modifizierten Form ist derselbe lange Zeit hindurch in Norddeutschland verwendet worden unter dem Namen des Müller'schen Luftheizofens mit eisernem Heizkasten, horizontalen Röhren und aufwärts gerichteter Flamme. Verfasser hat Öfen dieses Systems detailliert veröffentlicht im ersten Jahrgange der Baugewerkszeitung (1869, Nr. 30).[1])

Der Apparat von Chaussenot. Derselbe wurde zuerst bekannt auf der internationalen Ausstellung von 1855 in Paris. Die Verbrennungsprodukte steigen vom Feuerraume im Centralkanal aufwärts, dann in einem gußeisernen kreisrunden Feuerhut durch vertikale Röhren abwärts nach dem Rauchsammler und von hier durch das Abzugsrohr nach dem Schornsteine. Zur Beschickung des Rostes dient ein angegossener Hals; die Entrußung erfolgte durch zwei Öffnungen. — Die Rohre würden indessen sehr umständlich zu reinigen und auf Rauchsicherheit nur dann zu prüfen sein, wenn die gemauerten Kammerwände in solchem Abstande aufgeführt würden, welcher die Besichtigung und Reinigung der Kammer

1) Im verkleinerten Maßstabe findet man denselben dargestellt in Claasens Handbuch der Hochbaukonstruktionen in Eisen, XII. Abschnitt, Fig. 913 u. 914, und in Fr. Engel, Bauausführung. Berlin 1881. S. 734 u. 735.

ermöglicht. — Die kalte Luft tritt zwar durch Öffnungen zwischen den Röhren ein, staut sich aber unter dem Feuerhut und gelangt durch eine Öffnung in der gewölbten Decke in die Etagenleitungen. Die Gegenstromheizung ist zwar durchgeführt, aber der Apparat ist kompliziert, enthält zu viel Eisen und ist daher teuer; sein Heizeffekt ist von General Morin durch Versuche festgestellt worden.

Andere Konstrukteure legten horizontale, gußeiserne Röhren in eine Rohrkammer und ließen das Feuer die Röhren von außen bespülen, während frische Luft von der einen Seite in die Röhren ein- und von der anderen ausströmte. Der Apparat wurde dadurch zwar einfach, aber die Röhren brannten leicht durch und die Cirkulation der Luft in den Röhren fand unvollkommen statt, was leicht einzusehen, da Luft, welche in horizontale Röhren strömt, das Bestreben hat, nur die obere Röhrenhälfte zu bespülen und der Kern des Luftstromes unberührt von der Wirkung der strahlenden Röhrwandung bleibt.

Anm. Auf diesem Prinzip beruht der Apparat von Talabot; mit denselben wurden seiner Zeit der Sitzungssaal und die Nebenräume der alten Deputiertenkammer — corps législatif — beheizt. Der Saal wird durch vier Kammern erwärmt, Nebenräume und Treppenhaus mittels zweier Kammern (letztere nur durch Cirkulationsheizung).

Bei vertikaler Stellung eines Systems von Röhren, das innen von Luft durchzogen und außen von Feuergasen umspült wird, war der Erfolg günstiger. Eine derartige Disposition hat Péclet beschrieben. (Tome II, Nr. 1625 des Traite de la chaleur.)

Der Luftheizofen von Engel kommt seiner Entstehungszeit nach demjenigen von Meißner ziemlich gleich; er wurde im Jahre 1830 publiziert und beruht auf dem Prinzip der Gegenstromheizung. Wegen seiner einfachen und kunstlosen Form hat er in jener Periode vielseitige Anwendung gefunden. Die Engel'schen Apparate sind als prismatische Metallkästen mit gewölbeähnlicher Decke konstruiert und aus gewalzten Platten vernietet. In dem Kasten liegt der gemauerte Feuerherd aus Chamottesteinen mit Rost und Aschenfall; das Herdgemäuer ist so angeordnet, daß zwischen ihm und den Kastenwänden nur ein Zwischenraum von 10 cm verbleibt. Durch diesen Kanal entwich der Rauch in die Sammelkanäle; Heizthüren waren nicht vorhanden. Die Entfernung von Ruß und Flugasche aus den Kanälen erfolgte durch Öffnungen in den Mauern. Engels System ist weiter entwickelt und verbessert worden durch Weibel, Briquet & Co. in Genf.[1]) Vergl. § 42, III.

III. Endlich hat man auch Apparate konstruiert, bei denen nicht nur der Feuerkasten, sondern auch die Röhren massiv hergestellt sind. Solche Öfen bedürfen lange Zeit zu ihrer Anheizung und den Schwankungen im Wärmebedarf können dieselben schwer folgen; die Heizfläche muß sehr groß gewählt werden, um denselben Effekt hervorzubringen, welchen eiserne Kalorifères liefern; man bedarf also einen verhältnismäßig großen Raum zu ihrer Aufstellung.

1) Zuerst vorgeführt auf der internationalen Ausstellung zu Paris 1855 und beschrieben in Péclet, Traité, Tome II, Nr. 1626.

Resumé. In vorstehender „geschichtlicher Übersicht" sind die wichtigsten Typen der älteren Luftheizapparate und einige aus diesen abgeleitete Arten beschrieben worden, wobei die in Deutschland gebräuchlichen Formen besondere Berücksichtigung gefunden haben, weil sie sich durch Einfachheit der Konzeption und Verbindung, auch durch bequeme Entrußung und Reinigung vor den gleichzeitigen französischen Heizapparaten — etwa mit Ausnahme desjenigen von Talabot — auszeichnen; die vorgeführten Beispiele repräsentieren gleichzeitig den Stand des Apparatenbaues bis zur ersten internationalen Ausstellung in Paris.

Als Ausgangspunkte der Konstruktion haben wir bezeichnet:

A. Systeme, bei denen der Rauch die Röhren des Apparates durchströmt. Dahin gehören:
   1) Kastenöfen mit horizontalen Röhren und aufwärts gerichteter Flamme (Systeme von Meißner, Müller u. A.);
   2) Centralöfen mit vertikalen Röhren und abwärts ziehender Flamme (System Chaussenot).

B. Apparate, bei welchen die Luft die Röhren durchströmt. Hierher gehören:
   3) die Öfen von Talabot mit horizontalen Röhren und abwärts ziehender Flamme;
   4) die Öfen mit vertikalen Röhren und abwärts ziehender Flamme.[1])

C. Apparate ohne Röhren mit viereckigem oder rundem Heizkasten und abwärts ziehender Flamme. Dahin gehören:
   5) Engels System und die abgeleiteten Formen;
   6) Apparat der Firma Weibel, Briquet & Co. in Genf.

Außer diesen Hauptformen giebt es noch Übergänge zu A und B, die aber für die vergleichende Betrachtung entweder keinen Wert haben oder ohne Einfluß auf die Fortentwickelung unserer modernen Apparate geblieben sind. Für das Verständnis der neueren Leistungen wird das Gegebene ausreichen!

§ 41.

Kurze Übersicht der neueren Leistungen (1855 bis 1898).

In dem Zeitraume, welcher bis zur zweiten internationalen Ausstellung in Paris im Jahre 1867 verfloß, sind neue typische Formen im Apparatenbau kaum zu verzeichnen, wohl aber Modifikationen der bekannten Systeme, die hier zu übergehen sind. Die Aufmerksamkeit der Heizingenieure richtete sich von nun an besonders auf die Ver-

1) Eine neuere Lösung nach diesem Prinzip liefern die Fabrikanten Fischer und Stiel in Essen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

besserung des Röhrengusses, auf die sorgfältigere Herrichtung der Dichtungsstellen an den eisernen Apparaten, endlich — und das ist eine wesentliche Errungenschaft dieses Zeitraumes — auf die rationelle Einrichtung des Feuerraumes im Sinne einer besseren Ausnutzung des Brennstoffes. Die Öfen mit Füllfeuerung erschienen auf der Ausstellung vom Jahre 1867, und kurze Zeit darauf schon sehen wir die gewonnenen Fortschritte beim Bau der Kalorifère verwertet. So versah man nach dem Vorbilde des von Gourney ausgestellten, in § 29 besprochenen Füllofens:

die Heizflächen des Kalorifère mit Rippenansätzen, um die Strahlung zu erleichtern und zu vermehren;

die Gußstärke wurde angemessener als bisher normiert, mit Zunahme nach dem Feuerraume hin, um das Erglühen der Eisenflächen zu verhindern;

die Dichtungsstellen wurden mechanisch bearbeitet oder Sanddichtung eingeführt; bei Muffenverbindung wurden Rohrschellen übergelegt.

Die Ausstellung von Heizungs- und Ventilationsanlagen zu Cassel im Jahre 1877 zeigte endlich bis zur Evidenz das Bemühen der Konstrukteure:

auch die Luftheizöfen mit Füllbetrieb einzurichten, um den Feuerraum mit einer größeren Menge Brennstoff auf einmal beschicken und dadurch Bedienungskosten sparen zu können.

Dieses Verfahren ist durchaus gerechtfertigt, da es gelungen ist, die Verbrennung in den Füllfeuerungen vollständiger als auf dem Planroste zu bewirken. Die Entscheidung darüber kann freilich nur durch eine Untersuchung der Rauchgase in Bezug auf ihre Zusammensetzung gewonnen werden. Hierbei kommt dann auch die Natur des Brennmateriales mit in Frage, denn während Coaks als Brennmaterial dem Durchziehen der Luft, beziehungsweise der Rauchgase, den geringsten Widerstand entgegensetzt und daher die Verbrennung bei hoher Schichtung begünstigt, pflegen die meisten Steinkohlenarten durch Zusammenbacken an der Oberfläche dieselbe zu erschweren. Um diesen Übelstand zu umgehen, können dann folgende Einrichtungen getroffen werden:

I. Die eigentliche Feuerstelle wird nur mit einer niedrigen Brennstoffschicht bedeckt, nach deren Auflösung weiterer Brennstoff aus einem Vorratsbehälter auf dieselbe gleitet. Solche Anordnung zeigen:

a) der Schachtofen des Eisenwerkes Kaiserslautern (Fig. 119 u. 120) (der sich jedoch auch zum Brennen von Braunkohle und Coaks eignet);

b) der Strahlenraumofen von Wolpert.

Beide Apparate werden im nächsten Paragraphen eingehend besprochen.

II. Bei hoher Brennstoffschichtung wird außer dem Planroste noch ein geneigter Rost eingeführt. Der untere Rost liegt verhältnismäßig tief, um eine hohe Brennstoffschicht einführen zu können, was bei guter Bedienung des Herdes auch möglich ist. Sobald nämlich die erste Schüttung von Kohle in Coaks verwandelt ist, wird dieselbe auf den hinteren, horizontalen Teil des Rostes geschoben, während der vordere Teil mit frischen Kohlen beschüttet wird. Letztere vergasen allmählich und nachdem die Entzündung bis zur Feuerthür fortgeschritten ist, wird das Zurückstoßen der Kohle wiederholt, ein Verfahren, welches sich übrigens auch für große, liegende Roste eignet, wie solche Sturm in Würzburg für seinen Apparat beibehalten hat. (Tafel 20.)

III. Zu den Öfen, welche das ältere Füllverfahren nach Meidingers System[1]) ganz oder teilweise zur Anwendung bringen, gehören die Apparate von Krigar & Ihssen in Hannover.[2]) — Die Feuerung ist eine sogenannte Halbfüllfeuerung, die auch bei Lokalheizungen Anwendung findet; zur Bedienung sind drei Thüren vorhanden, die Heizthür, eine Schlackenthür und eine Aschenthür.

IV. Um die Unzuträglichkeiten des Backens der Kohlen zu vermeiden, hat Möhrlin in Stuttgart eine eigentümliche Anordnung konstruiert, welche aus Fig. 128 u. 129 ersichtlich ist. Außer einem verschieblichen, horizontalen Rost und einem Hängerost verwendet derselbe einen trommelförmigen Rost. Zwischen diesem und dem Feuerkasten bleibt ein Luftraum K, der mit den Aschenkasten in Verbindung steht und von ihm mit Luft versorgt wird. Die Luft strömt also über die Feuerstelle, nachdem sie vorher in geeigneten Kanälen vorgewärmt worden ist. Der Apparat ist eingehend besprochen im folgenden Paragraphen.

V. Für Braunkohlenfeuerung ist endlich der Ofen von Kelling in Dresden zweckmäßig hergerichtet. Die Braunkohle liefert viel Asche, es ist daher eine Verstopfung der Rostspalten möglich. Kelling hat nun einen liegenden und einen geneigten Rost (Treppenrost) angeordnet. Der letztere ist zum Zweck der Aschenentleerung in einem drehbaren Rahmen beweglich, während die Stäbe des horizontalen Rostes lose in einem gußeisernen Rahmen liegen und mittels eines Rechens gereinigt werden können.

1) Die Kohlen werden dabei — wie früher erwähnt — in einen lotrechten Schacht eingeschüttet und von oben angezündet; dabei gelangt das Feuer allmählich im unteren Teile des Schachtes an, über sich verkokte Kohle zurücklassend, und diese gelangt zur Verbrennung, weil die Hohlräume zwischen den einzelnen Stücken den Rauchgasen genügende Öffnung zum Entweichen bieten. Hierbei ist richtige Wahl der Brennstoffstücke (Nußgröße) erforderlich.

2) Abgebildet und besprochen in Dinglers polytechn. Journal, Jahrg. 1877, Taf. II, Fig. 19 bis 21.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Resumé. Hiernach spielt die Anordnung des Brennraumes bei den neueren Luftheizapparaten eine wesentliche Rolle; aber sie ist keineswegs das einzige Kriterion ihrer Leistungsfähigkeit oder Brauchbarkeit, vielmehr kommt auch das Material und die Form der Heizflächen und deren Lage zu den bewegten Luftschichten in Betracht. Endlich muß die Forderung der Rauchsicherheit, der leichten, von außen zu bewirkenden Entrußung und der zweckmäßigen Form der Flächen des Apparates behufs Vermeidung von Staubablagerungen gestellt werden. Wie diese integrierenden Aufgaben an den neueren Apparaten gelöst sind, wird sich bei deren spezielleren Vorführung im folgenden Paragraphen leicht übersehen lassen.

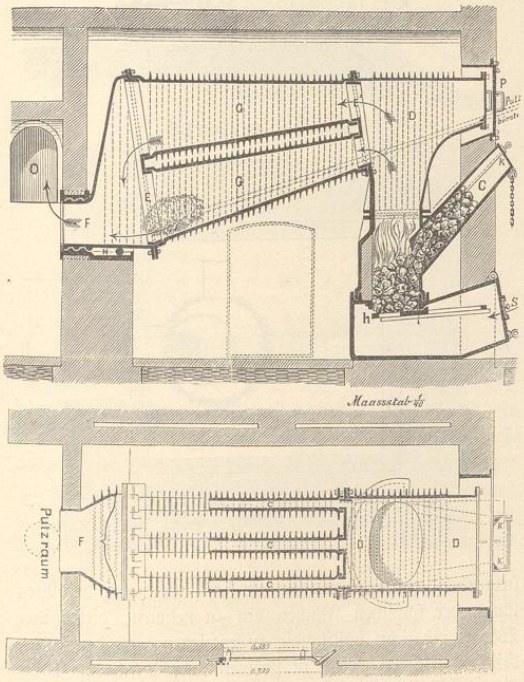
§ 42.

Die modernen Centralapparate für Luftheizung.

Der Zweck des Lehrbuches gebietet aus der Fülle des Stoffes nur die bewährtesten Konstruktionen von Kaloriferen in Zeichnung vorzuführen.

I. **Centralschachtofen des Eisenwerks Kaiserslautern,** auch Eulers Centralschachtofen (Reichspatent Nr. 922) ist in den Figuren 119 u. 120 dargestellt. Dieser Central-

Fig. 119 u. 120.



luftheizapparat ist ein Füllofen, welcher die im § 30 unter 2) erwähnte Einrichtung zeigt und sich für größere Luftheizanlagen eignet. Zur Aufnahme des Brennstoffvorrates dient der Schacht C; er mündet in solchem Abstande von der Rostplatte hi, daß die Brennstoffschicht durch das Nachrutschen in ziemlich konstanter Höhe erhalten wird. Der Luftzutritt findet teils durch die Schlitze der Rostplatte hi, teils durch die schlitzähnliche Öffnung bei h statt, endlich dienen zu diesem Zweck zwei dreieckige Kanäle k k, welche in den Ecken des geneigten Schachtes angebracht sind.

Da die Kohle über h weniger hoch geschichtet ist, als über i, so ist an dieser Stelle der Luftzutritt erleichtert und die Verbrennungsgase können die Brennstoffschicht leichter durchströmen; die bei ihrer Verbrennung entwickelte Wärme wirkt aber zersetzend auf den über i lagernden Brennstoff und führt dessen Vercoakung herbei. Die Destillationsgase endlich werden von der durch die Kanäle k k eingeführten — auf ihrem Wege erhitzten — frischen Luft getroffen und ebenfalls verbrannt. Ist das über h lagernde Brennmaterial verbraucht, so rutscht anderes, jedenfalls aber verkoktes, an dessen Stelle, d. h. über h befindet sich immer Coaks, wodurch nach dem früher Gesagten die Verbrennung begünstigt und die Rauchentwickelung auf ein bescheidenes Maß herabgedrückt wird. Die Verbrennung ist daher eine ziemlich vollständige; als nutzbares Ergebnis des Apparates werden 64 Proz. des theoretischen Heizeffektes angegeben.[1])

Die Bedienung des Apparates ist sehr einfach. Um Schlacke und Asche zu entfernen, rüttelt man am Roste und schiebt ihn so weit zurück, daß die Schlacke durchfallen kann; nur bei starker Ansammlung zieht man ihn ganz nach vorn. Beim Anzünden des Feuers stellt man den Schlitzschieber S ganz offen und nach Einbringung des Brennstoffes nach Bedarf, d. h. im Sinne der gewünschten schnelleren und langsameren Verbrennung. Die Thür des Aschenraumes bleibt übrigens geschlossen; ebenso des Füllhalses. Die Luftkanäle k werden stets offen gehalten.[2])

1) In solchem Apparate wurden mit 16 kg Kohlen 72000 Wärmeeinheiten nutzbar gemacht. Theoretisch würden diese liefern $7000 \times 16 = 112000$ Wärmeeinheiten.

Das nutzbare Ergebnis war daher $\frac{72000}{112000} = 0{,}64$ der theoretischen Leistung. Nach der Zeitschrift für Biologie XIII. Band wird der höchste Nutzeffekt der Centralluftheizungen nur zu 41 Proz., der der Mantelöfen sogar nur zu 34 Proz. angegeben.

2) Die Analyse der Rauchgase ergab, daß bei geöffneten Kanälen die Verbrennung eine fast vollständige war, indem nur Spuren von Kohlenoxydgas im Rauche sich zeigten; man fand nämlich im Mittel

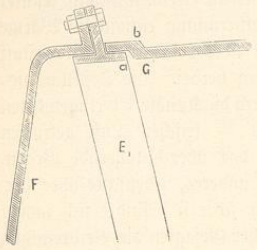
Kohlensäure	3,570
Kohlenoxyd	0,033
Sauerstoff	13,400
Hierzu Stickstoff	53,600
	70,603
Der Rest besteht aus Stickstoff der verbrannten Luft und aus Wasserdampf	29,397
	100,000

Die Temperatur im Schornsteine stieg bei offenen Kanälen um 10 bis 11° C., ein Beweis für den Wert dieser Anordnung.

Vorteilhaft ist es, des Abends nachzufüllen, das Feuer über Nacht brennen zu lassen und früh den Rost von Schlacken zu reinigen.

Bei der Aufstellung des Apparates ist darauf zu achten, daß der Hals D sich frei um einige Millimeter nach oben und seitlich strecken kann. In Bezug auf die Ausdehnung sind an demselbem drei Teile zu unterscheiden: der Feuerschacht D mit Hals, die Heizröhren G G und der Rauchsammler F. Der Feuerschacht besteht der Höhe nach aus zwei Teilen, welche mit Flanschen verbunden sind. Um die verschiedene Ausdehnung der Heizrohre zu gestatten, sind an G, D und F Zwischenstücke E_1 angeschraubt, welche mit ihren Krämpen in die Muffen der Rohre G G eingreifen (Fig. 121). Der Hals F ruht auf einer Rolle, welche sich auf der Eisenplatte H frei bewegt: es ist daher dem Rohrsysteme mit Rauchsammler freie Ausdehnung gestattet. Hierbei schiebt sich der Hals des Rauchsammlers in einem eisernen Futterrahmen, welcher in der entsprechenden Öffnung der hinteren Abschlußwand eingesetzt ist. Der Reinigungskopf des Halses D bewegt sich frei in der mit Rahmen und Deckel versehenen Maueröffnung.

Fig. 121.



Um das Erglühen der Eisenflächen des Brennraumes zu vermeiden, ist die Decke desselben möglichst hoch gelegt und die Transmissionsflächen des Schachtes sind nach oben erweitert, um die Wärme schnell übertragen zu können. Die Reinigung der Röhren von Ruß ist ohne künstliche Mittel nach Fortnahme der Deckel P zu besorgen, wobei mittels eines in F plazierten Lichtes alle Flächen auf Reinheit geprüft werden können. Der mit der Putzbürste hinabgestoßene Ruß fällt in den Putzraum hinab und wird vom Schornsteinfeger entfernt.

Im übrigen ist Lage und Form der Flächen günstig für die Transmission, denn die Bewegung der Rauchgase erfolgt nach unten, diejenige der Luft geht unbehindert nach oben von statten. Um Staubablagerungen zu verhindern, sind die horizontalen Flächen im Verhältnis klein gewählt.[1])

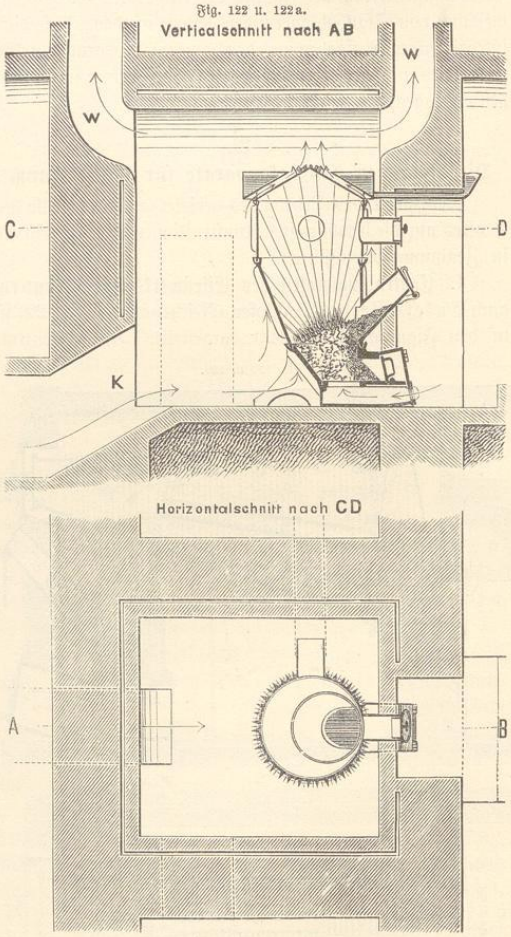
Der Centralschachtofen von Kaiserslautern erfüllt in Bezug auf bequeme Bedienung, Entrußung und Reinigung, sowie möglichste Rauchsicherheit und angemessenen Nutzeffekt alle billigen Anforderungen, und wird bei nur wenigen Apparaten ein gleich günstiges Verhältnis nachzuweisen sein.

1) Es würde sich empfehlen, die horizontalen Rippen an den oberen Aufsichten der Staubablagerung wegen ganz fortzulassen.

II. **Der Strahlenraumofen von Prof. Dr. Wolpert zu Kaiserslautern.** Der Erfinder hat auf diesen Ofen ein Reichspatent (Deutsches Reichspatent Nr. 2242 vom 1. März 1878) erworben und die Ausführung desselben dem Eisenwerk Kaiserlautern übertragen.

Der Strahlenraumofen hat nur direkte Heizflächen (keine Röhren), welche jedoch sehr vorteilhaft ausgenutzt werden (Fig. 122 u. 122[a]). Die am Ofen vertikal auf-

Fig. 122 u. 122a.



steigenden Luftströme werden nämlich gezwungen, den Weg längs der konischen Flächen hin zu nehmen, diesen ihre Wärme möglichst vollständig zu entziehen, an den cylindrischen Flächen weiter zu strömen und, durch das überstehende Wassergefäß aufgefangen, über den heißen Ofendeckel hinzugleiten.

Der Ofen ist mit starken Rippen versehen, zwischen welchen Strahlbleche angebracht werden. Da nun die Wandungen stark gegossen sind, auch die nach oben erweiterte Form des Brennschachtes die Wärme abgebende Fläche sehr vermehrt, so werden große Wärmemengen schnell abgeführt, die Temperatur im Feuerraume wird vermindert und das Erglühen des Ofens, auch ohne Anwendung einer Chamotteausfutterung, möglichst vermieden. — Das Austreten von Rauch durch die Fugen ist, wo nicht unmöglich gemacht, so doch erheblich erschwert durch Dichtung der drei Horizontalfugen mit Schlackenwolle und Sand, welche man in die Rinnen einbringt.

Grundriß, Längenschnitt, Querschnitt und Vorderansicht dargestellt. Die Transmissionsflächen des Apparates bestehen aus sechs Stücken, nämlich: einer rechteckigen Bodenplatte i, aus einem Stück gegossen, mit umherlaufender Rinne zur Aufnahme der senkrechten Platten; vier gefalteten und gerippten, senkrecht im Falz der Bodenplatte stehenden Platten b b, welche an den Ecken durch Schrauben zusammengehalten werden und in den Verbindungsflächen mit Kitt gedichtet sind. Am oberen Ende tragen die Platten wiederum eine Sandrinne zur Aufnahme des Deckels h, welcher aus einem Stück besteht und ebenfalls gerippt hergestellt ist.

Fig. 123.

Querschnitt.

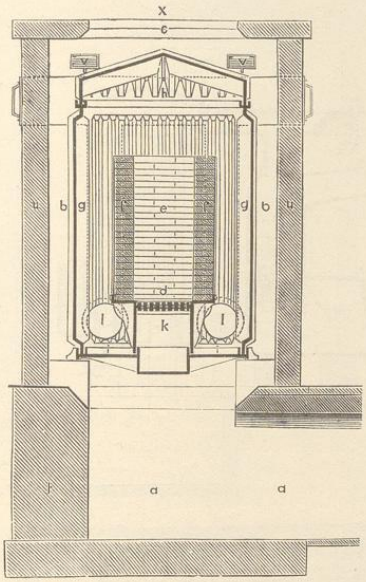
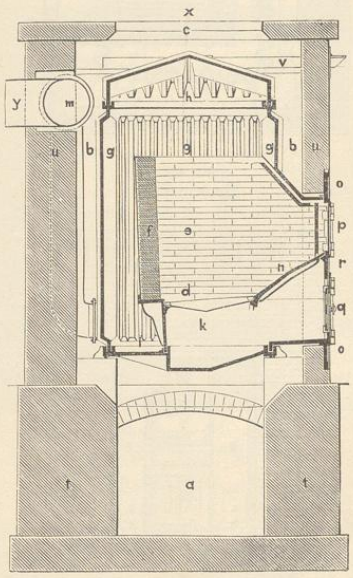


Fig. 124.

Längenschnitt.



Die Einrichtung des Rostes, des Füllhalses und der Reinigungsdeckel weicht nur erheblich von der unter I. beschriebenen Anordnung ab und die Bedienung ist die gleiche; das Wassergefäß wird durch einen Trichter vom Vorraume aus gefüllt. — Die atmosphärische Luft tritt bei k in der Richtung des Pfeiles in die Kammer und steigt erwärmt durch die Heizkanäle w w nach den Zimmern auf.

Der Strahlenraumofen eignet sich hauptsächlich für Coaksfeuerung. Nach Messungen des Herrn Dr. Wolpert beträgt der durchschnittliche Nutzeffekt 68 Proz.

III. **Luftheizofen von Weibel, Briquet & Co. in Genf.** Derselbe wird durch die Fig. 123 bis 126 in

Der massive, von den eisernen Kastenwandungen umschlossene Feuerraum e wird nicht als Heizfläche benutzt, hat nicht die Bestimmung Wärme an die Luft abzugeben, sondern dieselbe den abgekühlten Gasen im unteren Teile des Feuerraumes zuzuleiten. Über die Rostanordnung dieses Ofens wurde bereits im vorhergehenden Paragraphen gesprochen. Dieser Rost liegt tief, um eine hohe Brennstoffschicht anwenden zu können, gleichzeitig soll dadurch der gerippte Deckel vor der heftigen Wirkung der Hitze des Feuerraumes, nämlich der strahlenden Wärme, der glühenden Kohlen und der leitenden Wärme der Gase, geschützt werden. Um sein Erglühen zu verhindern, muß für eine schnelle Wärmeabgabe gesorgt sein. Die stark gerippten

Wandungen, welche die Heizfläche bedeutend vergrößern, sind allerdings ein geeignetes Mittel zu diesem Zweck. Nachdem die Feuergase sich abwärts über die massiven Wände des Feuerraumes bewegt haben, ziehen sie durch zwei Rohre l l am Boden der Kammer ab, steigen von hier aus vertikal auf nach dem Sammelrohr m und münden mittels des Rauchrohres y in den Schornstein.

Fig. 125.
Horizontaler Durchschnitt.

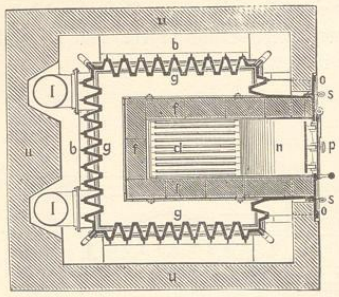
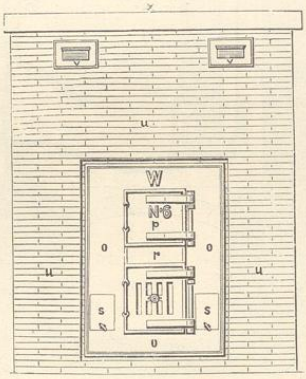


Fig. 126.
Vorderansicht.



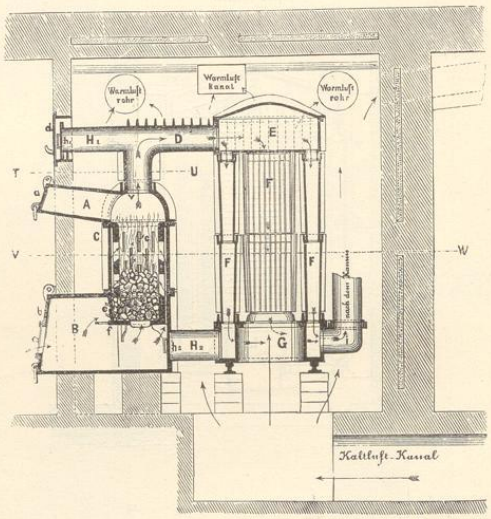
Die Zuführung der atmosphärischen Luft in die Kammer erfolgt durch den Kanal a unterhalb der Bodenplatte i, so daß reine Gegenstromheizung stattfindet; die Lage der Transmissionsflächen ist für die aufsteigende Bewegung des Luftstromes eine sehr günstige, mit Ausnahme der unvorteilhaft gewählten Bodenplatte. Über der Deckplatte sind symmetrisch zwei Wasserverdampfungspfannen v v angebracht. Der Abzug der erwärmten Luft erfolgt durch die Austrittsöffnung x im Mittel der Deckplatte, welche letztere durch ein doppeltes Gewölbe zu ersetzen wäre; auch ist der Abstand des Apparates von den Kammerwänden nicht groß genug, um denselben reinigen und revidieren zu können.

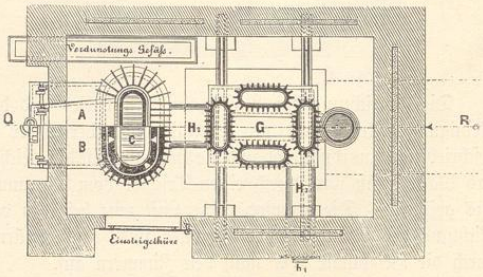
Das Ausrußen des Apparates erfolgt durch die Rußkapseln s s (in der Vorderansicht), seitlich der Aschenkastenthür.

Die äußere Reinigung der senkrechten Seitenwandungen des Apparates bietet keine Schwierigkeit dar, dagegen ist die gefaltete Deckplatte für Staubablagerung in hohem Grade geeignet, und hier wird öftere Kontrolle nötig sein, weil die Luft der Kammer durch Staubteile verunreinigt wird.

IV. **Centralheizungsofen mit Korbrostfeuerung von Möhrlin in Stuttgart.** (Fig. 127 u. 128.) Der Apparat besteht aus einem Feuertopf C, mit Füllschacht A,

Fig. 127 u. 128.
Längenschnitt nach Q—R.





Horizontalschnitt nach T—U und V—W.

dem herausziehbaren Planrost f und dem Korbrost c. Zwei drehbare und wegnehmbare Stäbe e verhindern das Herabfallen des Brennmateriales. Der Luftzutritt zum Brennraume findet in der Richtung der Pfeile statt. Durch

Einschaltung des Korbrostes kommt das glühende Brennmaterial mit dem Feuertopfe gar nicht in Berührung; es tritt vielmehr zwischen diesen und den Korbrost stets frische Luft vom Aschenraume B her, welche erwärmt den Destillationsgasen in der oberen Brennstoffschicht zugeführt wird und deren vollständige Verbrennung bewirkt. Gleichzeitig wird der Feuertopf durch die abkühlende Wirkung des eintretenden Luftstromes auch ohne Ausfutterung vor dem Erglühen geschützt. Der Zutritt der frischen Luft zum Aschenraume erfolgt durch Öffnungen in der Thür b, welche mittels eines Schiebers verschließbar sind.

Die drei Teile, aus welchen der Feuertopf besteht, sind durch Sandverschluß gedichtet, wodurch ihrer Beweglichkeit im erhitzten Zustande Rechnung getragen wird. Zur Erzielung einer schnellen Wärmeabgabe sind die Wandungen mit Rippen verstärkt. — Die Verbrennungsprodukte steigen aus dem Feuerraume durch die Bogenröhre D [1]) in den Rauchkasten E, verbreiten sich daselbst, treten durch vier gerippte Rohre F F abwärts nach dem Sammelkasten G und von da durch den Rauchstutzen i in den Schornstein.

Das Ausrußen des Ofens soll nach Öffnen der Klappe d mit Hilfe einer Bürste derart erfolgen, daß von H_1 her der Ruß aus dem Rauchkasten E und den vier Rohren F nach dem Sammelkasten gefegt und durch H_2 und H_3 entfernt wird.

Die Lage der Transmissionsflächen ist zweckmäßig angeordnet: der Rauch sinkt, seiner Abkühlung entsprechend, in den gerippten Rohren F abwärts und die Luft macht den entgegengesetzten Weg. Sie kann aber unter dem Rauchkasten E nur schwer entweichen und müßte dieser daher wie der untere Kasten G in der Mitte durchbrochen sein. In diesem Falle würde auch die Decke des Rauchkastens nur geringe Staubflächen darbieten. Die Reinigung der Staubflächen ist bei der Geräumigkeit der Heizkammer leicht zu bewerkstelligen.

Der Zutritt der atmosphärischen Luft in die Kammer ist aus der Zeichnung ersichtlich, ebenso die Mündungen der Heizkanäle; ein Wasserverdampfungsgefäß ist vorhanden.

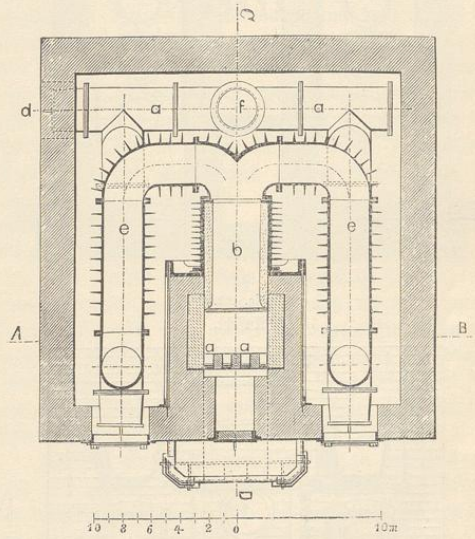
V. Der **Centralheizungsofen von J. H. Reinhardt in Würzburg** ist in Fig. 129 bis 132 dargestellt, und zwar ist Fig. 129 ein Horizontalschnitt in Höhe von E F (Fig. 130) mit dem Arrangement der Einfeuerung und des Rostes; Fig. 130 ist der Querschnitt, Fig. 131 der Längenschnitt durch die Heizkammer und Fig. 132 die Ansicht derselben. Alle Reinigungskapseln sind mit Deckeln d verschlossen.

1) An der stark verengten Haube des Feuerraumes stoßen die heißen Feuergase gegen die vortretenden Flanschen v, wobei eine vermehrte Wärmeabgabe stattfindet. Hier dürfte ein Erglühen der betreffenden Wandung trotz der Strahlrippen schwer zu verhindern sein.

Der Feuerherd besteht aus gußeisernen, 20 mm dicken Seiten- und Stirnplatten, die mit Verstärkungsflanschen zwecks der Verschraubung versehen sind; außer der einen halben Stein starken Ziegelausmauerung wird er nach innen noch einen halben Stein stark mit Chamotte ausgefuttert. Hierdurch wird das Erglühen der gußeisernen Wandung vermieden, andererseits ein mächtiges Wärmereservoir geschaffen. Die Stirn- und Seitenplatten sind seitlich und nach der Länge mit dem Mauerwerk verankert.

Die Verbrennung erfolgt auf einem Planrost; für Rauchverbrennung ist durch die Luftkanäle a a gesorgt. Die Feuergase gelangen sodann in das mit zahlreichen

Fig. 129.
Horizontalschnitt nach E—F in Fig. 130.



Strahlungsrippen versehene gußeiserne Rohr b mit Chamotteausfutterung und von hier in die Heizrohe e e und das Sammelrohr f. Erstere sind 27 cm weit und nur an der oberen Seite gerippt, weil diese von den heißesten Gasen bestrichen wird, daher die Wärme schnell transmittieren soll. Ihre Reinigung von Ruß erfolgt durch fünf Reinigungskapseln d mit Doppelverschluß; vier derselben sind in der Stirnmauer zu beiden Seiten der Heizthür sichtbar, eine fünfte Kapsel liegt in der Seitenmauer. Zur Ausrußung des Rohres b ist ein Deckel mit Chamotteausfutterung vorhanden. In der Stirnwand des Ofens (Fig. 132) ist ferner die Anordnung der Heizthür und der Aschenthür ersichtlich; erstere ist mit innerem Strahlblech, letztere mit Luftregister versehen. Über der Heizthür liegen die Luftkanäle a a für Rauchverbrennung. Endlich sind die Wasserverdampfer mit Zuleitungsrohren und Ab-

schlußhahnen ersichtlich und über diesen (in der Mitte) die Thür zur Revision und Reinigung der Außenflächen des Apparates. Diese wird sich im wesentlichen auf die Entfernung der Staubablagerungen zwischen den Strahlungsrippen der Heizrohre beziehen, denn die Decke des Feuerherdes ist leicht zu putzen.[1])

1) Wegen des starken, nach oben gerichteten Luftstromes ist die Staubablagerung in der Kammer nur eine mäßige.

Fig. 130.
Schnitt A—B.

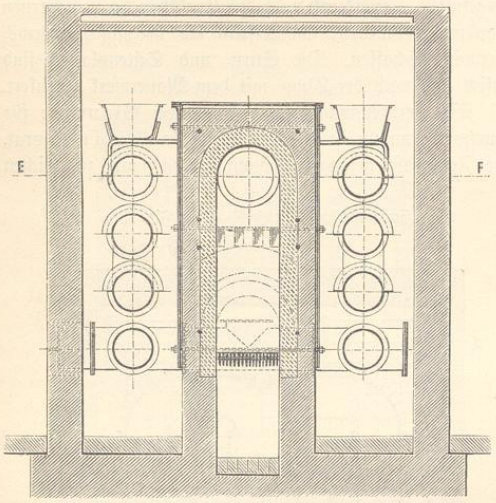


Fig. 131.
Schnitt C—D.

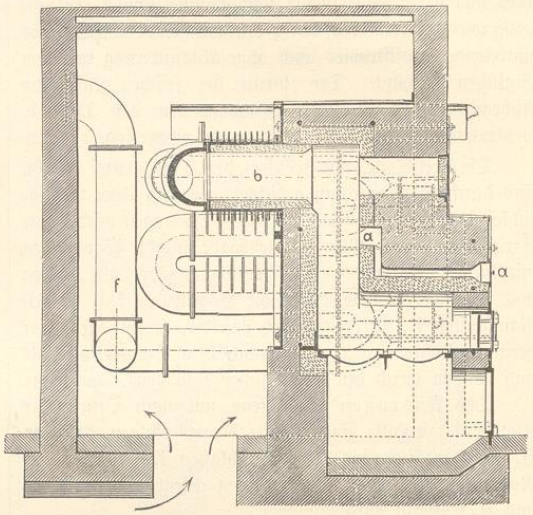
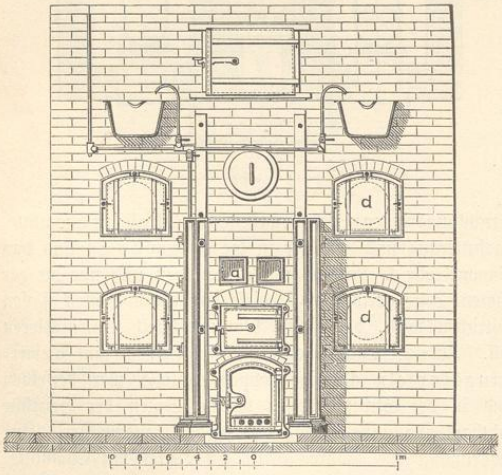


Fig. 132.
Ansicht.



Alle Verbindungen der Rohre erfolgen mittels Flanschen, welche mechanisch bearbeitet sind. Diese Methode ist für horizontale Rohre nicht als mustergiltig von der Kritik bezeichnet worden (wegen der zu erwartenden höheren Erwärmung der oberen Rohrhälfte); indessen haben sich daraus resultierende Übelstände in praxi noch nicht herausgestellt.[1]) — Die Heizfläche des dargestellten Apparates beträgt 38 qm.

VI. **Luftheizapparat von Sturm.** Der Reinhardt'sche Apparat ist seit einigen Jahren durch den derzeitigen Inhaber der Firma, E. Sturm in Würzburg, entsprechend modifiziert und teilweise verbessert worden, insbesondere ist die Einrichtung des Brennraumes vorteilhafter und so gestaltet, daß auch die Verwendung minderwertigen Brennmateriales statthaft ist. Auf Tafel 20 ist der Apparat in Fig. 1 bis 4 dargestellt. An die Stelle des Planrostes in Fig. 131 ist ein geneigter Rost getreten, an dessen Wangenstücke sich ein kurzer, auf gewalztem und Winkeleisen ruhender Planrost anschließt. Der Luftzutritt durch die Spalten der Roste ist unbehindert; außerdem strömt durch die Öffnungen a a im Chamottegemäuer des Brennschachtes konstant frische und vorgewärmte Luft ein, wodurch vollständige Verbrennung der Rauchgase erstrebt wird. Zur Aufnahme des Brennstoffvorrates dient der Füllschacht b mit regulierbarem Verschlußdeckel. Die

1) Die Apparate von Kniebandel & Wegner verwenden an dieser Stelle Verbindungsmuffen mit übergeschobenen und durch Lehm gedichteten Rohrschellen.

Außenwände des Feuerraumes sind aus starken gußeisernen Platten mit angegossenen Flanschen zusammengesetzt. Die Chamotteausfutterung im Brennschacht ist einen halben Stein stark, wozu an der Rückenfläche desselben noch eine gleichstarke Ausfutterung von guten Mauersteinen tritt. Auch das mittlere, 45 cm weite Rohr, dessen Entrußung von der Ofenstirn her erfolgt, ist mit einer 5 cm starken Chamotteausfutterung versehen, um das Erglühen der unter Wirkung der Stichflamme stehenden Gußteile zu hindern. Die Zusammensetzung des Röhrenzuges aus kurzen, den Wärmewirkungen leichter Widerstand leistenden Teilen ist eine sorgfältige zu nennen.

Die Anordnung der seitlich vom Feuerraum geführten gerippten Heizrohre ist im wesentlichen die frühere geblieben, dagegen ist das Sammelrohr d vorteilhafter für die Entrußung, nämlich geradlinig, geführt.

Die Verdunstungspfannen sind breit und mit Mittelöffnungen versehen, durch welche der aufsteigende Strom warmer Luft direkt hindurchtritt und sich unter der Wirkung von Wasserzerstäubern mit Feuchtigkeit sättigt, ehe er unterhalb des Gewölbes in die Heizkanäle eintritt.

VII. **Luftheizungsapparat von Emil Kelling in Dresden.** Der auf Tafel 25 in Fig. 1 bis 4 dargestellte Luftheizapparat besteht aus einem schmiedeeisernen Feuerraume A, schmiedeeisernen vertikalen Brennschacht B und horizontalen Verteilungskanal C aus demselben Material. Die Kasten A, B und C sind mit Chamotte ausgefuttert. Die an den Verteilungskasten C sich zunächst anschließenden oberen Heizrohre E sind inwendig mit angegossenen Spitzen versehen, welche zur Aufnahme der rohrförmigen Chamotteauskleidung dienen. Nachdem die im Feuerraume entwickelten Rauchgase das Rohr E verlassen haben, durchziehen dieselben die gußeisernen Röhren E F G H I und münden in den schmiedeeisernen Rauchsammler D. Die Verbindung der Röhren unter sich, sowie mit dem Verteilungskasten C und Rauchsammler D geschieht durch mit Sand gefüllte Doppelfalze. Die vertikalen Rohrstutzen und die Doppelfalze sind an jedes Rohr angegossen, wodurch die Anzahl der Fugen auf das geringste Maß beschränkt ist. Auf den obersten Röhren befinden sich Wasserpfannen, welche das nötige Wasser verdampfen. — Die Heizfläche des Apparates enthält 30 qm. Die totale Rostfläche für Braunkohlenfeuerung 0,38 qm, die freie 0,2 qm.

Einrichtung des Brennraumes. Der geneigte Rost b besteht aus mehreren Flachstäben, denen eine Zahl rippenartiger Stäbe angegossen sind, so daß dadurch ein Treppenrost gebildet wird. Die Flachstäbe stützen sich oberhalb auf einen festen Rundeisenstab (welchen ein lagerähnlich geformter Anguß der Stäbe umfaßt) und unterhalb auf einen mit der Achse O drehbaren Rahmen. Sobald O hin und her gedreht wird, schwingen die einzelnen Teile des Rostes, machen also eine schüttelnde Bewegung, die das Nachrutschen der Kohle veranlaßt. Die Stäbe des horizontalen Rostes p liegen lose nebeneinander in einem gußeisernen Rahmen. Zwei gußeiserne Rechen e e greifen in die Rostspalten, diese reinigend, sobald die Stange hin und her geschoben wird. Die Rechen finden ihre Führung in dem Rahmen des Rostes. Solche Rechen sind notwendig bei einem Brennmaterial, welches, wie die Braunkohle, viel Asche liefert, und sie sind auch möglich, weil die Temperatur im Brennraume dabei erheblich niedriger ist als bei Steinkohlenfeuerung. Die Thür ist zweiflügelig, man kann sie daher öffnen, ohne den Bügel der Stange zu entfernen. — Das Brennmaterial wird durch die Öffnung der Klappe k eingeworfen und die Verbrennungsluft tritt durch die Öffnungen einer Schraubenklappe ein. Des Materiales der Heizflächen ist bereits Erwähnung geschehen. Hierzu mag bemerkt werden, daß die Verwendung von Schmiedeeisen zur Herstellung des eigentlichen Brennraumes mit Brennschacht und Verteilungskanal — wegen der größeren Dehnbarkeit des Eisenbleches — ein Verschrauben und Vernieten der Fugenränder (Flanschen) ohne Bedenken gestattet. Dagegen ist Sorge getragen, daß die gußeisernen Röhren E F G H und I freie Bewegung behalten. Es wird dies erreicht durch kurze, angegossene Stutzen, und zwar haben die nach unten gerichteten Stutzen i glatte Ränder, die nach oben gerichteten angegossene Rinnen, in welche die glatten Ränder eingreifen. Der verbleibende Zwischenraum ist mit Sand gefüllt. Die Heizröhren sind am vorderen Ende eingemauert, die hinteren Enden derselben ruhen auf eingemauerten eisernen Trägern.

Um das Erglühen der Ofenteile zu verhindern, sind nicht allein Feuerraum und Brennschacht, sondern auch der horizontale Verteilungskanal C nebst den Röhren E E mit Chamotte ausgefuttert. Mit Strahlungsrippen sind die Rohre E F G und H nicht versehen, was deren äußere Reinigung erleichtert und den Nutzeffekt relativ erhöht.[1])

Die Bewegung des Rauches in den Röhren erfolgt im Sinne der Gegenstromheizung nach unten, diejenige der Luft ungehindert nach oben. Dies Arrangement ist

1) Dem Anbringen von Strahlungsrippen bei Transmissionsröhren wird in der Regel eine zu hohe Bedeutung beigelegt. Prof. Fischer in Hannover hat darüber Versuche angestellt, wobei sich ergab, daß die Wärmeabgabe eines gerippten vertikalen Rohres von 10,0 cm äußerem Durchmesser mit acht Stück 4,5 cm breiten, radial gerichteten, an der Wurzel 2 cm dicken Strahlungsrippen sich verhielt zu derjenigen des glatten Rohres = 25,8 : 16,3. Dies Verhältnis wird noch ungünstiger, wenn die Rippen, wie bei horizontalen Röhren, parallel gerichtet sind, so daß sich die Flächen gegenseitig bestrahlen. Prof. Wolpert wendet daher bei seinem Strahlenraumofen sogenannte Strahlbleche an, welche zwischen den Rippen eingehängt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

günstig zu nennen, weil dabei eine Steigerung der Lufttemperatur in der Kammer möglich ist, d. h. bei ihrem Aufsteigen Röhren von zunehmender Temperatur angetroffen und umspült werden. Die Reinigung der Flächen des Apparates, auf welchen Staubablagerung möglich ist, wird in der Kammer bewirkt.

Das Ausrußen des Verteilungskanales, der Röhren EFGH und I, sowie des Rauchsammlers D geschieht nach Fortnahme der betreffenden Reinigungsdeckel; schwieriger ist den kurzen Stutzen beizukommen, welche sich rechtwinklig und vertikal abzweigen. Die Prüfung der Rohre auf Rußfreiheit geschieht mit Hilfe eines Lichtes, das an einen Stock gebunden wird. Die Heizkammer wird durch eine dichtschließende, eiserne Thür betreten. Das Mauerwerk der Kammer wird an der Stirnseite einen halben Stein stark in Backstein „gefugt" hergestellt und die Kammer mit doppeltem Gewölbe abgedeckt. Der Druck der Gewölbeträger auf die der Stirnseite eingefügten Apparatenteile wird durch einen Entlastungsträger aufgenommen. Die Höhe der Kammer beträgt im Minimum 2,2 m. Zur Einführung kalter atmosphärischer Luft in die Kammer dient der gewölbte Kanal K mit ein Stein starker Wandung. Seine Ausmündung erfolgt zu beiden Seiten des Heizapparates durch Öffnungen von 66 cm Seite. Die frische Luft steigt sofort in der Richtung der Pfeile aufwärts, erwärmt sich an den Ofen- und Rohrwandungen und entweicht durch mit Klappen versehene Öffnungen W W in die Kanäle M M. Die Klappen können angezogen werden, um nach Erfordernis auch die kältere Luft vom Fußboden der Kammer in die Warmluftkanäle M eintreten zu lassen und dadurch Mischung der kalten und erhitzten Luft zu bewirken; man nennt sie daher Mischklappen und die Kanäle M Mischkanäle. Dagegen führen die Kanäle Z Z kalte Zimmerluft in den atmosphärischen Kanal K zurück und heißen Cirkulationskanäle. Cirkulation der Zimmerluft nach der Kammer ist nur beim „Anheizen" zulässig.

Zwischen den Kanälen M und Z liegt das befahrbare Schornsteinrohr S. Die vollständige Anlage einer Centralluftheizung mit Ventilation nach dem System Kelling ist auf den Tafeln 26 bis 28 dargestellt und in § 48 ausführlich beschrieben.

Anm. Zu den Apparaten mit horizontaler Rohrführung gehören sodann ferner:

Der Luftheizungsofen von Kniebandel & Wegner in Berlin, welcher das ältere Müller'sche System mit oblongem, ausgefutterten Heizkasten und in horizontalen Röhren aufwärts geführter Flamme (Parallelstromheizung) kultiviert. Über dessen Muffenverbindung mit Rohrschellen ist bereits berichtet worden.

VIII. **Luftheizapparat von Fischer & Stiehl in Essen** (Tafel 29). Diese Konstrukteure verwenden zur Leitung der Rauchgase nicht runde, sondern prismatische Heizröhren nach Art derjenigen des Kaiserslauterner Schachtofens, und zwar geht von dem oberen Teile des Feuerschachtes v ein großes, horizontal liegendes, geripptes Heizrohr nach dem hinteren Untersatze, der in zwei Abteilungen zerlegt ist. Von hier führt ein glattes, prismatisches Heizrohr bis zum Feuerschacht und kehrt zurück nach der rechtsseitigen Abteilung des Untersatzes, um sodann in den Schornstein zu entweichen. Der Feuerschacht und ein Teil des Heizrohres sind mit Chamotteplatten ausgefuttert, um dem Erglühen des Apparates vorzubeugen. Die Verbindung der Heizröhren mit dem Untersatze resp. mit dem Feuerschacht und der einzelnen Rohrstücke unter sich ist durch abgehobelte und sorgfältig abgerichtete Flanschen hergestellt. Die acht Reinigungsdeckel der Putzöffnungen beider Rohre und derjenige des Feuerschachtes sind aufgeschraubt und mit feuerfestem Kitt gedichtet. Das obere Heizrohr ist, damit der Apparat sich ungehindert bewegen kann, mit dem Untersatz nicht fest verbunden, sondern ein angegossener Hals taucht in die mit feinem Sand gefüllte Rinne des Untersatzes (Sanddichtung). — Die Reinigung des Apparates von Flugasche u. s. w. muß vom Innern der Kammer her erfolgen.

IX. **Körtings Patent-Kalorifère.** (Modell 1892.) Abweichend von den vorher beschriebenen Apparaten ist der auf Tafel 30 dargestellte Patent-Kalorifère der Gebr. Körting in Hannover. Derselbe besteht im wesentlichen aus folgenden Hauptteilen, nämlich:

1) dem ausgemauerten Verbrennungsraum A mit Füllöffnungen T_1 und T_2 und Inspektionsthür mit Regulierscheibe T_3;
2) einem oberen horizontalen Verteilungsrohr B;
3) den sich zu beiden Seiten desselben anschließenden, schräg gestellten, patentierten Diagonal-Rippenheizelementen C und
4) den sich an letztere wieder anschließenden horizontalen Rauchsammelkästen D.

Die Feuergase treten aus dem Feuerraume in das Verteilungsrohr B, passieren sämtliche Heizkörper, an die sie ihre Wärme abgeben, treten dann in die Sammelkästen D und gelangen von hier in den Schornstein. — Die frische Luft tritt aus dem Kanal K zwischen den Rauchsammelröhren in den Raum ein, der von den Heizelementen C C umschlossen wird und zwischen diesen hindurch nach dem Außenraume der Heizkammer, indem sie die von den Elementen abgegebene Wärme aufnimmt; hier wird sie durch die Heißluftkanäle ihrer Verwendung zugeführt.

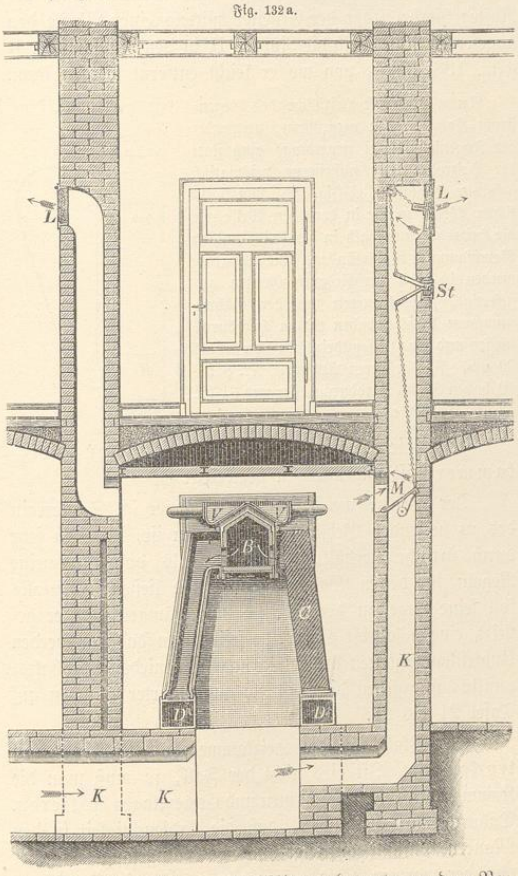
Das Verteilungsrohr B ist fünfeckig, innen mit Chamotte ausgefuttert, oben mit Rippen besetzt; an den Seitenflächen sind Schlitze angebracht, durch welche die Heizgase in die Rippenelemente einströmen. Diese Heizkörper sind so eng gestellt, daß die Rippen zweier benachbarter Elemente sich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nahezu berühren und daher wird der von unten eintretende Luftstrom gezwungen, sich darin zu erwärmen. Die Rippen haben außerdem eine solche Stellung gegen den Horizont, daß die Luft ohne wesentliche Widerstände sie durchströmt. Außerdem ist der Querschnitt der Rippenkanäle groß gewählt, um die Reibungswiderstände beim Passieren derselben zu verringern, und es bietet die flache Gestalt der Heizkörper den Vorteil, daß die heißen Feuergase, die in verhältnismäßig dünner Schicht durch dieselben strömen, eine große Abkühlungsfläche vorfinden.

Der Heizeffekt der Kalorifères ist daher ein sehr zufriedenstellender, nach Angabe der Fabrikanten findet bei denselben eine Ausnutzung des Brennstoffes bis zu 80 Proz. statt.

Fig. 132a.



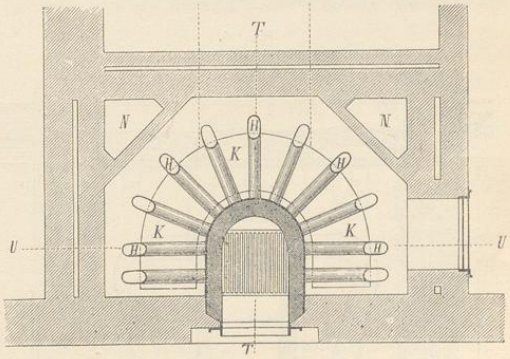
Die Befestigung der Rippenelemente an dem Verteilungsrohr B erfolgt durch Schrauben, unterhalb greifen dieselben in angegossene Falze an dem Sammelrohr D. Horizontale Flächen, auf welchen sich Staub ablagern könnte, sind bei dem Apparat von Körting gänzlich vermieden.

Die Luftbefeuchtungswannen werden von der Firma als dreieckige Wassergefäße mit regulierbarem Wasserstand ausgeführt.

Das Entrußen des Apparates findet von einer besonderen Entrußungskammer her statt, welche am Ende der Heizkammer liegt. Gegen die Rußkammer ist die Heizkammer durch eine eiserne Heizthür P abgeschlossen. Auch kann man von hier leicht zwischen die Heizelemente und in den Luftkanal gelangen. Das Verteilungsrohr B und die Sammelrohre D treten bis in die Rußkammer hinein, werden von hier aus gereinigt und sind mit eisernen Klappen geschlossen. Der Mantel des Feuerraumes besteht aus Schmiedeeisen. Zur Ausfutterung desselben werden Chamottesteine verwendet.

In Fig. 132a haben wir den Körting'schen Kalorifère mit Heizkammer, Abschlußmauern und den darin ausgesparten Luftleitungen, mit Stellklappen u. s. w. übersichtlich dargestellt. Die Leitungskanäle erhalten in den Zimmern Jalousienklappen L mit Stellvorrichtung St, bei M befindet sich die schon früher beschriebene Mischklappe; wird dieselbe gehoben, so tritt neben der warmen auch frische Luft aus dem Kanal K ein.

Fig. 133.



X. Ein neuerer Luftheizapparat ist der in Fig. 133 bis 135 dargestellte **„Vertikal-Gegenstrom-Kalorifère" von Kori in Berlin.** Horizontale Heizflächen sind bei diesem Apparat nach Möglichkeit und gerippte Flächen ganz vermieden; erstere um die Ablagerung von Staub und das Versengen desselben an den Heizflächen zu hindern, letztere der leichteren Reinigung wegen. Heiztechnisch sind die Rippen ohnehin entbehrlich, da mittels einer glatten Heizfläche erfahrungsmäßig ein höherer Wärmeeffekt erzielt werden kann als mit einer gleich großen Rippenheizfläche: die Rippen bilden daher einen unnützen Ballast. Die

Reinigung des Apparates geschieht von der Frontseite, d. h. vom Vorraume aus, wo die Bedienung stattfindet.

Fig. 134.
Durchschnitt nach T—T.

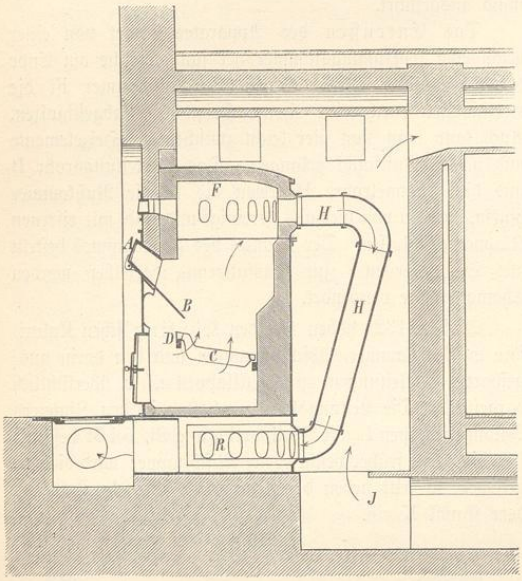
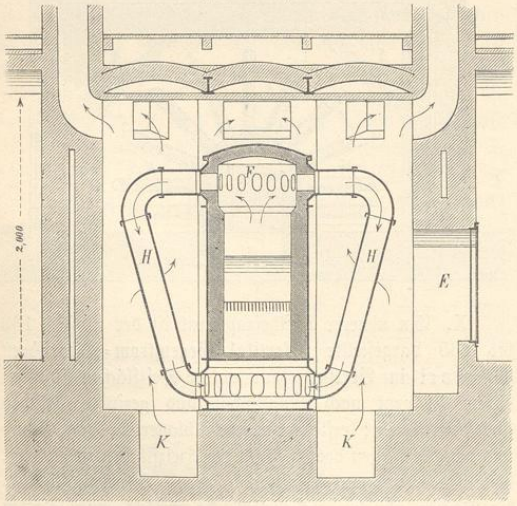


Fig. 135.
Durchschnitt nach U—U.

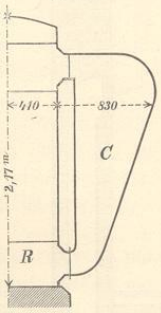


Ein Vorteil des Gegenstrom-Kalorifère liegt in dessen geringer Konstruktionshöhe und seinen relativ niedrigen Anlagekosten.

Konstruktion und Bedienung. Das Brennmaterial wird durch die Füllthür A eingeschüttet, gleitet auf der Fläche B hinab und verbrennt in einem hufeisenförmigen Korbrost C. Die Feuergase werden nun in eine Anzahl strahlenförmig angeordneter Heizrohre H verteilt, die unterhalb in den Rauchsammler R münden. Hierbei findet Gegenstrom statt, da die frische Luft aus dem ringförmigen Kanal K aufwärts steigt und die Heizrohre in einer, den Rauchgasen entgegengesetzten Richtung umspült. Durch horizontale Bleche im oberen Teile der Kammer wird die Luft zu inniger Berührung mit dem Rohrsystem gezwungen. Die Heizkammer ist durch eine in der rechten Abschlußwand ausgesparte Thür zugänglich. Die Entrußung des Kalorifères erfolgt nach Herausnahme der Roste; hierbei stößt der Arbeiter mittels einer Bürste den angesetzten Ruß durch die Röhren H in den Rußsammler R (Fig. 133) hinab, von wo er leicht entfernt werden kann.

Anm. Um die Heizfläche des Gegenstrom-Kalorifère zu vergrößern, verwendet der Ingenieur Kori neuerdings auch statt der Heizrohre HH gußeiserne prismatisch geformte Heizkasten, C Fig. 136, von 5 cm lichter Weite, welche in derselben Weise wie die Heizrohre unterhalb in den kreisförmigen Rauchsammler R einmünden. Die Apparate werden in zehn verschiedenen Größen angefertigt. Die kleineren mit den Fabriknummern 1 bis 6 haben 62 cm Herddurchmesser und eine Gesamtheizfläche von 18 bis 29 qm. Die größeren Apparate Nr. 8 bis 10 haben 82 cm Herddurchmesser und 31 bis 42 qm Heizfläche.

Fig. 136.



Über die konstruktive Anlage der Heizkammern ist folgendes zu bemerken:

Der Platz, welcher der Heizkammer im Souterrain des zu heizenden Gebäudes anzuweisen ist, wird zu sehr durch örtliche Verhältnisse bedingt, als daß allgemeine Regeln für dessen Wahl sich aufstellen ließen: jedenfalls soll seine Lage zu der Gruppe von Räumen, die er beheizt, eine möglichst centrale sein, denn dadurch werden Ungleichmäßigkeiten in den Leitungen vermieden. Anhaltspunkte dafür geben die Beispiele ausgeführter Anlagen auf Tafel 21 bis 28.

Der Platz für die Heizkammer soll vollkommen trocken sein. Ist dies nicht der Fall, so muß man die Kammer durch Asphaltschichten und Cementlagen isolieren. Dadurch wird verhindert, daß die Erdfeuchtigkeit in den Mauern konstant aufsteigt und das aufgesaugte Wasser von der warmen Luft aufgenommen, also in Dunstform in die Zimmer getragen wird.

Die Kammer ist so anzulegen, daß sie leicht zugänglich ist und die Reinigung des Apparates sowie

die Ausführung von Reparaturen bequem geschehen kann. [1])

Die Wände der Heizkammer stellt man gern doppelt, d. h. mit Isolierschichten her; das Mauerwerk wird aus Kalkmörtel mit vollen Fugen hergestellt und bleibt unverputzt.

Auch die Decke der Heizkammer wird durch ein doppeltes Gewölbe gebildet und der verbleibende Zwischenraum mit Asche ausgefüllt.

Den Fußboden aus gebrannten Steinen doppelt herzustellen, ist ebenfalls empfehlenswert; zur Ausfüllung des Hohlraumes dienen Schlacken und Coaksasche.

Die Einsteigethür lege man möglichst tief und so klein als möglich an, um Wärmeverluste zu vermeiden; sie soll sehr dicht schließen, doppelt und (mindestens die innere) aus Eisen konstruiert sein.

§ 43.

Bestimmung des Nutzeffektes und der Heizfläche der Luftheizapparate.

Wie in jedem Zimmerofen, so wird auch in den Kalorifèren ein Teil der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme nutzbar gemacht und transmittiert, ein anderer Teil entweicht mit den Rauchgasen in den Schornstein. Bringt man die im Schornstein verlorene Wärmemenge von derjenigen in Abzug, welche das Brennmaterial überhaupt entwickelt hat, so ist der Rest die nutzbar gemachte Wärme. Das einzige sichere Mittel zur Bestimmung des absoluten Nutzeffektes eines Heizapparates besteht nun darin:

1) das Volumen der Luft zu bestimmen, welches denselben in einer gegebenen Zeit durchströmt, die Verbrennung unterhält und als Rauch in den Schornstein entweicht und
2) die Wärmemenge zu bestimmen, welche der Rauch enthält.

Die Experimente werden mittels eines Anemometers, welches die Abzugsgeschwindigkeit der Luft im Rauchrohre anzeigt, angestellt. Die Temperatur der ein- und ausströmenden Luft wird durch ein gutes Thermometer gemessen.

Bezeichnet man nun

mit V das Volumen der Luft, welche in einer gegebenen Zeit den Schornstein durchströmt,
„ d deren Dichtigkeit oder das Gewicht eines Kubikmeters Luft an der Stelle, wo das Volumen bestimmt wurde,
„ T die Temperatur der Luft beim Entweichen aus dem Apparat in den Schornstein,
„ t die Temperatur der Luft beim Eintritt in den Herd, so ist die Wärme, welche die Luft aufgenommen und weggeführt hat, gegeben durch die Formel:

$$V \cdot d\,(T-t)\,0{,}237 \text{ W.-Einheiten,}$$

worin 0,237 die Wärmekapazität der Luft bei konstantem Drucke bezeichnet.

Zieht man diese verlorene Wärme von der durch das Brennmaterial entwickelten = C ab, so ist die Differenz

$$C - V\,d\,(T-t)\,0{,}237$$

das Maximum des kalorischen Nutzeffektes und das Verhältnis

$$\frac{C - V\,d\,(T-t)\,0{,}237}{C}$$

der totale kalorische Nutzeffekt des betreffenden Heizapparates oder das totale Ergebnis.

Hiermit ist freilich der wahre Nutzeffekt praktisch noch nicht festgestellt; er ist es nur dann, wenn der Apparat — wie bei lokaler Luftheizung und bei Mantelöfen mit Luftcirkulation geschieht — in dem zu erwärmenden Raume Aufstellung findet. Befindet er sich dagegen im Souterrain des Gebäudes, ist er gegen Abkühlung schlecht geschützt und sind die Abzugskanäle für warme Luft schlecht angelegt, so kann ein namhafter Teil der produzierten Wärme verloren gehen. Der Nutzeffekt ist auch im zweiten Falle durch Messung der in gegebener Zeit ausströmenden erwärmten Luftvolumina (wenngleich nicht im ganzen Umfange) nachzuweisen. Hat man zu dem Ende α) die Luftmenge, welche durch die Leitungsröhren abströmt, mit dem Anemometer bestimmt, β) die Temperaturdifferenz zwischen der erwärmten und der in die Heizkammer eintretenden Luft festgestellt, endlich γ) die aus dem aufgewendeten Brennmaterial entwickelte Gesamtwärmemenge C berechnet, so erhält man den wirklichen Nutzeffekt in der Anzahl von Wärmeeinheiten, welche die erwärmte Luft absorbiert hat, und das Verhältnis zur Wärmemenge C kann das nutzbare Ergebnis genannt werden. Das nutzbare Ergebnis ist nie so groß als das im ersten Falle gefundene totale Ergebnis.

Die Luft hat nach ihrem Austritte aus der Heizkammer meistens noch mehr oder minder lange Röhren zu passieren, in welchen sie einen weiteren Teil ihrer Wärme

1) Bei den meisten älteren und manchen neuen Anlagen ist gerade gegen diese Kardinalregel erheblich gesündigt; die Apparate sind eng ummauert, daher nur schwer zugänglich und bilden den Sammelpunkt für Verunreinigungen aller Art. Gerade die Luftkanäle und Heizkammern, in denen die durchströmende Luft den größeren Teil des mitgeführten Staubes absetzt, pflegen kaum je gereinigt zu werden! Es ist dies darauf zurückzuführen, daß man in vielen Fällen die Heizungs- und Lüftungsanlage dem Dienstpersonal als Nebenbeschäftigung überläßt.

verliert. Dasjenige Wärmequantum aber, welches sie in die betreffenden Räume wirklich überträgt, wird der relative Nutzeffekt des Apparates genannt.

Der relative Nutzeffekt, dividiert durch die entwickelte Wärme des Brennmateriales, heißt das Endergebnis.

Bei Vergleichung von Luftheizapparaten nach ihren Resultaten werden also diese drei Arten des Effektes, nämlich das totale Ergebnis, das nutzbare Ergebnis und das Endergebnis wohl zu berücksichtigen sein.

Versuche über den Nutzeffekt von Kalorifèren sind von Morin im Conservatoire des arts et métiers in Paris angestellt und deren Resultate veröffentlicht worden.[1])

Heizfläche der Luftkalorifère. Zur Bestimmung der Heizfläche von Apparaten mit gußeisernen Röhren und Gegenstromheizung, wie sie gegenwärtig meistens üblich sind, kann man folgende Regeln von Redtenbacher benutzen. Es sei:

W die Wärmemenge, welche stündlich an die zu erwärmende Luft abgegeben werden soll,

T_0 die Temperatur der Verbrennungsgase unmittelbar über dem Roste,

T_1 die Temperatur, mit welcher die Verbrennungsgase den Heizapparat verlassen,

t_0 die Temperatur der reinen, kalten Luft, welche in die Heizkammer eingeführt werden soll,

t_1 die Temperatur, bis zu welcher die Luft erwärmt werden soll,

L das Gewicht der Luftmenge, welches stündlich erwärmt wird,

K = 14 der Wärmedurchgangs-Koeffizient für den Durchgang aus Luft durch eine Wand von Gußeisen in Luft,

F die Oberfläche der sämtlichen Röhrenwandungen, so hat man:

$$F = W \,.\, \log.\ \text{nat.}\ \frac{T_0 - t_1}{T_1 - t_0} : \frac{K \,.\, T_0 - T_1 - (t_1 - t_0)}{}.$$

$$L = \frac{W}{0{,}237\,(t_1 - t_0)}.$$

Nach Untersuchung an gut konstruierten Apparaten darf man annehmen:

$$T_0 = 1000,\ T_1 = 200^0.$$

Für Maximalleistung ist zu setzen:

$$t_0 = -20^0,\ t_1 = +40 \text{ bis } 50^0\,\text{C}.$$

Anm. Durch derartige theoretische Bestimmung wird aber die Heizfläche in der Regel zu klein, daher die Temperatur der Heizluft zu hoch. In der Praxis ist meistens der kalorische Nutzeffekt des Apparates durch Versuche vorher bestimmt worden und danach die stündlich von dem Quadratmeter Heizfläche effektiv zu erwartende Menge von Wärmeeinheiten annähernd bekannt. Das nutzbare Ergebnis liegt bei gut konstruierten Apparaten auf 0,66 der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme. Ein Beispiel, wie aus der Luftmenge, welche stündlich vom Apparat zu erwärmen ist, die Heizfläche gefunden werden kann, unter der Voraussetzung, daß der Quadratmeter Heizfläche von Gußeisen stündlich 2000 Wärmeeinheiten abgiebt, ist in § 45 im Zusammenhang vorgeführt.

1) Salubrité des habitations etc. par A. Morin.

§ 44.

Die Luftleitungsvorrichtungen.

Die Luftleitungskanäle bilden neben dem Kalorifère einen integrierenden Teil jeder Luftheizungsanlage und haben eine dreifache Bestimmung, nämlich:

I. die erwärmte Luft aus der Heizkammer in die zu beheizenden Räume zu leiten (Heizkanäle);

II. der Heizkammer als Ersatz der abziehenden Luft frische Luftmassen zuzuführen (kalte Kanäle);

III. die verdorbene Zimmerluft abzuführen (Ventilationskanäle), und — wenn das Anheizen nach § 38 A erfolgt —

IV. die kalte Zimmerluft nach der Heizkammer hinabzuführen (Cirkulationskanäle).

I. Die Heizkanäle. Kanäle für warme Luft müssen aus einem Material hergestellt werden, welches geringes Wärmeleitungsvermögen besitzt, denn die Überleitung der Wärme an das dieselben umgebende Mauerwerk ist offenbar dem Zweck, der verfolgt wird, entgegengesetzt. Metall ist daher nicht geeignet für Warmluftröhren; Glas ist zu teuer und zu zerbrechlich: es bleibt daher keine andere Wahl als künstlicher Stein und Thon. Man führt die Heizkanäle gern in massiven Mittelmauern oder in starken Scheidemauern mit eckigem Querschnitt auf und fugt sie gut aus, um die Reibung möglichst zu vermindern und den Wärmeverlust in den Mörtelfugen zu verhüten. Besser noch ist es, innen glasierte Thonröhren gleichzeitig mit der Mauer aufzuführen, in solcher Art, daß ein kleiner Luftraum zwischen Röhre und Mauer verbleibt und die Röhren sich nur mit der kurzen Muffe, welche das folgende Rohrstück einfaßt, an das Mauerwerk lehnen, wie die Fig. 137 u. 138 veranschaulichen. Die Röhren können durch ein paar eiserne Ringe mit eingemauerten Dübeln festgehalten und die Fugen mit Chamottemörtel gedichtet werden; den verbleibenden hohlen Raum füllt man mit Sand oder Asche aus.

Alle Warmluftkanäle werden mit parallelen Wänden aufgeführt. Zur Bestimmung ihres Querschnittes ist zunächst die allgemeine Formel[1]) für die theoretische Aus-

1) Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880.

flußgeschwindigkeit wärmerer Luft in kältere in Anwendung zu bringen:

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,(T-t)}{273+T}} \quad \ldots \quad (1)$$

Darin repräsentiert:

2 g die Beschleunigung des freien Falles = 9,81 m,
H die Höhe des Kanales bis zu dessen Mündung im Zimmer.
T die Temperatur der Heizluft an dessen unterem Teile in der Heizkammer,
t die Lufttemperatur an seiner Ausmündung.

Fig. 137.

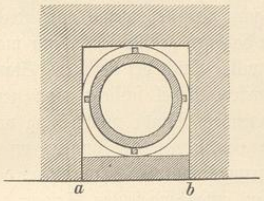
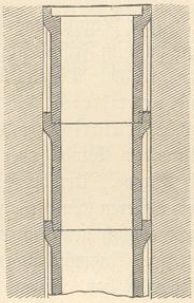


Fig. 138.



Für Metermaß kann man die Formel auch schreiben:

$$v = 4{,}4\sqrt{\frac{H\,(T-t)}{273+T}}.$$

Demnach hängt die theoretische Ausflußgeschwindigkeit der warmen Luft außer von der Temperaturdifferenz auch von der Höhe und Beschaffenheit der Abzugskanäle ab. Die effektive Abzugsgeschwindigkeit beträgt aber nur 0,5 der theoretischen wegen Reibung in den Kanälen und Stauung der Luft in den Biegungen und an den Verschlußgittern der Ausströmungsöffnungen.

Bei Berechnung der Geschwindigkeit v ist nicht die Maximal-Temperaturdifferenz, sondern eine Heizkammertemperatur von 60° und die mittlere Zimmertemperatur von 10° C., also die Differenz $T-t = 50°$ zu Grunde zu legen.

Für Kanäle im Erdgeschoß ist zu setzen H = 2,5 m und danach findet man die wirkliche Abzugsgeschwindigkeit für das Erdgeschoß:

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\sqrt{\frac{2{,}5\,.\,50}{273+60}} = 1{,}34 \text{ m}.$$

Für das I. Stockwerk ist, wenn die Höhe des Erdgeschosses 4,5 m beträgt,

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\sqrt{\frac{7\,.\,50°}{273+60°}} = 2{,}2 \text{ m};$$

und für das II. Stockwerk, wenn die Höhe der Bel-Etage 4 m beträgt,

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\sqrt{\frac{11\,.\,50°}{273+60°}} = 2{,}8 \text{ m}.$$

Um den Querschnitt F der Heizkanäle in Quadratmetern zu erhalten, ist das den einzelnen Räumen stündlich zuzuführende Luftquantum Q durch das Produkt aus Zeitdauer und Geschwindigkeit zu dividieren.

Hiernach findet man:

$$F = \frac{Q}{3600\,.\,v} \quad \ldots \quad (2)$$

Für ein Zimmer, welchem stündlich 432 cbm Heizluft zuzuführen sind, beträgt also der Querschnitt des Heizkanales im Erdgeschoß nach vorstehender Ermittelung:

$$\frac{432}{3600\,.\,1{,}34} = 0{,}089 \text{ qm}.$$

Einmündungsöffnungen der warmen Luft. Da die Geschwindigkeit der Luft in den Leitungskanälen der oberen Etagen eine bei weitem höhere ist als im Erdgeschoß, so wird — bei gleichzeitiger Thätigkeit sämtlicher Kanäle — die Luft zunächst in die oberen Geschosse eintreten und diese erwärmen, während das Erdgeschoß relativ kalt bleibt. Diesen Übelstand kann man zum Teil dadurch ausgleichen, daß die Mündungen für die oberen Etagen etwas tiefer gelegt werden, als diejenigen für das Parterregeschoß. Andere wirksamere Mittel zur Regelung der Einströmung bestehen in den noch zu besprechenden Regulierungsvorrichtungen (Schiebern und Klappen), welche eine normale und doch gleichzeitige Erwärmung aller Geschosse gestatten. Da nun die heißeste Luft in der Kammer unter dem Gewölbscheitel sich sammelt, so legt man die Einmündungen für das Erdgeschoß dicht unter den Gewölbeansätzen an und die übrigen Öffnungen nur wenig tiefer, um Effektverluste zu vermeiden. In diesem Sinne sind die Anlagen auf Tafel 20 u. 25 bewirkt. Auf Tafel 25 sind die Mündungen der Heizkanäle W W mit Regulierungsvorrichtung, d. h. mit um eine horizontale Achse drehbarer Klappe, welche durch eine Kette stellbar ist, versehen.

Die Heizkammer nach Kelling'schem Systeme (Tafel 25) zeigt eine weitere Eigentümlichkeit darin, daß die Heizkanäle bis zum Fußboden der Kammer hinabgeführt und dort ebenfalls Einmündungsöffnungen erhalten. Übersteigt die Zimmertemperatur die normale Höhe, so wird dann die Mischklappe C angezogen, so daß auch kalte Luft vom Fußboden der Kammer in den Heizkanal eintritt, sich hier mit der darüber eintretenden warmen Luft mischt und als „Mischluft" in das Zimmer strömt.

Solche Einrichtung empfiehlt sich namentlich für Schulen und Auditorien, in denen die Temperatur während des Unterrichts infolge der Wärmeproduktion der Schüler leicht 20° C. und mehr erreicht. Man hat dann nicht nötig, die Luftführung ganz abzustellen, es wird nur

an Stelle eines 40° heißen Luftstromes ein Luftgemisch von geringerer Temperatur eingeführt.

Ausmündungsöffnungen für warme Luft. Ihre Anzahl und Größe richtet sich nach Anzahl und Querschnitt der betreffenden Heizkanäle und nach den Dimensionen des zu beheizenden Raumes. Für Zimmer wird in der Regel eine Ausmündung genügen; für kleinere Säle (Salons) werden im Sinne einer gleichmäßigen Wärmeverteilung besser zwei und so mit steigenden Dimensionen des Raumes selbst drei und mehr Ausströmungsöffnungen angelegt.

Die Mündungen mit einer Einziehung zu versehen, ist unzweckmäßig, weil die Luft an dieser Stelle ohnehin Pressungen erleidet; besser ist es, den Mündungsansatz mit Rücksicht auf die Maschen des Verschlußgitters etwas zu erweitern, damit die Luft ungehindert ausströmen kann.

Die Ausmündung der Heizkanäle müßte (zur Erzielung schneller Erwärmung) nahe am Fußbodengetäfel liegen, damit die warme Luft sich schon beim Emporsteigen mit den kältesten Schichten mischen könne; wegen besserer Ventilation des Lokales liegt sie aber vorteilhafter nahe der Decke (und die Ventilationsöffnungen am Fußboden). Am liebsten ordnet man die Ausströmung so an, daß eine in der Nähe derselben stehende Person nicht von dem warmen Luftstrom getroffen werden kann, also 2 bis 2,20 m über dem Fußboden.

Um den Luftstrom nach Belieben einlassen, absperren und regulieren zu können, versieht man die Öffnungen mit Schiebern (von Gußeisen, Blech oder Holz), mit Drehklappen oder Jalousieklappen, welche in dem entsprechenden, metallenen Rahmen der Ausmündungsöffnung befestigt sind. Der letztere ist außerdem mit separatem, engmaschigem Gitter verschlossen.

II. Kanäle für Zuleitung frischer Luft. Der Kanal, der die Heizkammer mit frischer und reiner Luft versorgt, muß stets am Fuße der Heizkammer einmünden (vergl. Tafel 20 u. 25). Die Herstellung desselben erfolgt in wasserdichtem Mörtel mit einen Stein starken Wangen und einen halben Stein starkem Gewölbe. Sein Querschnitt könnte theoretisch etwas kleiner sein als die Summe sämtlicher Ausmündungen für warme Luft, weil die Luft sich durch Erwärmung in der Heizkammer ausdehnt. Nennt man T und t die Temperaturen der aus- und einströmenden Luft der Heizkammer, so verhalten sich die Mündungsquerschnitte A und B wie die Quadratwurzeln aus den spezifischen Gewichten der Luft bei T und t Grad, d. h.

$$A : B = \sqrt{\frac{1}{1+aT}} : \sqrt{\frac{1}{1+at}}.$$

Im Durchschnitt ist nun anzunehmen:

$T = 50°, t = -20°$ und der Ausdehnungs-Koeffizient der Luft a ist $= 0{,}003665$. Durch Einsetzen dieser Werte in vorstehende Formel findet man

$$A : B = 1 : 1{,}12.$$

Indessen ist die warme Luft bei gleichem Druck spezifisch leichter und beweglicher, und da ein Überschuß frischer Luft nicht nachteilig ist, auch bequeme Kanalweite ruhiges Zuströmen veranlaßt, so kann der Querschnitt des Kanales für frische Luft erfahrungsmäßig ein Viertel größer sein, als die Summe aller Warmluftöffnungen in der Heizkammer.

Zur Regulierung der einfließenden Luftmenge bringt man auch im Frischluftkanal eine dichtschließende Abschlußklappe an. Dieselbe ist ganz geöffnet, wenn man heizen und ventilieren will, ist dagegen geschlossen, wenn man mit Circulation heizen will. Auch bei heftigem, Staub führendem Winde oder starkem Nebel schließt man gern die Klappe. Um bei eintretendem Winde unabhängig von der äußeren Luftströmung ventilieren zu können, pflegt man endlich den Luftzuführungskanal so anzuordnen; daß er zwei Ausmündungen an entgegengesetzten Seiten des Gebäudes hat. Sobald der Wind auf eine der Zuführungsöffnungen drückt — was immer ein stoßweißes Ausströmen und schwieriges Ventilieren zur Folge hat —, stellt man diese Öffnung ab und nimmt die Luft aus der gegenüberliegenden, vom Winde nicht getroffenen Mündung des Kanales. Dieser Fall ist in Tafel 26 ersichtlich. An jedem Ende des Kanales, der die atmosphärische Luft in die Heizkammer leitet, befindet sich eine Luftkammer mit Filtervorrichtung. Der mitgerissene Staub soll hier zurückbleiben und die gereinigte Luft erst nach dem Passieren des Filters in den Kanal eintreten.

Wo Luftkammern nicht angeordnet sind, da wird die freie Mündung des Kanales durch eine Siebplatte, ein Draht- oder Eisengitter geschlossen, um das Eindringen von Ratten u. a. Tieren in den Kanal zu verhüten. Eine vollständige Absperrung durch Schieber oder Thüren während der Zeit, wo nicht ventiliert wird, ist zur Vermeidung eindringenden Staubes jedenfalls geboten.

III. Kanäle zur Ableitung verbrauchter Zimmerluft. Diese Kanäle haben die Aufgabe, in Wechselwirkung mit den Heizkanälen eine natürliche Ventilation hervorzurufen und werden deshalb auch Ventilationskanäle genannt. Im übrigen sind sie wie Heizkanäle zu behandeln, d. h. in den Korridor- oder Mittelwänden massiv aufzuführen und mit Schiebern oder Klappen an ihrer unteren Mündung zu versehen. Man führt sie entweder wie Schornsteine über Dachhöhe hinaus und versieht sie dort mit Luftsaugern oder sie werden nur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bis 1 m über den Fußboden des Dachraumes heraufgeführt.

Anm. Das letztere Arrangement ist in der schon erwähnten Volksschule zu Göttingen zur Anwendung gekommen und auf Tafel 28 dargestellt. Die Anordnung von separaten Ventilationsschornsteinen, welche über Dach ausmünden, ist dagegen auf Tafel 24 dargestellt und bei dem Neubau des Direktorialgebäudes vom physikalischen Institut in Berlin in Anwendung gekommen.

Für die Bestimmung des Querschnittes der Ventilationskanäle ist das aus den betreffenden Räumen stündlich abzuführende Luftquantum maßgebend. Dasselbe ist abhängig von der Benutzungsart des Lokales und wird in jedem einzelnen Falle erfahrungsmäßig pro Kopf und Stunde festgestellt (vergl. S. 85). Da bei der Winterventilation ein Abfluß wärmerer Luft in kältere stattfindet, so ist der Querschnitt F der Kanäle nach nachstehender Formel dieses Paragraphen zu berechnen

$$F = \frac{Q}{3600\,v}.$$

Zur Bestimmung von v dient nachstehende Formel für die theoretische Abflußgeschwindigkeit wärmerer Luft in kältere

$$v = 4{,}4\sqrt{\frac{H\,(T-t)}{273+T}},$$

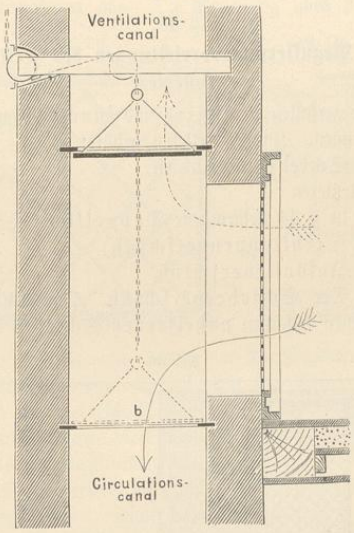
jedoch ist die effektive Abzugsgeschwindigkeit nur = 0,5 der theoretischen.

Damit aber die Kanäle auch bei Temperaturdifferenzen wirksam bleiben, wie solche bei Beginn und am Ende der Heizperiode stattfinden, also bei 10 bis 12° äußerer Lufttemperatur und bei der Zimmertemperatur von + 20° C., wird in letzterer Formel zu setzen sein $T - t = +8°$ C. Die Höhe H der Kanäle ist zu rechnen vom Fußboden des Geschosses, welches ventiliert werden soll, bis zu ihrer oberen Ausmündung. Für das auf Tafel 21 bis 24 dargestellte Gebäude ist eine derartige Rechnung auf Seite 116 durchgeführt.

Die Mündungen der Ventilationskanäle werden dicht am Fußboden angelegt, auch mit Klappen- oder Schieberverschluß versehen. In gewissen Fällen, nämlich bei Überheizung oder Überfüllung des Lokales und bei starker Wärmeproduktion der Beleuchtungskörper, ist es wünschenswert, die Luftschichten nicht vom Fußboden, sondern da, wo sie am heißesten sind, d. h. unter der Decke, abzuleiten. Aus diesem Grunde wird jeder Ventilationskanal auch mit einer oberen Öffnung versehen, die gewöhnlich durch eine stellbare Klappe geschlossen zu halten ist und außer den genannten Fällen nur in den Sommermonaten konstant offen bleibt. (Sommerventilation.)

IV. Kanäle für Rückleitung der abgekühlten Zimmerluft nach der Heizkammer (Cirkulationskanäle) werden nur selten als besondere Kanäle aufgeführt. Gewöhnlich verlängert man zu diesem Zweck die Ventilationskanäle vom Fußboden des Geschosses abwärts bis zur Heizkammer und benutzt den niedersteigenden Teil des Kanales zum Cirkulieren der Zimmerluft, den aufsteigenden zum Ventilieren. Die Trennung aber wird erreicht durch Anlage einer Doppelklappe b, welche nachstehend dedailliert dargestellt ist. Ist die Klappe gehoben, wie in Fig. 139, so ist der Weg zum Cirkulationskanal offen; ist sie dagegen gesenkt, d. h. in der Lage b, so findet Ventilation statt.

Fig. 139.



Das Regulieren der Klappe erfolgt mittels einer über Rollen laufenden Kette, deren ringförmiges Ende an dem, in der Mauer in bemessenem Abstande befestigten, Dorn eingehängt wird. Die Kette kann vom Zimmer oder auch vom Korridor her eingestellt werden; letztere Einrichtung findet statt, wenn man Wandthermometer anbringt, mittels welcher der Heizer die Zimmertemperaturen vom Korridor aus beobachten kann. Solche Thermometer sind mit Vorteil auch in einer mit der oberen Luft der Heizkammer kommunizierenden gebogenen Glasröhre anzubringen, damit die Temperatur der Heizkammer jederzeit ungehindert beobachtet werden kann.

Allgemeine Regeln:

1) Jeder zu heizende Raum muß seine eigenen Heiz- und Ventilationskanäle erhalten und diese sollen, soweit angänglich, auf kürzestem Wege aufsteigen. Die Anlage eines gemeinschaftlichen Kanales für mehrere übereinanderliegende Räume ist verwerflich.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2) Das ganze Leitungssystem, d. h. Heiz-, Ventilations- und Cirkulationskanäle sind, ähnlich wie Schornsteinröhren, zuweilen mit Besen und Bürste von dem adhärierenden Staube zu reinigen, daher mit einer Anzahl Thüren im Dachboden und an sonst passender Stelle zu versehen. Diese Thüren müssen allerdings fest schließen und sind zur Vorsicht gehörig zu verstreichen. Die Anlage von Reinigungsthüren im Dachboden ist entbehrlich, wenn die Röhren dort ausmünden (vergl. Tafel 28); sicherer aber ist die Ausmündung „über Dach."

§ 45.

Die Regulierungsvorrichtungen des Leitungssystemes.

Sie zerfallen in äußere und innere Regulierungsvorrichtungen. Zu den ersteren gehört:

der Schieberverschluß;

zu den letzteren

die in § 44 besprochene Doppelklappe;

der Drehklappenverschluß;

der Jalousieverschluß.

I. Der Schieberverschluß. Fig. 140 u. 141 stellen einen einfachen gußeisernen Schieber in Ansicht

Fig. 140.

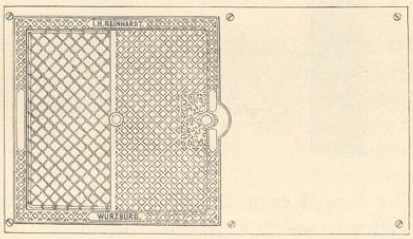
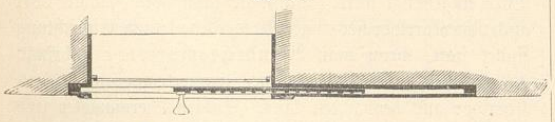


Fig. 141.



und Grundriß dar. Auch der Futterrahmen besteht aus Gußeisen. Vor dem Schieber und hinter demselben an der Mauer sind Schutzplatten angebracht und die Ausströmungsöffnung ist durch ein Drahtgitter gegen das Einwerfen von Gegenständen geschützt. Zum Anfassen des Schiebers, wenn derselbe bewegt werden soll, dient ein Knopf. Die Figur zeigt den Schieber so weit vorgeschoben, daß nur die halbe Ausströmungsöffnung frei ist. Wenn sich Staub in der Öffnung sammelt oder ein Gegenstand die Bewegung des Schiebers hemmt, dann kann das Gitter abgeschraubt, die vordere Schutzplatte entfernt und die Reinigung vorgenommen werden.

Bei einfacherer Anordnung ist der Schieber glatt und besteht aus Eisenblech, ebenso die Schutzplatten, und nur der vordere Gitterrahmen ist aus Gußeisen hergestellt. Auf der glatten Fläche des Schiebers läßt sich eine Skala[1]) anbringen, welche erlaubt, dem Schieber die Stellung zu geben, welche der herrschenden Temperatur der Luft im Freien entspricht. Bei den neueren Wiener Schulbauten werden die Schieberstellungen im Laufe der ersten Heizperiode für verschiedene Außentemperaturen ein für allemal mit Hilfe des Anemometers ermittelt und angemerkt.

Dient der Schieber zum Verschluß einer nahe der Decke liegenden Kanalmündung, so ist der Futterrahmen um 90° gedreht, d. h. so einzusetzen, daß der Schieber infolge seiner eigenen Schwere nach unten sinkt und dadurch die Öffnung schließt. An dem Rahmen wird dann eine Rolle angebracht, über welche ein Kettchen läuft, mittels dessen der Schieber von unten angezogen werden kann. Das untere Kettenende wird durch einen Knopf oder eine Schraube an der Mauer festgehalten. Im Sommer ist dieser Schieber ganz geöffnet und im Winter gewöhnlich geschlossen.

II. Drehklappenverschlüsse. Man fertigt sie in verschiedenen Formen, mit horizontaler oder vertikaler Drehachse, mit Zahnstangenbetrieb oder mit feststellbarer Verschlußvorrichtung an.

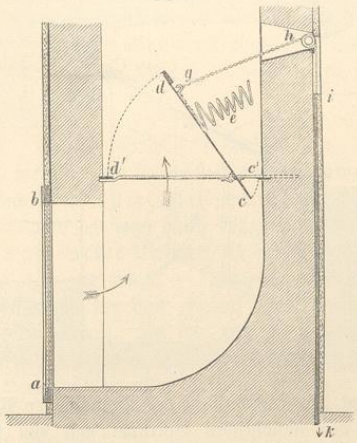
Die auf Tafel 25, Fig. 3, bei W angedeutete Mischklappe ist ebenfalls eine Drehklappe, bei welcher die Drehachse am Fußpunkte der Mündung liegt. Die Klappe hat das Bestreben, durch ihre Schwere in horizontale Lage zu gelangen und dadurch den Mischkanal zu schließen; daran wird sie gehindert durch das an ihrem oberen Rande befestigte Kettchen, welches vertikal über zwei Rollen im Heizkanale gleitet und über eine dritte Rolle im Korridor hinabhängt. Das Ende der Kette wird an einer in der Mauer befindlichen Eisenplatte mit verstellbarem Dorn befestigt. Wenn diese Drehklappe als Verschluß von Ventilationsöffnungen dient und daher vom Zimmer aus gestellt werden soll, so ist nur eine Leitrolle nötig.

Oberingenieur Paul hat in den städtischen Schulen Wiens nachstehende Klappenkonstruktion zur Regulierung des Abzuges der Ventilationsluft angewendet. Die Drehklappe dc (Fig. 142) ist in den Kanal hinein verlegt; die senkrechte Stellung derselben wird durch eine Feder e verhindert. Eine über die Leitrolle h laufende Kette dient zum Ziehen der Klappe und geht in einen Zugdraht über, der bis zum Parterre oder Keller reicht und dort in einem Ringe endet. Um Beschädigungen des Drahtes zu

1) Friedrich Paul, Central- und Ofenheizung. Wien 1878. S. 9, Fig. 2.

verhindern, wird derselbe in einem dünnen Eisenrohr i plaziert. Wenn mit Hilfe des Anemometers die Klappenstellung für ein bestimmtes Quantum in der Stunde ab-

Fig. 142.



zuführender Luft ermittelt ist, kann der Heizer die Lüftung der Zimmer vom Parterre oder Keller aus präzis regulieren. Ein äußerer Verschluß der Öffnung ab findet nicht statt.

Eine dreiteilige Drehklappe mit feststellbarer Verschlußvorrichtung ist in Fig. 143 u. 144 dargestellt. Nachdem mittels des Hebels a den Klappen diejenige Stellung

Fig. 143.

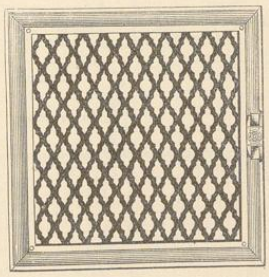
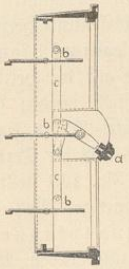


Fig. 144.



gegeben ist, welche einer normalen Beheizung resp. Ventilation für den herrschenden Temperaturgrad entspricht, wird der Hebel mit einem Schlüssel unverrückbar festgestellt.[1]) Um die Drehung der Klappen zu bewirken, sind an ihnen Lappen festgenietet, deren Drehpunkte b b mit den beiden Leitschienen c verbunden sind. Wird nun der Hebel a gehoben, so gleiten die Schienen entsprechend abwärts und bewirken dadurch die Drehung der Klappen um ihre Achsen. Die Zapfenlager der Klappen liegen in dem inneren schmiedeeisernen Rähmchen und sind in der Zeichnung durch Kreise angedeutet. Die äußere Öffnung wird durch ein Gußgitter, Drahtgitter oder — wie in Fig. 143 — eine gitterförmig durchlochte Blechtafel abgeschlossen, welche an den vier Ecken mit versenkten Schrauben gegen entsprechende Winkel am Rahmen befestigt ist.

Der Abschluß der Frischluftkanäle erfolgt gewöhnlich durch eiserne Drehklappen mit vertikaler Drehachse.

III. Der Jalousieklappenverschluß. Die Fig. 145 u. 146 stellen eine Jalousieklappe mit gußeisernem Futterrahmen dar. Die Bewegung wird durch den

Fig. 145.

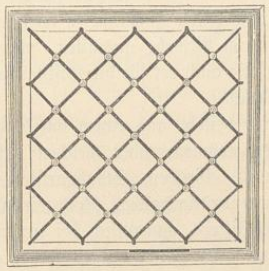
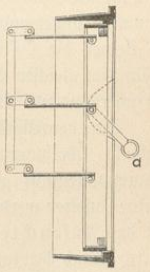


Fig. 146.



Hebel a vermittelt und bedarf der Mechanismus keiner weiteren Beschreibung. Bringt man den Hebel in seine obere, um 90° gedrehte Stellung, so hängen die Klappen senkrecht und schließen die Öffnung. Zwischen beiden Lagen des Hebels sind verschiedene Klappenstellungen und dadurch gehemmtes oder freieres Einströmen der Luft möglich. Bei Ventilationsklappen, welche nahe der Decke liegen, wird die Bewegung des Hebels durch Stellstangen bewirkt.

§ 46.

Entnahme, Reinigung und Befeuchtung der Luft.

Luftentnahme.

Dieselbe soll an derjenigen Stelle des zu beheizenden Gebäudes resp. seiner Umgebungen stattfinden, welche von Staub, Ruß und Ausdünstungen der Senkgruben, Aborte u. s. w. am wenigsten verunreinigt wird. Ist kein geeigneter Ort für Luftentnahme in Terrainhöhe zu finden, so kann man dieselbe auch aus höher gelegenen Orten entnehmen oder aus entfernter liegenden Gärten durch einen unterirdischen Kanal zuführen, der aber, wie erwähnt, gegen Grundluft und Grundfeuchtigkeit zu schützen ist. Alle Einströmungsöffnungen für frische Luft sind durch weitmaschige Gitter abzuschließen (§ 44, II).

Luftreinigung.

Die einfachste Methode, die Luft zu reinigen, besteht in der Anlage von Staubkammern, in welchen sie die

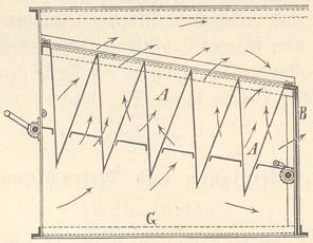
1) Diese Anordnung ist für Schulräume besonders empfehlenswert.

in ihr suspendierten schwereren Teilchen absetzen soll. Leichte Staubteile werden freilich schon durch eine geringe Luftbewegung aufgewirbelt und in der Schwebe gehalten, aber durch Befeuchtung werden dieselben, wie dies auch in der Natur geschieht, niedergeschlagen. Dieser Umstand führte dazu, die Luft durch künstlichen Regen zu reinigen. Weil das Verfahren aber viel Wasser erfordert, auch nicht überall befriedigende Resultate lieferte, ist es neuerdings seltener zur Anwendung gekommen. Künstlich befeuchtete Luft ist nämlich stets mit Feuchtigkeit gesättigt und es entsteht dann in den Zimmern bei mittlerer Außentemperatur ein zu hoher Feuchtigkeitsgehalt.

In vielen Fällen werden zur Luftreinigung Filter aus rauhen Geweben in Verbindung mit geräumigen Staubkammern angewandt. Diese Filter sind um so wirksamer, je kleiner die Öffnungen im Gewebe ausfallen, aber es wächst im gleichen Verhältnis auch der für die Luftströmung zu überwindende Widerstand.

Ein derartiges Filter besteht aus einem mit Drahtgeflecht überspannten Holzrahmen, über welchen dichter Baumwollenstoff gedeckt ist. Gröbere Staubpartikel und kleine Insekten werden darin zurückgehalten. Noch wirksamer ist das Anfeuchten des Filters, namentlich bei trockener, durch Wind bewegter Luft. Die Filter müssen ferner eine möglichst große Fläche erhalten, was erreicht wird, wenn das Filtertuch im Zickzack oder in Taschenform über die Filterrahmen gelegt wird.

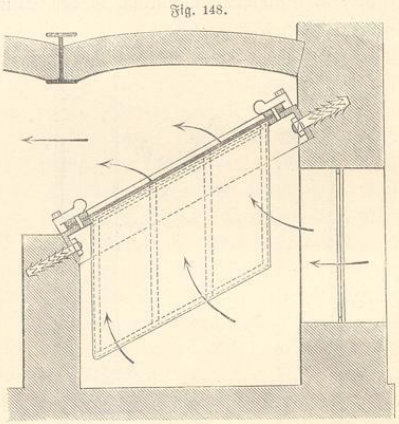
Fig. 147.



Eine möglichst große Filterfläche in kleinem Raume liefert die verbesserte **Luftfilteranlage** von **K. Möller** in Kupferhammer bei Brackwede. (D. R. P. Kl. 12, Nr. 26663.) Der Filterstoff A ist hier (vergl. Fig. 147), innerhalb des festen Gehäuses G in Taschenform angeordnet und wird durch eine mit Handkurbel betriebene Spannvorrichtung mit Sperrwerk in der vorgeschriebenen Lage festgehalten. Die zu reinigende Luft durchzieht das Filter in der Richtung der Pfeile.

In Fig. 148 ist die Filteranlage direkt gegen die Umschließungsmauern der Staubkammer, und zwar gegen ein aus eisernen Winkeln hergestelltes Gerüst befestigt. Der Stoff ist taschenförmig gefaltet und über das in der Zeichnung punktierte Rahmenwerk gespannt; die frische Luft tritt durch ein Fenster des Souterraingeschosses in die von massiven Wänden umschlossene Staubkammer ein,

Fig. 148.



durchdringt den Filterstoff in der Richtung der Pfeile, gelangt in den anstoßenden Vorraum und von hier aus unter den Kalorifère der Heizkammer.

Da die Trockenfilter schnell verstauben, muß auf bequeme Entfernbarkeit derselben zum Zweck ihrer Reinigung Bedacht genommen werden.

Befeuchtung der Luft.

Die Vorrichtungen zur Befeuchtung der Luft beschränken sich bei Central-Heizungsanlagen auf Pfannen, die auf die Heizkörper gestellt werden (vergl. Tafel 25 und Fig. 130 bis 132 im Text).

Fig. 149.

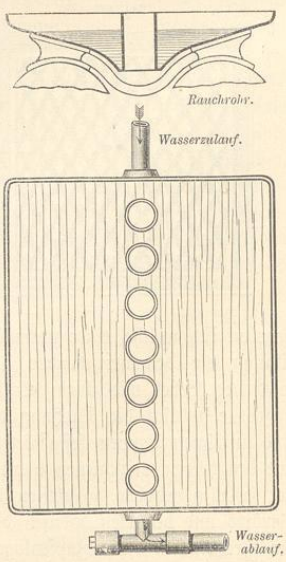


Fig. 149 stellt eine derartige Befeuchtungspfanne mit durchgehenden Warmluftröhren, wie solche von der Firma Kelling in Dresden konstruiert werden im Grundriß und Querschnitt dar. Die aus Kupferblech hergestellte Pfanne folgt in ihrer Kontour der Form der beiden obersten Rauchrohre des Kalorifère,

auf welche sie sich auffetzt. Von der einen Seite der Wanne fließt das Waſſer mittels Zufluſsrohr ein, an der anderen Seite iſt das Abflußrohr angebracht. Die Regulierung der Befeuchtung iſt indeſſen bei einfachen Pfannen ſchwierig; beſſer wird dieſelbe mittels der Körting'ſchen „Streudüſen“ mit eingelegter Spirale bewirkt, indem man nach Bedarf einige derſelben ein- oder ausſchaltet.

Gewicht der Luft.

Daß die Luft die Eigenſchaft der „Schwere“ beſitzt, iſt durch den Torricelli'ſchen Verſuch hinreichend dargethan; auch hat man durch Wägung direkt ermittelt, daß ein Kubikmeter Luft bei 0° und 760 mm Barometerſtand 1,293 kg wiegt. — Hiernach kann man das ſpezifiſche Gewicht der Luft — auf Waſſer als Einheit bezogen — beſtimmen. Da ſich nun die ſpezifiſchen Gewichte zweier verſchiedenen Subſtanzen bei gleichem Volumen wie die abſoluten Gewichte derſelben verhalten und ein Kubikmeter Waſſer von normaler Dichte 1000 kg wiegt, ſo gilt die Gleichung:

$$x : 1 = 1{,}293 : 1000$$

wonach

$$x = 0{,}001293.$$

Dieſe Zahl ſtellt das ſpezifiſche Gewicht der Luft bei 0° und 760 mm Barometerſtand dar, d. h. Waſſer hat ungefähr das 770fache Gewicht eines gleichen Volumens Luft. — Da aber gewöhnlich der Luftdruck geringer iſt, auch Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt ihren Einfluß geltend machen, ſo pflegt man für praktiſche Berechnungen das Gewicht von 1 cbm Luft in der Regel = 1,25 kg anzunehmen.

Bei höherer Temperatur und gleichem Volumen iſt das Gewicht geringer: denn trockene Luft dehnt ſich bei konſtantem Druck infolge zunehmender Erwärmung für jeden Grad des hundertteiligen Thermometers um 0,003665 ihres Volumens, das ſie bei 0° hatte, aus. Dieſe Zahl nennt man den Ausdehnungs-Koeffizienten der Luft. Hiernach iſt das Volumen eines Kubikmeter Luft von 0° bei t° C.:

$$1 + 0{,}003665 \,.\, t \text{ cbm}$$

und für $t = 100°$ C. $= 1{,}3665$.

Da bei dieſer Ausdehnung das Volumengewicht ſich nicht geändert hat, ſo beſteht die Gleichung:

$$1 \,.\, 1{,}293 \text{ kg} = 1{,}3665 \,.\, x \text{ kg},$$

worin x das Gewicht der auf 100° C. erhitzten Luft bezeichnet und iſt hiernach

$$x = 0{,}946 \text{ kg}.$$

In nachſtehender Tabelle iſt das abſolute Gewicht der Luft für Lufttemperaturen von — 20° C. bis + 98° C. zuſammengeſtellt.

Tabelle XIV. **Dichtigkeit der Luft bei verſchiedenen Temperaturen.**

Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg
— 20°	1,400	0°	1,289	+ 20°	1,209	+ 40°	1,132	+ 60°	1,064	+ 80°	1,004
18°	1,389	+ 2°	1,285	22°	1,201	42°	1,124	62°	1,058	82°	0,998
16°	1,378	4°	1,279	24°	1,197	44°	1,118	64°	1,051	84°	0,992
14°	1,368	6°	1,270	26°	1,185	46°	1,111	66°	0,045	86°	0,986
12°	1,358	8°	1,261	28°	1,177	48°	1,104	68°	1,039	88°	0,981
10°	1,347	10°	1,252	30°	1,169	50°	1,097	70°	1,033	90°	0,976
8°	1,337	12°	1,243	32°	1,161	52°	1,090	72°	1,027	92°	0,970
6°	1,327	14°	1,234	34°	1,154	54°	0,083	74°	1,021	94°	0,965
4°	1,318	16°	1,225	36°	1,146	56°	1,077	76°	1,015	96°	0,960
2°	1,311	18°	1,217	38°	1,139	58°	1,070	78°	1,009	98°	0,950

Nachdem im Vorhergehenden die wichtigſten Teile jeder Luftheizungsanlage, nämlich die Heizkammer mit Luftheizofen, die Luftleitungs- und die Regulierungsvorrichtungen eingehend erörtert worden ſind, laſſen wir in § 47 die Geſamtanlage zur Beheizung eines Wohngebäudes mit erwärmter Luft und als Beiſpiel die Anleitung zur Berechnung dieſer Heizung folgen.

§ 47.

Luftheizungsanlage im Direktorialgebäude des Phyſiologiſchen Inſtitutes zu Berlin,

dargeſtellt auf Taf. 21 bis 24. Erbaut 1878—1880.

Zur Beheizung des Gebäudes ſind, wie die nachſtehende Berechnung ergiebt, zwei Apparate, daher zwei Heizkammern erforderlich geworden. Die dafür geeigneten Räume haben, ihren Dimenſionen entſprechend, zu einer verſchiedenen Röhrenanordnung der Kaloriferen An-

laß gegeben. Zu jeder Heizkammer gehört ein separater Einfeuerungsraum und bei der längeren Kammer ein Raum zum Ausrußen der Röhren. Der Keller für Brennmaterial liegt zu beiden Kammern hinreichend bequem.

Die frische Luft wird jeder der Kammern durch einen unterirdischen, gewölbten Kanal zugeleitet, der etwa inmitten der Kammer ausmündet. Die Heizluft strömt aus der oblongen Kammer durch elf Öffnungen verschiedener Größe und versorgt ebensoviele Räume (in drei Geschossen) mit zusammen 1598 cbm Inhalt. Die bei C gelegene Heizkammer beheizt elf Räume verschiedener Größe mit 1252 cbm Inhalt. — Nach den entfernteren Heizrohrmündungen strömt die Heizluft in gezogenen Kanälen unterhalb des Gewölbes.

Die Richtung des warmen Luftstromes w w ist durch Pfeile im Grundriß des Kellergeschosses angedeutet (vergl. Tafel 21).

Alle Ausmündungen der Heizluft in den Zimmern der drei Geschosse, ebenso die Einmündungen der Ventilationsluft sind durch verschieden gerichtete Pfeile in den Grundrissen und durch eingesetzte Zahlen markiert. Im Durchschnitt (Tafel 24) sind dagegen die verschiedenen Luftleitungen durch charakterisierende Farben anschaulich gemacht, die Heizkanäle sind rot, die Frischluftkanäle grün, die Ventilationskanäle blau eingetragen und die Mündungen der Kanäle durch Buchstaben erläutert. Alle Ventilationskanäle münden über Dachhöhe aus und sind mit Deflektoren versehen. Die Regulierung der Luftströmungen wird durch Drosselklappen bewirkt. Weitere Beschreibungen sind durch vier Blatt Zeichnungen und die darin „enthaltenen Erklärungen" entbehrlich gemacht.

Berechnung der Luftheizungsanlage für das Direktorial-Wohngebäude des Physikalischen Institutes zu Berlin.

Vorbemerkungen. Im III. Kapitel ist der theoretische Nachweis geführt worden, daß jeder von festen Wänden umschlossene Raum durch Strahlung und Leitung so lange Wärme abgiebt, bis er die Temperatur der Umgebung erlangt hat. Da diese aber in unserem Klima während der Wintermonate erheblich sinkt, so müssen die Oberflächen der uns umgebenden Behausung durch Heizvorrichtungen eine solche Temperatur erhalten, daß die von ihnen ausströmenden Wärmestrahlen mit der physiologischen Körperwärme übereinstimmen.[1])

1) In den §§ 15 und folgende ist auf wissenschaftlicher Basis die Wärmemenge W ermittelt, welche stündlich durch einen Quadratmeter Umschließungsfläche bei 1° Temperaturdifferenz entweicht; dieselbe ist abhängig von der Art der Umschließung und demgemäß für Mauern, Fensterflächen, Decken, Fußböden u. s. w. besonders hergeleitet. Die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche durch den Quadratmeter stündlich übergeht, haben wir den Transmissions-Koeffizienten genannt und mit K bezeichnet.

Die Transmissions-Koeffizienten für Ziegelmauerwerk von verschiedener Stärke sind in den Tabellen XII und XIII zusammengestellt; für Quaderverblendung ist bei gleicher Wandstärke den Tabellenwerten ein Zuschlag von 15° zuzufügen.

Die Transmissions-Koeffizienten von Deckenkonstruktionen verschiedener Art sind aus § 17 zu entnehmen.

Die durch eine wärmeüberführende Fläche F bei $t - t_0$ Grad Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innenluft entweichende Wärmemenge wird ausgedrückt durch die Formel:

$$W = F \cdot K (t - t_0),$$

worin K den Transmissions-Koeffizienten der Umschließungssubstanz bezeichnet.

2) In Nord- und Mitteldeutschland wird für die Berechnung von Wärmeverlusten gewöhnlich eine Wintertemperatur von —20° C. zu Grunde gelegt. Für Innenräume soll laut Ministerialerlaß vom 7. Mai 1894 der Grad der Erwärmung in öffentlichen Gebäuden betragen:[1])

für Wohn- und Geschäftsräume . . .	20°
„ Auditorien	18°
„ Korridore, Flure, Treppenhäuser . .	12°

so daß für Wohn- und Geschäftsräume $t - t_0 = 40°$ C. zu setzen ist.

Die Summe der Wärmeverluste der einzelnen umschließenden Flächen eines Raumes (der Wände, Thüren, Fenster u. s. w.) ist sein Gesamtwärmeverlust.

3) Soll, wie üblich, mit der Heizung eine Lüftungsanlage verbunden werden, so muß auch die für die Vorwärmung der Frischluft auf Zimmertemperatur nötige Wärme durch den Heizapparat erzeugt werden.

4) Die Berechnung der Wärmeverluste bildet die Grundlage für die Größe der Luftheizungsanlage, sie giebt den eigentlichen „Wärmebedarf" an und daraus ist die Leistungsfähigkeit des Kalorifère zu bestimmen.

Für sämtliche Wohnräume ist eine Maximalleistung, d. h. Erwärmung der Zimmer auf + 20° C. bei einer Wintertemperatur im Freien von — 20° C. vorausgesetzt. Für das Treppenhaus genügt eine Erwärmung auf 10° C. Die Korridore nehmen wegen ihrer geschützten Lage zwischen geheizten Räumen und wegen der zahlreichen Heizkanäle,

1) Edm. Trélat, Wiener med. Presse. 1889, S. 1466.

1) Vergl. Kapitel 7, § 90, III.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die in den Korridormauern angebracht sind, leicht eine Temperatur von 10 bis 12° C. dauernd an. Hiernach ergeben sich für die Wärme transmittierenden Wandflächen, Decken u. s. w. nachstehende Temperaturdifferenzen:

Für Außenwände	40° C.
„ Wände am Treppenhause . . .	10° „
„ „ des ungeheizten Vestibüls .	20° „
„ „ der ungeheizten Innenräume	15° „
„ die Fußböden des Erdgeschosses. .	15° „
„ „ Decken des II. Stockwerkes . .	35° „

Diese Temperaturdifferenzen sind der Transmissionsberechnung zu Grunde gelegt und in der nachstehenden Tabelle (Spalte 7) verzeichnet. Die Transmissions-Koeffizienten der Spalte 8 sind für Backsteinmauern nach der Formel des § 17 . . $k = \frac{16{,}8}{4{,}9 + 24e}$ bestimmt worden, worin e die Wanddicke bezeichnet.

Das Produkt aus dem Flächeninhalt, der Temperaturdifferenz und dem zugehörigen Transmissions-Koeffizienten giebt den stündlichen Wärmeverlust dieser Fläche für Maximalleistung. Diese Wärmeverluste, in Wärmeeinheiten ausgedrückt, sind in der letzten Spalte der Berechnung auf Seite 118 enthalten.

Zu dem Gesamtwärmeverluste gehört auch diejenige Wärmemenge, welche in der Ventilationsluft enthalten ist und mit dieser stündlich entweicht. Die in einem Kubikmeter Ventilationsluft von + 20° enthaltene Wärmemenge drückt sich aus: durch das Produkt aus ihrem absoluten Gewicht bei dieser Temperatur, ihrer spezifischen Wärme bei konstantem Druck und ihrer Temperatur. Nun ist:

die spezifische Wärme der Luft . . = 0,2375,
das absolute Gewicht[1]) bei + 20° = 1,209,

in einem Kubikmeter Ventilationsluft von + 20° sind daher enthalten:

$$1{,}209 \times 0{,}2375 \times 20 = 5{,}74 \text{ W.-Einheiten.}$$

In Tabelle B, Spalte 2, sind die stündlich für jeden Raum abzuführenden Luftmengen in Kubikmetern angegeben unter der Annahme, daß in der Stunde eine $1\frac{1}{2}$- bis 2malige Lufterneuerung stattfindet. Für den Gesellschaftssaal ist eine dreimalige Lufterneuerung pro Stunde zu Grunde gelegt.

Anm. Dieses Luftquantum wird schon bei der niedrigsten Temperaturdifferenz — wie solche zu Anfang und am Ende der Heizperiode zu herrschen pflegt —, d. h. bei 10 bis 12° Außentemperatur und + 20° C. Zimmertemperatur, abgeführt: Bei hohen Kältegraden fällt es daher noch bedeutender aus.

Multipliziert man die Zahlen der Spalte 2, Tabelle B, mit der vorstehend ermittelten Zahl 5,7, so erhält man die Wärmeverluste durch Ventilation; diese Resultate sind in Spalte 4 zusammengestellt.

Von dem Wärmeverluste durch Ventilation ist noch für den Gesellschaftssaal die darin stündlich produzierte Wärmemenge mit 120 Wärmeeinheiten pro Kopf in Abzug zu bringen, also für 20 Personen mit 2400 Wärmeeinheiten.[1])

In Tabelle B, Spalte 5, endlich sind die Gesamtwärmeverluste sämtlicher zu heizenden Räume des Gebäudes enthalten.

Größe der Heizfläche.

Die Heizfläche des Kalorifère bestimmt sich aus der Summe der Gesamtwärmeverluste, d. h. aus der Luftmenge, welche der betreffende Heizapparat in der Stunde zu erwärmen hat. Die durchschnittliche Temperatur der den Räumen zugeführten Heizluft soll + 40° C. betragen, bei welcher Temperatur ein Kubikmeter Luft

$$1{,}132 \times 0{,}237 \times 40 = 10{,}7 \text{ Wärmeeinheiten}$$

enthält. Dividiert man den Gesamtwärmeverlust eines jeden Raumes durch die Zahl 10,7, so erhält man als Resultat die Kubikmeter Heizluft, welche demselben zugeführt werden muß. Diese Luftmengen sind in Spalte 6 der Tabelle B zusammengestellt und betragen

für Gruppe I . . .	3433,5 cbm
„ „ II . . .	3089 „

Beide Luftvolumina müssen sich im Maximum von — 20° auf + 40° erwärmen und demgemäß ausdehnen. Das Volumen bei + 40° ist bekannt und sei bezeichnet durch V_{40}, dasjenige bei — 20° kann man ableiten aus der Formel:

$$V(-20) = \frac{V_{40}}{1 + at},$$

worin t die Temperaturerhöhung und a den Ausdehnungs-Koeffizienten der Luft = 0,003665 bezeichnet. Hiernach ist:

$$V(-20) = \frac{3433{,}5 \text{ cbm}}{1 + 0{,}003665 \,.\, 60} = 2814 \text{ cbm für Gruppe I,}$$

$$V(-20) = \frac{3089 \text{ cbm}}{1 + 0{,}003665 \,.\, 60} = 2532 \text{ cbm für Gruppe II.}$$

Zur Erwärmung eines Kubikmeter Luft von — 20° Temperatur und 1,4 kg Gewicht auf + 40° C. sind erforderlich:

$$1{,}400 \times 0{,}237 \times 60 = 19{,}9 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Hiernach berechnet sich die Gesamtwärmeproduktion

für Gruppe I zu $2814 \times 19{,}9 = 55\,999$ Wärmeeinh.,
„ „ II „ $2532 \times 19{,}9 = 50\,386$ „

1) Hierzu die Tabellen A und B auf S. 118 bis 120.

1) Die Wärmeerzeugung durch Gasflammen ist nicht in Betracht gezogen. Der Verf.

Für kontinuierliche Heizung bei Tage und Unterbrechung bei Nacht sind diese Zahlen (vergl. S. 44) zu multiplizieren mit dem empirischen Koeffizienten 1,2, so daß die voraussichtlich höchste Gesamtwärmeproduktion betragen dürfte:

für den Kalorifère der Gruppe I = 67200 W.-Einh.,
„ „ „ „ „ II = 60463 „

Die stündlich durch einen Quadratmeter glatte, gußeiserne Heizfläche entwickelte Wärmemenge beträgt 2500 bis 3000 Wärmeeinheiten. Ein größerer Teil der Flächen des Apparates besteht jedoch aus gerippten Strahlungsflächen, welche vom Feuer nicht direkt berührt werden, auch sind horizontale Heizröhren nur mit einem Teile ihres Umfanges in Rechnung zu stellen: Wir wollen daher im Durchschnitt die Wärmeproduktion eines Quadratmeters Heizfläche nur zu 2000 Wärmeeinheiten annehmen. Danach sind erforderlich rot.:

für den Kalorifère I $\frac{67200}{2000}$ rot. = 34 qm Heizfläche.

„ „ „ II $\frac{60463}{2000}$ rot. = 30 qm Heizfläche.

Querschnitt der Heizkanäle.

Hierbei ist nur eine Ausströmungsgeschwindigkeit zu Grunde gelegt, wie sie etwa der mittleren Temperatur des Januar in Berlin bei einer Heizkammertemperatur von 60° C. entspricht.

Nach den im Gymnasium zu Rendsburg[1]) vorgenommenen anemometrischen Versuchen (welche mit den in § 44 durch Rechnung ermittelten Geschwindigkeiten nahezu übereinstimmen) beträgt die Ausströmungsgeschwindigkeit:

Für das Erdgeschoß im Mittel 1,2 bis 1,5 m in der Sekunde,
„ „ I. Stockwerk im Mittel 2,0 bis 2,38 m „ „ „
„ „ II. „ „ „ 2,2 bis 2,6 m „ „ „

Man erhält nun die Querschnitte der Heizkanäle in Quadratmetern, indem man das den Räumen zuzuführende Luftquantum dividiert durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeitdauer. Danach sind die in Tabelle B, Spalte 8, enthaltenen Querschnitte unter Zugrundelegung folgender Ausströmungsgeschwindigkeiten berechnet:

Im Erdgeschoß . . . . 1,2 m,
„ I. Stockwerk . . . . 2,0 m,
„ II. „ . . . . 2,5 m.

Für Zimmer Nr. 1 beträgt demnach der Querschnitt des Heizkanals:

$$\frac{387}{3600 \,.\, 1{,}2} = 0{,}089 \text{ qm}.$$

1) Diese Messungen sind bei + 2° äußerer Temperatur und für ähnliche Etagenhöhen vorgenommen worden. Der Verf.

Querschnitte der Ventilationskanäle.

Dieselben sind für die Minimal-Temperaturdifferenz von 8° C., wie solche zu Anfang und am Ende der Heizperiode stattfindet, nämlich für + 10 bis 12° Lufttemperatur im Freien und + 20° C. Zimmertemperatur zu berechnen. Schon bei dieser Differenz von 8° C. soll ein- bis zweimaliger Luftwechsel für die Wohn- und Schlafzimmer, und eine dreimalige Lufterneuerung für den Salon stattfinden. Da die theoretische Abzugsgeschwindigkeit der Ventilationsluft außer von der Temperaturdifferenz auch von der Höhe und Beschaffenheit der Abzugskanäle abhängt, so berechnet sie sich nach der Formel I, § 44

$$v = 4{,}4 \sqrt{\frac{H\,(T - t)}{273 + t}}.$$

Die effektive Abzugsgeschwindigkeit ist nur $\frac{1}{2}$ der theoretischen.

Die Höhe der Kanäle beträgt vom Fußboden des Geschosses ab gerechnet:

für die Räume im Erdgeschoß . 16,16 m,
„ „ „ „ I. Stock . . 12,26 m,
„ „ „ „ II. „ . . 7,39 m.

Die wirklichen Abzugsgeschwindigkeiten bei T — t = 8° betragen demnach:

für das Erdgeschoß $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{16{,}16 \times 8}{293}} = 1{,}487$ m,

„ „ I. Stockw. $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{12{,}26 \times 8}{293}} = 1{,}279$ m,

„ „ II. Stockw. $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{7{,}39 \times 8}{293}} = 0{,}981$ m.

Hiernach erhält man unter Annahme eines ein- bis zweimaligen Luftwechsels in den Wohnräumen und einer dreimaligen Lufterneuerung im Salon folgende Querschnitte für die Räume von Gruppe I, wie sie in Spalte 9 zusammengestellt sind.

E	Für das Zimmer des Direktors .	$\frac{300}{1{,}49 \,.\, 3600}$	= 0,056 qm
E	„ „ Vorzimmer . . .	73 : (1,49 × 3600)	= 0,014 „
E	„ „ Privatlaboratorium	300 : (1,49 × 3600)	= 0,056 „
E	„ „ Treppenhaus . .	263 : (1,49 × 3600)	= 0,049 „
I	„ „ Arbeitszimmer . .	325 : (1,28 × 3600)	= 0,070 „
I	„ „ Vorzimmer . . .	100 : (1,28 × 3600)	= 0,021 „
I	„ „ Zimmer der Töchter	250 : (1,28 × 3600)	= 0,054 „
I	„ „ Salon (zur Hälfte)	426 : (1,28 × 3600)	= 0,092 „
II	„ „ Schlafzimmer . .	154 : (0,98 × 3600)	= 0,043 „
II	„ „ „	250 : (0,98 × 3600)	= 0,070 „
II	„ „ „	160 : (0,98 × 3600)	= 0,045 „
II	„ den disponiblen Raum	79 : (0,96 × 3600)	= 0,022 „

Bei der Ausführung sind vorstehende Querschnittsdimensionen — zum Teil des Mauerverbandes wegen — auf die Zahlen der Spalte 10 vergrößert worden.

Die Querschnitte für Gruppe II wurden in derselben Weise bestimmt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bestimmung des Kohlenverbrauches.

Bei einer Außentemperatur von — 1° C., welche 4° niedriger bleibt, als die mittlere Wintertemperatur von Berlin, beträgt der stündliche Wärmeverlust nur $\frac{21}{40}$ des oben berechneten Maximalbedarfes, also

für Gruppe I $\frac{67200 \times 21}{40} = 35280$ Wärme-Einh.

„ „ II $\frac{60463 \times 21}{40} = 31743$ „

zusammen 67023 Wärme-Einh.

Bei täglich 10stündiger Heizung resultiert also ein täglicher **mittlerer** Wärmebedarf von zusammen

$10 \times 67023 = 670000$ Wärme-Einh. rot.

Nun beträgt der theoretische Heizeffekt mittelguter Steinkohlen pro Kilogramm 6000 Wärmeeinheiten, wovon in Wirklichkeit nur nutzbar gemacht werden 67 Proz. oder rot. 4000 Wärmeeinheiten: der gesamte Kohlenverbrauch für sechs Heizmonate oder 180 Heiztage (Mitte Oktober bis Mitte April) berechnet sich daher pro Heizperiode auf

$$\frac{670000 \times 180}{4000} = 30150 \text{ kg} = \frac{30150}{75} = 400 \text{ hl.}$$

In praxi betrug der tägliche Kohlenverbrauch nach siebentägiger Beobachtung bei im Mittel 2,5° äußerer Temperatur für beide Kalorifères = 3 hl.

Die **Gesamtkosten der Heizungsanlage** betrug laut nachstehender Aufstellung 8730 Mark.

Der Kubikinhalt sämtlicher zu erwärmenden Räume beträgt nach Tabelle B, Kol. 1 rot. 1598 + 1252 = 2850 cbm; hiernach erforderten je 100 cbm zu heizender Raum einschließlich der Ventilationseinrichtungen

$$\frac{8730}{28{,}50} = 306 \text{ Mark Anlagekosten.}$$

Kosten der Heizanlage.

Nr.	Anzahl	Benennung der Gegenstände	Geldbetrag im einzelnen M	₰	im ganzen M	₰
		I. Erd- und Maurerarbeiten.				
1	—	Die Fundamente der beiden Heizapparate und				
2	12	lauf. Meter Kanal, letzterer 0,38 m in den Wangen stark mit ½ Stein starkem Gewölbe. Hierzu die Erde ausgehoben, das Fundament in angemessener Breite in Beton hergestellt, die Wangenmauern des Kanals mit Klinkern in Cement aufgeführt und überwölbt, auch das umgekehrte Gewölbe als Sohle desselben in Cement hergestellt und den Kanal abgedeckt.				
		Hierzu an Arbeitslohn zusammen	363	—		
		„ „ Material	960	—		
3	—	Sonstige Maurerarbeiten an den Stirnmauern der beiden Kammern, beim Vermauern der Reinigungskapseln und der Zuleitungen für warme Luft in die Steigekanäle, beim Einsetzen der sämtlichen Verschlußgitter, der Drossel- und Jalousieklappen und der Befestigung von Deflektoren auf den Ventilationsessen	840	—		
		Maurerarbeiten	—	—	2163	—
		II. Eisenteile und Geräte.				
4	2	Kalorifère von Reinhardt in Würzburg, mit 36 qm Heizfläche und Wasserverdunstungsgefäßen	3462	—		
5	2	Rauchrohre vom Heizapparate nach dem Schornsteine führend, von 30 cm lichter Weite, zusammen 4 m lang . . . à 28 M	80	—		
6	2	Einschlupfthüren zu den Heizkammern . . . à 21 M	42	—		
7	2	Satz große Schürgeräte . . . à 36 M	72	—		
8	1	große Putzbürste	7	—		
9	2	eiserne Drehklappen mit Schlüssel für den kalten Kanal, à 1,20 breit, 0,90 m lang à 50 M	100	—		
10		Fracht und Aufstellungskosten (Montage)	650	—		
11	15	qm gußeiserne Gitter zum Verkleiden der Heiz- und Ventilations-Öffnungen . . à 36 M	540	—		
12	22	Drosselklappen verschiedener Größe zum Abschluß der Heizkanäle durchschnittlich à 12,5 M	297	—		
13		desgl. für die Ventilationskanäle	297	—		
14	50	Drehklappen für den Verschluß der unteren Ausströmungsöffnungen . . . . à 12 M	600	—		
15	28	Jalousieklappen mit Stellstange für die oberen Ventilationsöffnungen . . . à 15 M	420	—		
			—	—	6567	—
		Gesamtkosten . . .			8730	—

A. Berechnung der Wärmetransmission von den Räumen im Direktorialgebäude des „Physikalischen Institutes" zu Berlin.

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Dimensionen: Länge	Dimensionen: Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissionskoeffizient	Anzahl der W.-Einh.: im einzelnen	Anzahl der W.-Einh.: im ganzen
		Gruppe I.									
E.	1	Zimmer des Direktors	Frontwand abz. der Fenster	0,64	6,37	4,15	19,94	40°	0,82	654,03	
			2 Doppelfenster	—	2,60	2,50	6,50	40	1,54	400,40	
			Angebaute Wand	0,64	7,41	4,15	28,22	15	0,82	349,57	
			Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	15	2,60	93,47	
			Wand am Klosett	0,51	6,37	4,15	26,44	15	0,96	380,74	
			Teil der Wand am Korridor	0,64	3,00	4,15	7,95	8	0,82	52,15	
			Die Thür darin	—	1,50	3,00	4,50	8	2,60	93,60	
			Der Fußboden	—	6,37	7,41	47,20	15	0,39	276,12	
			Die gestakte Decke	—	6,37	7,41	47,20	5	0,54	127,44	
											2427,52
E.	2	Vorzimmer	Frontwand abz. 2 Fenster	0,64	2,70	4,15	7,7	40	0,82	231,90	
			2 Doppelfenster	—	1,80	2,30	4,14	40	1,54	255,02	
			Korridorwand	0,25	2,70	4,15	8,68	8	1,55	107,63	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	4,40	2,70	11,88	15	0,39	69,50	
			Decke (gestakt)	—	4,40	2,70	11,88	5	0,54	32,08	
											748,75
E.	3	Privatlaboratorium	2 Frontwände abz. 3 Fenster	0,64	6,37 / 5,98	4,15	41,50	40	0,82	1361,20	
			3 Fenster	—	3,90	2,50	9,75	40	1,54	600,60	
			Wand an der Garderobe	0,51	6,37	4,15	26,44	15	0,96	380,74	
			Wand am Korridor	0,64	2,00	4,15	8,30	8	0,82	54,45	
			Fußboden	—	6,37	5,98	38,09	15	0,39	222,83	
			Decke (gestakt)	—	6,37	5,98	38,09	5	0,54	102,84	
											2722,66
E.	4	Treppenhaus	Frontwand abz. 2 Fenster	0,51	3,10	13,20	28,68	30	0,82	705,53	
			2 einfache Fenster	—	3,60	3,40	12,24	30	3,00	1101,60	
			2 Wangenmauern	0,38	14,00	13,20	184,80	5	1,12	1034,88	
			kalter Fußboden	—	3,10	7,00	21,70	15	0,39	126,95	
			kalte Decke	—	3,10	7,00	21,70	25	0,54	292,95	
											3261,91
I.	5	Arbeitszimmer	Frontwand abz. 2 Fenster	0,64	6,37	4,60	20,02	40	0,82	656,66	
			2 Doppelfenster	—	2,90	3,20	9,28	40	1,54	571,65	
			Wand angebaut	0,64	7,41	4,60	31,56	15	0,82	388,19	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	15	2,60	98,67	
			Wand am Klosett	0,51	6,37	4,60	29,30	15	0,96	421,92	
			Wand am Korridor	0,64	3,00	4,60	11,27	8	0,82	73,93	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,37	7,41	47,20	4	0,39	73,63	
			Decke (gestakt)	—	6,37	7,41	47,20	5	0,54	127,44	
											2464,71
I.	6	Vorzimmer	Erkerwand abz. 2 Fenster	0,51	3,70	4,60	9,06	40	0,96	347,90	
			2 Fenster	—	1,80	3,20	7,96	40	1,54	490,34	
			2 desgl.	—	1,00	2,20					
			Einfache Glaswand	—	2,70	3,80	10,26	8	3,00	246,24	
				—	2,70	0,80	2,16	8	2,60	44,93	
			Fußboden	—	5,20	2,70	14,04	4	0,39	21,90	
			Decke (gestakt)	—	5,20	2,70	14,04	5	0,54	37,91	
											1189,22
I.	7	Zimmer der Töchter	2 Frontwände abz. 2 Fenster	0,64	6,37 / 5,98	4,60	42,89	40	0,82	1406,79	
			3 Doppelfenster	—	4,35	3,20	13,92	40	1,54	857,47	
			Wandteil am Korridor	0,64	2,20	4,60	7,59	8	0,82	49,79	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,37	5,98	38,09	4	0,39	59,42	
			Decke (gestakt)	—	6,37	5,98	38,09	5	0,54	102,84	
											2528,93
										Seitenbetrag	15343,70

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Dimensionen: Länge	Dimensionen: Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissions-Koeffizient	Anzahl der W.-Einh.: im einzelnen	Anzahl der W.-Einh.: im ganzen
										Übertrag: . .	15343,70
I.	8	Salon	Frontwand abz. 4 Fenster . .	0,64	7,20	4,60	23,84	40°	0,82	781,95	
				0,51	3,54	4,60	8,32	40	0,96	319,49	
			4 Fenster	—	4,70	3,20	17,24	40	1,54	1061,98	
			2 Fenster	—	1,00	2,20					
			Korridorwand	0,64	9,74	4,60	35,50	8	0,82	232,88	
			2 Thüren darin	—	3,10	3,00	9,30	8	2,60	193,44	
			Fußboden	—	9,74	6,37	62,04	4	0,39	96,78	
			Decke (gestakt)	—	9,74	6,37	62,04	5	0,54	167,51	
										2854,03	
							hiervon ½ für Gruppe I = ...				1427,01
II.	9	Eckschlafzimmer	2 Frontwände abz. 4 Fenster .	0,51	6,43	3,65	35,52	40°	0,96	1363,97	
					6,04						
			4 Fenster	—	4,00	2,50	10,00	40	1,54	616,00	
			Korridorwand	0,64	2,00	3,65	4,77	8	0,82	31,29	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,43	6,04	38,84	4	0,39	60,59	
			Decke (gestakt)	—	6,43	6,04	38,84	35	0,54	734,08	
											2858,55
II.	10 u. 11	Schlafzimmer	Frontwand abz. 3 Fenster . .	0,51	3,08	3,65	15,93	40	0,96	611,71	
					3,34						
			3 Fenster	—	3,00	2,50	7,50	40	1,54	462,00	
			Korridorwand	0,64	6,42	3,65	18,37	8	0,82	120,51	
			2 Thüren darin	—	2,20	2,30	5,06	8	2,60	105,25	
			Fußboden	—	6,42	6,43	41,28	4	0,39	64,40	
			Decke (gestakt)	—	6,42	6,43	41,28	35	0,54	780,19	
											2144,06
II.	12	Disponibler Raum	. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1035,00
										Summa: Gruppe I	22808,32
		Gruppe II.									
E.	13	Dienerzimmer	Wie Gruppe I Nr. 3.	—	—	—	—	—	—	—	2722,66
E.	14	do.	Frontwand abz. Fenster . . .	0,64	2,81	4,15	8,41	40	0,82	275,85	
			1 Fenster	—	1,30	2,50	3,25	40	1,54	200,20	
			Wand am Vestibul	0,38	6,37	4,15	23,91	20	1,12	535,58	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	20	2,60	131,56	
			Wand am Korridor	0,64	2,81	4,15	9,13	10	0,82	74,87	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	10	2,60	65,78	
			Fußboden	—	6,37	2,81	17,90	15	0,39	104,72	
			Decke (gestakt)	—	6,37	2,81	17,90	5	0,54	48,33	
											1436,89
I.	15	Salon	Wie Gruppe I Nr. 8.	—	—	—	—	—	—	—	1427,01
I.	16	Zimmer der Frau	Wie Gruppe I Nr. 7.	—	—	—	—	—	—	—	2528,93
I.	17	Blumenzimmer	Wie Gruppe I Nr. 6.	—	—	—	—	—	—	—	1189,22
I.	18	Speisezimmer	2 Frontwände abz. 2 Fenster .	0,64	6,37	4,60	36,58	40	0,82	1199,82	
					3,60						
			2 Fenster	—	2,90	3,20	9,28	40	1,54	571,65	
			Erkerwand abz. 3 Fenster . .	0,51	5,50	4,60	15,70	40	0,96	602,88	
			3 Fenster	—	3,00	3,20	9,60	40	1,54	591,36	
			Wand an der Treppe	—	6,37	4,60	27,00	10	1,12	302,40	
			1 Thür darin	—	1,00	2,30	2,30	10	2,60	59,80	
			Wand am Korridor	0,64	2,75	4,60	8,15	8	0,82	53,46	
			1 Thür darin	—	1,50	3,00	4,50	8	2,60	93,60	
			Fußboden	—	6,37	6,85	43,63	4	0,39	68,06	
			Decke	—	6,37	6,85	43,63	5	0,54	117,80	
			Fußboden im Erker	—	—	—	7,07	4	0,39	11,03	
			kalte Decke daselbst	—	—	—	7,07	35	0,54	133,62	
											3805,43
II.	19	Schlafzimmer	Frontwand abz. Fenster . . .	0,51	3,08	3,65	8,74	40	0,96	335,62	
			1 Fenster	—	1,00	2,50	2,50	40	1,54	154,00	
			Korridorwand	—	3,08	3,65	8,71	8	0,82	57,14	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	3,08	6,43	19,80	4	0,39	30,89	
			Decke	—	3,08	6,43	19,80	35	0,54	374,22	
											1004,49
										Gruppe II Seitenbetrag	14114,63

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Dimensionen: Länge	Dimensionen: Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissionskoeffizient	Anzahl der W.-Einh.: im einzelnen	Anzahl der W.-Einh.: im ganzen
										Übertrag: . .	14114,63
II.	20	Schlafzimmer	Wie Gruppe 1 Nr. 9	—	—	—	—	—	—	—	2858,55
II.	21	Schlafzimmer	Frontwände abz. 5 Fenster . .	0,51	{6,93 / 6,43}	3,65	36,26	40°	0,96	1392,38	
			5 Fenster	—	5,00	2,50	12,50	40	1,54	770,00	
			Wand am Badezimmer . . .	—	6,43	3,65	21,27	10	1,12	238,22	
			1 Thür darin	—	1,00	2,20	2,20	10	2,60	57,20	
			Korridorwand	—	2,75	3,65	10,04	8	0,82	65,86	
			Fußboden	—	6,93	6,43	44,56	4	0,39	69,51	
			Decke	—	6,93	6,43	44,56	35	0,54	842,18	3435,35
II.	22	Ankleidezimmer	Frontwand abz. 2 Fenster . .	0,51	2,70	3,65	4,86	40	0,96	186,62	
			2 Fenster	—	2,00	2,50	5,00	40	1,54	308,00	
			Korridorwand	0,25	2,70	3,65	7,33	8	1,54	90,31	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	2,70	3,97	10,72	4	0,39	16,72	
			Decke	—	2,70	3,97	10,72	35	0,54	202,61	856,88
										Summa: Gruppe II	21265,41

B. Übersicht des Gesamt-Wärmeverlustes.

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Rauminhalt cbm	Evakuierte Luftmenge cbm	Wärmeverlust: Transmission in der Stunde	Wärmeverlust: Ventilation in der Stunde	Gesamt-Wärmeverlust W.-Einh.	cbm Heizluft	Querschnitt der Heizkanäle qm	Querschnitt der Ventilationskanäle: berechnet qm	Querschnitt der Ventilationskanäle: ausgeführt qm
		Gruppe I.									
E.	1	Direktorzimmer . . .	196	300	2428	1710	4138	386,7	0,089	0,056	0,16
E.	2	Vorzimmer	49	73	749	279	1028	96,0	0,022	0,014	0,04
E.	3	Privatlaboratorium . .	158	300	2723	1710	4433	414,3	0,095	0,056	0,21
E.	4	Treppenhaus	263	263	3262	1499	4761	444,9	0,127	0,049	0,076
I.	5	Arbeitszimmer	217	325	2465	1852	4317	403,4	0,056	0,070	0,15
I.	6	Vorzimmer	64	100	1189	570	1759	164,3	0,023	0,021	0,04
I.	7	Zimmer der Töchter . .	175	250	2529	1425	3954	369,5	0,051	0,054	0,18
I.	8	Salon ½	142	426	1427	2428—1200	2655	248,1	0,034	0,093	0,14
II.	9	Schlafzimmer	142	250	2859	1425	4284	400,2	0,044	0,070	0,13
II.	10	„	73	154	1004	878	1882	175,8	0,018	0,043	0,05
II.	11	„	79	160	1140	912	2051	191,6	0,021	0,045	0,05
II.	12	Disponibler Raum . .	40	79	1035	450	1485	138,7	0,015	0,022	0,06
			1598				36747	3433,5			
		Gruppe II.									
E.	13	Dienerzimmer	158	300	2723	1710	4433	414,3	0,095	0,056	0,19
E.	14	„	74	154	1437	878	2315	216,3	0,050	0,043	0,13
I.	15	Salon ½	142	426	1427	2428—1200	2655	248,1	0,034	0,093	0,14
I.	16	Zimmer der Frau . .	175	250	2529	1425	3954	369,5	0,051	0,054	0,18
I.	17	Blumenzimmer	64	100	1189	570	1759	164,3	0,023	0,021	0,04
I.	18	Speisezimmer	223	450	3805	2565—1200	5170	483,1	0,067	0,097	0,16
II.	19	Schlafzimmer	72	154	1004	878	1882	175,8	0,018	0,043	0,055
II.	20	„	142	250	2859	1425	4284	400,2	0,044	0,070	0,13
II.	21	„	163	328	3435	1870	5305	495,8	0,955	0,061	0,098
II.	22	Ankleidezimmer . . .	39	78	857	445	1302	121,7	0,013	0,022	0,060
			1252				33059	3089,1			

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 48.

Heizungs- und Ventilationsanlage der Volksschule am Albanithor in Göttingen.

Auf Tafel 26 u. 27 sind die Grundrisse des Kellers und der drei zu heizenden Geschosse dargestellt. Die Schulanstalt ist für Knaben und Mädchen bestimmt, daher die Grundrißanlage eine nahezu symmetrische. Zum Verständnis derselben wird die Zeichnung je einer Etagenhälfte genügen.

Jede der Gebäudehälften wird durch einen Apparat beheizt, und für jede der beiden Heizkammern ist ein besonderer Luftzuführungskanal angeordnet. Dieser steht mit zwei, an entgegengesetzten Seiten liegenden Luftkammern in Verbindung, in denen Filtervorrichtungen angebracht sind; bei eintretendem Winde kann dann unabhängig von der äußeren Luftströmung ventiliert werden.

Tafel 28 stellt den Durchschnitt des Schulgebäudes nach der Linie A—B im Grundriß dar. Die Bewegung und Verteilung der Ströme warmer und kalter Luft in den Leitungskanälen ist durch Farben charakterisiert, welche mit den Farben der Grundrisse korrespondieren. In Tafel 28 bedeutet:

a die Heizklappe, b die Doppelklappe, c die Ventilationsklappe und d die Mischklappe.

Der Cirkulationskanal wird vom Ventilationskanal durch die früher beschriebene Doppelklappe (Fig. 158) geschieden. Ist sie gehoben, so ist der Weg zum Cirkulationskanal offen; ist sie gesenkt, so tritt der Ventilationskanal in Funktion.

I. Anheizung der Zimmer. Die Klappen stehen folgendermaßen:

die Klappe des Zuführungskanales im Keller ist geschlossen,
die Heizklappe a geöffnet,
die Doppelklappe b gehoben,
die Ventilationsklappen c und c′ sind geschlossen.

Vorstehende Klappenstellung bewirkt, daß die in der Heizkammer erwärmte Luft durch die Heizkanäle nach den Zimmern geführt wird. Die in den Zimmern befindliche kalte Luft geht dagegen im Cirkulationskanal abwärts nach der Heizkammer, erwärmt sich an den Apparaten und steigt wiederum durch den Heizkanal nach den Zimmern auf.

Anm. Bei dieser Klappenstellung sind die Zimmer leicht und mit Brennmaterial-Ersparnis auf 18—20° C. zu bringen.

II. Heizung mit Ventilation. Die Klappen stehen wie folgt:

Klappe im kalten Luftkanal geöffnet,
Heizklappe a geöffnet,
Doppelklappe b gesenkt,
Ventilationsklappe c und c′ geschlossen.

Bei dieser Stellung wird der Heizkammer frische Luft von außen durch den Luftkanal zugeführt, sie erwärmt sich am Apparat, steigt in den Heizkanal aufwärts nach den Zimmern und verdrängt die verdorbene Zimmerluft durch den Ventilationskanal in den Dachraum und durch die Ventilationsessen im First ins Freie.

Steigt die Temperatur während des Unterrichtes auf 20 bis 21° C., so tritt die Mischklappe in Thätigkeit, d. h. es steigt kalte Luft aus dem Mischkanal in den Heizkanal und mindert die Temperatur der Heizluft entsprechend herab.

III. Frühjahrs- und Herbstventilation (ohne Heizung).

Bei äußerer Lufttemperatur von 14 bis 15° C. ist folgende Klappenstellung anzuwenden:

die Klappe des Zuführungskanales wird geöffnet,
die Klappe a geöffnet,
Klappe c und c′ geschlossen,
die Doppelklappe b gesenkt.

Bei solcher Stellung tritt frische atmosphärische Luft von der Kammer in die Zimmer und die verbrauchte Luft entweicht durch den Ventilationskanal.

IV. An heißen Sommertagen endlich wird
die Doppelklappe b gehoben,
Klappe a geöffnet, auch c und c′ geöffnet;

nunmehr tritt die frische Luft durch die Öffnung bei a und unterhalb b ein, während die verbrauchte Luft durch c und c′ entweicht.

Um die Heizfläche des Apparates festzustellen, würde wie bei dem vorhergehenden Beispiel zu bestimmen sein.

W_a der Maximalwärmeverlust durch Transmission,
W_v der Wärmeverlust durch Ventilation.

Von dem inzwischen verstorbenen Konstrukteur Kelling wurde nach Grundlage analoger Ausführungen angenommen, daß $W_v = 1{,}6\ W_a$ sei und demnach der Gesamtwärmeverlust $\Sigma\ W_a + W_v = 2{,}6\ W_a$ Wärmeeinheiten.

Erfahrungsmäßig soll ein Quadratmeter Heizfläche des Kelling'schen Apparates stündlich bis 3000 Wärmeeinheiten erzeugen: die Gesamtheizfläche findet man daher empirisch durch die Formel

$$F = \frac{2{,}6\ W_a}{3000}.$$

Die Heizfläche des detailliert dargestellten Apparates wird zu 30 qm angegeben, wobei die mit Chamotteausfutterung versehenen Heizflächen und der Rauchkasten nur mit der halben äußeren Fläche in Ansatz gebracht sind.

Die Heizkanäle haben folgende Abmessungen:

im Erdgeschoß 0,38 × 0,60
„ I. Stockwerk 0,38 × 0,40
„ II. „ 0,38 × 0,40.[1])

Beheizungskosten. Für Klassengrößen von 8,5 m Länge, 6,25 m Tiefe und 4 m Höhe werden täglich bei achtstündigem Betriebe der Ventilation ein Drittel Hektoliter Mischkohle (halb Braun-, halb Steinkohle) verbraucht. Die Zeit zum Anheizen beträgt bei einer Außentemperatur von 0° C. zwei Stunden und nach Unterbrechungen — z. B. Montags — mehr.

§ 49.
Kanalheizung.

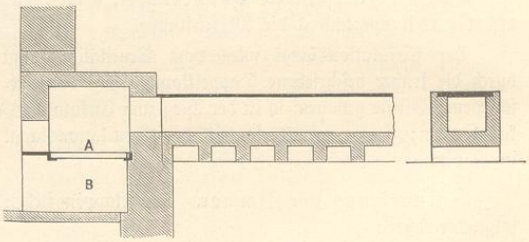
Diese Heizmethode war schon bei den Römern der Kaiserzeit, namentlich zur Erwärmung in den Thermen, gebräuchlich, und die Chinesen verwenden sie noch heute mit Vorliebe, da sie meist Räume zu ebener Erde bewohnen. Für unsere Verhältnisse findet die Kanalheizung da Anwendung, wo man die Verbrennungsgase in Kanälen oder Röhren unter oder über dem Fußboden cirkulieren lassen kann, so daß sich an dem einen Ende der Kanäle der Feuerherd, an dem anderen der Schornstein befindet. Hierbei wird das Brennmaterial in einem Ofen verbrannt, dessen Rost in angemessener Tiefe unter dem Fußboden des zu heizenden Raumes sich befindet; ersterer wird von einem zu diesem Zweck angelegten, überwölbten Heizraume aus bedient. Die Verbrennungsprodukte strömen nun vom Feuerraume aus in den sogenannten Feuergängen mit geringer Steigung nach dem Schornstein, wobei die aus dem Brennmaterial aufgenommene Wärme durch die erhitzten Wandungen der Feuergänge an die Luft des zu heizenden Lokales direkt übertragen wird. — Hiernach kann die Kanalheizung wegen der Art der Wärmeübertragung zu den Lokalheizungen, wegen Anlage und Konstruktion des Feuerherdes zu den Centralheizungen gerechnet werden. Bei den neueren Kanalheizungen ist stets eine Luftheizkammer zugefügt, welche den Feuerraum umschließt und vor Abkühlung schützt. Da die kalte Luft vom Fußboden des Lokales in Kanälen abwärts zur Heizkammer und erwärmt in dasselbe zurückgeleitet wird, findet Cirkulation statt, wie wir dieselbe bei der Luftheizung kennen gelernt haben. Dieser Umstand rechtfertigt die Besprechung der Kanalheizungen an dieser Stelle, d. h. nach den Luftheizungsanlagen.

Mit Rücksicht auf Feuersgefahr sind Fußböden von Holz ausgeschlossen und deshalb findet in Wohnhäusern mit Balkendecken die Kanalheizung nicht leicht Anwendung: Dagegen wird sie mit Vorteil zur Erwärmung von Treibhäusern, Orangeriegebäuden, Trockenräumen, Werkstätten und vielfach auch zur Heizung von Kirchen gebraucht. Denn auch vorhandene Kirchengebäude lassen sich ohne nennenswerte Schwierigkeiten mit Bodenheizung versehen (vergl. Tafel 31 u. 32).

Bei kleineren und einfacheren Anlagen, namentlich in Gewächshäusern, werden die Feuergänge oder Kanäle aus Mauersteinen oder aus Kacheln hergestellt. Im ersteren Falle macht man die Höhe des Feuerganges nicht geringer als 25 cm und seine Weite gleich der Höhe. Die Sohle des Kanales besteht aus flachen Mauersteinen und ruht auf Steinunterlagen, wodurch Heizfläche gewonnen wird. Die Seitenwände werden aus hochkantig gestellten Mauersteinen hergestellt, die Decke aus doppelten Dachsteinen in Lehmmörtel.

Kanäle aus Kacheln erhalten eine Höhe im Lichten gleich der Kachelhöhe (23 cm); die Kacheln werden mit Dachsteinen ausgefuttert und zwei benachbarte mit Klammern geankert. Zur Abdeckung verwendet man die Spiegel der Kacheln, besser geformte Thonplatten oder gußeiserne Falzplatten (Fig. 150).

Fig. 150.



Besonderes Grundmauerwerk ist für die Feuergänge nicht nötig, vielmehr genügt ein Pflaster von Ziegeln über einer gut gestampften Erdschüttung.

Länge der Feuergänge. Wenn deren Querschnitt nicht unter 450—500 qcm beträgt, kann ihre Länge bis zu 36 und 40 m ausgedehnt werden, wobei man ihnen — zur Erzielung guten Zuges — eine Steigung von mindestens 1 : 50 geben soll. Die Höhe des Schornsteines macht man erfahrungsmäßig nicht unter ein Drittel der Länge der Züge. Müssen die Feuerzüge größere Länge erhalten oder kann man ihnen nicht genügende Steigung geben, so bringe man ein sogenanntes Lockfeuer an, d. h. man lege nahe der Einmündung des Kanales in den Schornstein einen Rost an und entzünde auf diesem ein Feuer, wodurch im Schornsteine Luftverdünnung, also eine aufwärts gehende Luftströmung hervorgerufen und in diese die kalte, stagnierende Kanalluft hineingezogen wird.

1) Wegen der kalten Decken im II. Stockwerk sind die Kanalquerschnitte gleich denjenigen des I. Stockwerkes ausgeführt, obwohl sie theoretisch kleinere Abmessungen erhalten könnten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eine derartige Feuerung wurde im **Orangerieschlosse zu Kassel** durch den Rektor W. Meyer ausgeführt.[1] Diese Einrichtung ist nachstehend in Fig. 151 u. 152 im Grundriß und in zwei Durchschnitten dargestellt. Wegen

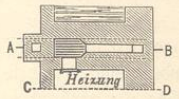
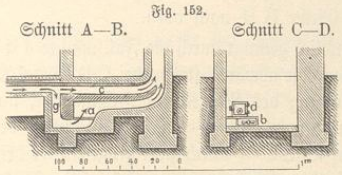


Fig. 151.

Fig. 152.



des hohen Grundwasserstandes konnten die Kanäle pro laufendes Meter nur 8 mm Steigung erhalten, und ist daher folgende Einrichtung getroffen. Sobald auf dem Roste a das Lockfeuer entzündet ist, wird die Kanalzunge über dem Roste und dadurch die Luft im Kanal c erwärmt und zum Aufsteigen in den Schornstein genötigt.

Ist das Feuer auf dem Roste gehörig in Brand, so wird der Zug im Kanal durch Schließen des Aschenloches b noch vermehrt, weil das Lockfeuer die für den Verbrennungsprozeß erforderliche Luftmenge aus dem Kanal c, nämlich durch den Verbindungskanal g bezieht. Wird endlich das Lockfeuer gleichzeitig mit dem Hauptfeuer unterhalten, so gelangen die Feuergase zur vollständigen Verbrennung.

Statt gemauerter Kanäle verwendet man in neuerer Zeit Kanalheizungen mit runden oder ovalen Röhren von gebranntem Thon oder Eisen. Diese sind mit Muffenverbindung versehen und die Dichtung der Muffe wird durch eine Mischung von gleichen Teilen Thon und Chamottemehl bewirkt. Die Rohre erhalten eine geringe Steigung nach dem Schornstein hin und werden auf massive Unterlagen so verlegt, daß die Längenausdehnung des Röhrenzuges frei erfolgen kann. Zum Zweck der Reinigung versieht man sie mit Deckeln, welche gewöhnlich in Lehm gedichtet werden.

Der Feuerraum ist bei einfacheren Anlagen aus Ziegeln in Lehmmörtel aufgeführt, wie in Fig. 150, mit Rost A und Aschenfall B versehen und dann entweder einen halben Stein stark mit feuerfesten Steinen überwölbt oder zwischen Eisenschienen mit Chamotteplatten abgedeckt. In anderen Fällen ist der Feuerraum aus eisernen Platten verschraubt und mit feuerfesten Steinen ausgefuttert; seine Länge schwankt zwischen 0,75 und 1 m bei 0,5 bis 0,6 m Breite und 0,70 bis 0,75 m Höhe. — Ist die Anlage der Heizung von größerer Ausdehnung, so erhalten Feuerraum und Kanäle entsprechend größere Dimensionen. Den Heizröhren giebt man dann häufig bedeutenden Durchmesser bei großer Länge[1] des Feuerganges. Derartige Schutzkanäle werden in den Wandungen mindestens einen halben Stein stark ausgeführt, auch von dem umgebenden Erdreich durch Isolierwände getrennt, d. h. vor Wärmeverlust geschützt. Liegen die Kanäle über der Erde, so fällt diese Vorsichtsmaßregel fort.

Als Beispiel geben wir die Heizanlage der Kirche zu Templin (Regierungsbezirk Potsdam). Dieselbe ist auf Tafel 31 im Grundriß und auf Tafel 32 im Längenschnitt dargestellt. Die Ausführung wurde der Fabrik von **Remy & Reifenrath zu Herborn** in Hessen-Nassau nach deren Entwurf übertragen und die Anlage hat sich durchaus bewährt.

Der zu erwärmende Kirchenraum hat eine Lichtweite von 22,2 m und bis zum Schluß des Chorpolygons 36,6 m Länge. Das Mittelschiff ist 17 m hoch; die Decke des Seitenschiffes liegt circa 0,30 m tiefer als diejenige des Mittelschiffes. Zwecks Herrichtung eines Heizraumes wurde der nördliche Chorumgang unterkellert und mit einer äußeren Eingangsthür versehen. Dieser Vorraum ist im Lichten 2,5 m hoch; der eigentliche Heizraum liegt noch fünf Stufen tiefer, so daß vom Pflaster des Heizraumes bis zum Kirchenpflaster 4 m Höhe absorbiert sind.

Der Heizapparat ist für Coaksfeuerung hergerichtet und zu dem Zwecke mit doppelten ovalen Fülltrichtern v v versehen, welche die gußeiserne Stirnwand durchdringen. In dieser Wand befindet sich auch eine Reinigungskapsel mit Thürverschluß, eine drehbare Schlackenthür und die zweiflügelige Aschenfallthür. Mit der gußeisernen 2 cm dicken Stirnwand ist ein 80 cm über dem Pflaster liegender gußeiserner Rahmen, welcher die Sohlplatte vertritt und zur Aufnahme der Roststäbe dient, verschraubt; sein hinteres Ende ruht auf der massiven Stützwand der Feuerbrücke. Rechtwinkelig zur Stirnwand setzen die gußeisernen Seitenplatten an, sind mit derselben fest verschraubt und falzähnlich verbunden. Endlich schließt die schräg ansteigende eiserne Rückwand den Feuerraum ab.

Um das Erglühen der Eisenplatten zu vermeiden, ist der Feuerraum 12 cm stark mit Chamottesteinen ausgefuttert und mit einem dergleichen Gewölbe nach der Korblinie

1) Katalog der Spezialausstellung zu Kassel.

1) In dem Werkstattgebäude der Aktiengesellschaft für Holzarbeit zu Berlin ist von dem Heizofen aus ein 0,60 m weites gußeisernes Rohr in einem Kanal unter dem Fußboden in gerader Linie durch die Werkstatt in den Schornstein geführt; seine Länge beträgt circa 70 m. Die vom Brennmaterial entwickelte Wärme steigt von dem im Kanal frei aufgehängten Rohre durch die gußeiserne, gitterartige Kanalbedeckung in den Werkstattraum ein.

überdeckt. Für gehörige Verankerung der Seitenplatten und der Stirnwand ist Sorge getragen.

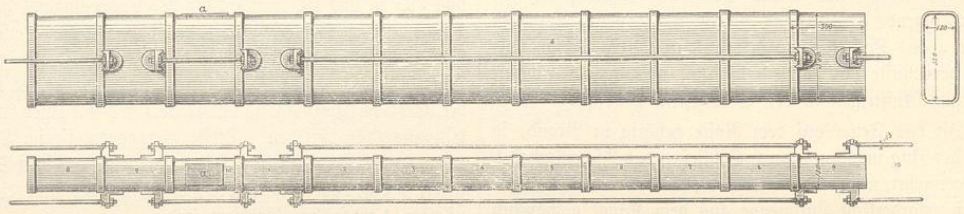
Infolge der hohen Anordnung des Feuerraumes — der Scheitel des Gewölbes liegt 1,78 m über dem Rost — wird hohe Schichtung des Brennmateriales ermöglicht und das Bersten des Gewölbes vermieden. Dicht unter dem Gewölbescheitel spalten sich die Feuergase und treten bei z im Grundriß in einen mittleren und zwei seitliche massive Feuergänge von je 1500 qcm Querschnitt ein. Die 12 cm starken Wandungen dieser Kanäle sind auf 5 m Länge in Chamotte hergestellt, doch dürften (wegen der starken Wirkung der Stichflamme) ein Stein starke Wandung hier nicht unpassend sein. Der übrige Teil des gemauerten Kanales ist in gewöhlichen Ziegeln hergestellt und erst in 10 m Abstand vom Feuerraume beginnt der eiserne Röhrenstrang.

gelangt in den Bereich der eisernen Heizröhren (Tafel 32, Fig. 2), und — nachdem sie sich an deren Wandungen erwärmt hat — strömt sie durch die Gitterplatten, mit denen der Kanal überdeckt ist, aus. In ähnlicher Weise werden die beiden Luftausströmungsöffnungen c c an der Nord- und Südfront benutzt.

2) Die vergitterten Öffnungen b b im Chor (Tafel 31) führen die kalte Luft vom Fußboden abwärts in den Isolierraum des Kanales (Tafel 31, Fig. 6); erwärmt strömt sie durch die Gitter H H nach oben.

3) Endlich gelangt durch die Fallschächte d d am Chor ein Teil der Luft abwärts, strömt bei C D (Tafel 32, Fig. 1) in der Richtung des Pfeiles zur Heizkammer, nimmt dort Wärme auf und tritt — in der Richtung des oberen Pfeiles aufsteigend — durch zwei große Gitter bei E und F erwärmt in den Kirchenraum zurück. Die Sakristei an

Fig. 153.



Diese Rohre sind oblong im Querschnitt, schwach in den Wandungen und werden nur in Längen von 28 cm gegossen. Jedes zehnte Rohr ist ein Reinigungsrohr, d. h. mit Öffnung und Reinigungsdeckel a versehen. Jedes System von neun Rohren wird in nebenstehender Art in der Längsrichtung durch Schraubenbolzen zusammengehalten, um die Rohrstränge gegen die deformierende Wirkung einer starken und andauernden Erhitzung zu sichern.

Die Konstruktion der Feuergänge ist auf Tafel 31 in Fig. 2 bis 6 detailliert dargestellt.

Die größte Länge der seitlichen Feuergänge beträgt 40 m (bis zur Einmündung in den Schornstein): Letzterer ist an der Nordostecke aus dem alten Mauerwerk des Turmes ausgestemmt worden; er hat 38/48 cm Lichtweite und 29 m Höhe, d. h. etwa drei Viertel der Länge der Feuerkanäle zur Höhe erhalten. Zur Erwärmung desselben bei Beginn der Heizung dient der neben dem Schornsteine errichtete Lockherd.

Die Erwärmung der Kirche geschieht in folgender Weise:

1) Unterhalb der Sitzbänke sind (vergl. Tafel 31) alternierend zu beiden Seiten der Feuergänge quadratische Öffnungen a a von 0,25 m Lichtweite im Fußboden angelegt. Durch diese sinkt die kalte Luft abwärts, der Nordseite wird auf ähnliche Weise erwärmt. Die Richtung der ab- und zuströmenden Luft ist auch hier durch Pfeile angedeutet.

Der garantierte Effekt nämlich: in der Kirche eine Temperatur von + 10° R. selbst bei starker Kälte herzustellen, wurde mit verhältnismäßig nicht zu hohem Brennmaterialverbrauch erreicht. Es wurden gebraucht für jede Heizung 1,5 bis 2 hl Coaks.

Ein anschauliches Bild der Temperaturverhältnisse giebt der Verlauf einer nach demselben System hergerichteten Kirchenbeheizung.

Beim Beginn der Heizung, am Sonntag früh 4 Uhr, betrug die äußere Temperatur — 5° R., die innere Temperatur + 3° R. Schluß der Heizung: 9 Uhr morgens.

Früh 4 Uhr		5 Uhr	6 Uhr	7 Uhr	8 Uhr	9 Uhr	Zeitaufwand
Temperat. der Kirche	3° R.	$4^3/_4$°	$7^3/_4$°	$9^1/_4$°	$10^1/_2$°	12° R.	5 Stunden
Temp.-Zunahme		$1^3/_4$°	3°	$1^1/_2$°	$1^1/_4$°	$1^1/_2$° R.	

Temperatur der Luftschichten (früh 9 Uhr).

1,55 m über dem Fußboden der Kirche + 12° R.
1,25 m „ „ „ „ „ + 11½° R.
Am Podium der Kirchenstühle . . . . 11¼° R.
Zweite Empore . . . . . 10¾° R.

Über Nachhaltigkeit der Wärme geben folgende Zahlen Aufschluß:

Sonntag 9 Uhr früh	4 Uhr Nachmittag	Montag 9 Uhr Vormittag
+ 12° R.	+ 10° R.	+ 7° R.

Bestimmung der Heizfläche bei Kanalheizungen.

Bisher sind von den Konstrukteuren nur empirische Sätze zu Grunde gelegt worden, da es in der That schwierig ist, Formeln zum allgemeinen Gebrauch aufzustellen. In der Regel ist zuvörderst zu entscheiden, ob die Kirche nach Maßgabe ihrer Dimensionen durch ein oder zwei Systeme geheizt werden soll, d. h. ein oder zwei Öfen nötig werden, welche dann zu den entgegengesetzten Seiten der Kirchen anzubringen sind.

Da die eisernen Heizröhren nur in die Gänge der Kirche gelegt werden können, muß man dahin streben, einen Überschuß an Heizfläche zu erhalten, schon deshalb, weil diese Heizung nur mit wöchentlicher Intermittenz erfolgt und die Erwärmung gewöhnlich in 6 bis 8 Stunden bewirkt werden muß.

Als Wärme abgebende Heizflächen sind nur der Heizofen und die eisernen Heizröhren zu betrachten, da die gemauerten Kanäle gewöhnlich nur als geschlossene Leitungskanäle für die Verbrennungsprodukte dienen. In unserem Beispiele sind dieselben ummantelt und daher als massive Heizflächen in Betracht zu ziehen. Erfahrungsmäßig sind zu rechnen:

auf 100 cbm Raum 0,20 bis 0,37 qm Fläche des Heizofens,
„ 100 „ „ 0,66 bis 0,93 „ „ der gußeisernen Röhren; die niedrigeren Zahlen stellen Resultate aus den größten Kirchen dar. — Ein laufendes Meter Heizrohr von ovalem Querschnitt hat rot. = 0,90 qm Heizfläche.

Für ältere Kirchen wird eine eigentliche Transmissionsberechnung nie aufgestellt, weil die Beschaffenheit der Wände, Fenster und Decken und das häufige Öffnen der Thüren von wesentlichem Einflusse auf den Wärmeverlust sind, so daß eine theoretische Ermittelung der Transmission doch sehr unsichere Resultate liefert. Sind Thüren, Fenster und Decken dagegen sehr dicht, auch Vorhallen und Windfänge vorhanden, so kann der stündliche Wärmeverlust annähernd nach den im dritten Abschnitt vorgetragenen Grundsätzen ermittelt und daraus die Heizfläche theoretisch abgeleitet werden, wobei wegen der wöchentlichen Intermittenz der Erfahrungs-Koeffizient $\varphi = 2{,}0$ in Anwendung zu bringen ist.

Heizkosten. Sie belaufen sich für wöchentlich einmalige Heizung im Durchschnitt auf 10 Pfennige für 100 cbm zu heizenden Raum, womit man auch bei kleineren Kirchen auskommt.

Anlagekosten. Die Firma Remy & Reifenrath liefert Heizöfen in zwei Größen, nämlich zum Preise von 750 und 1000 Mark.

Der Preis der Heizröhren inklusive Fracht, Aufstellung, Verschraubung u. s. w. beläuft sich pro laufendes Meter auf 12 bis 15 Mark; der Preis der Gitterplatten beträgt pro Meter 9 bis 11 Mark.

Die Erd- und Maurerarbeiten betragen nach bisherigen Erfahrungssätzen annähernd soviel als die eisernen Apparate.

Auf das Quadratmeter der inneren Grundfläche reduziert, betragen die Anlagekosten zwischen 3,0 bis 3,5 Mark, wobei auch die Maurerarbeiten mit eingeschlossen sind. Im übrigen lassen sich die Kanalheizungen den kleinsten wie den größten Lokalitäten anpassen. Als Beispiele dafür nennen wir einige mit Kanalheizung versehene neuere Kirchen Leipzigs:

die Nikolaikirche	(1867	angelegt)	mit 18200	cbm Raum
„ Thomaskirche	(1868	„)	„ 22800	„ „
„ Johanniskirche	(1868	„)	„ 3500	„ „
„ Neue Kirche	(1869	„)	„ 11400	„ „

Resumé. Das vervollkommnete System der Kanalheizung bietet mancherlei Vorzüge für die Erwärmung langgestreckter und hoher Kirchenräume, nämlich:

1) Die vorzugsweise Erwärmung der Luftschichten dicht über dem Fußboden infolge Einleitung einer Luftcirkulation im unteren Raume.

2) Geringes Erfordernis an Brennstoff, wegen hoher Ausnutzung des Brennmateriales in langgestreckten Feuerzügen.

3) Nachhaltigkeit der Wärme in der Ziegelmasse.

4) Dauerhaftigkeit, da die Anlage geschützt im Boden liegt.

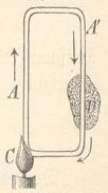
5) Verhältnismäßig geringer Kostenaufwand für die erste Anlage und wenig Reparaturen.

B. Die Wasserheizung.

§ 50.

Wird in einer geschlossenen, mit Wasser gefüllten Glasröhre A A′ eine Stelle C der unteren Biegung erwärmt, so wird das Wasser in der Röhre durch die Wirkung der Wärme ausgedehnt und steigt in A aufwärts, während kälteres Wasser in dem Schenkel A′ abwärts fällt, d. h. es entsteht Cirkulation in der Richtung der Pfeile. Die Cirkulation hört allmählich auf, wenn die Temperatur des Wassers in beiden Schenkeln nahezu die gleiche geworden ist. Hält man aber einen, in kaltes Wasser getauchten Schwamm D gegen das Röhrenstück A′, in welchem der Strom nieder-

Fig. 154.



geht, so wird die Cirkulation wieder lebhafter und dauert fort, so lange die Flamme erwärmend und der Schwamm abkühlend wirkt.

Man kann denselben Vorgang im großen Maßstabe hervorbringen, wenn man Wasser in ein spiralförmig gebogenes Rohr einschließt und in einem Ofen erwärmt, während der übrige Teil der Rohrleitung in Räume gelegt ist, die eine niedrigere Temperatur haben und durch die Röhren erwärmt werden sollen. Auch hier entsteht Cirkulation des Wassers in dem in sich selbst zurückkehrenden Rohre, nur vertritt die Ofenheizung die Flamme des vorhergehenden Versuches und die kalte Luft der Räume ersetzt den abkühlenden Schwamm. Das Wasser verläßt die Schlangenröhre, von deren höchstem Punkt ausgehend, mit hoher Temperatur, cirkuliert durch die außerhalb des Ofens liegende Rohrleitung, wird hier durch Wärmeabgabe an die umgebenden Mauern abgekühlt und kehrt zum tiefsten Punkte der Spirale zurück, um neuerdings erwärmt zu werden und eine weitere Cirkulation zu beginnen.

Auf diesem Prinzip beruhen die Wassercirkulationsheizungen, welche gegenwärtig nach drei bis vier verschiedenen Systemen ausgeführt werden, deren wesentlichstes Unterscheidungsmerkmal der in den Leitungen herrschende Druck, respektive die dem Druck entsprechende Temperatur des Wassers ist.

Ursprünglich existirten nur die Niederdruck- und die Hochdruckheizung als Extreme. Bei ersterer wird das Wasser höchstens bis zum Siedepunkt erwärmt; bei letzterer fand ursprünglich eine Erwärmung über 200° C. hinaus statt. Um aber die Vorteile beider Systeme möglichst zu verbinden und die aus der hohen Erwärmung resultierenden Nachteile zu beseitigen, entstanden die sogenannten Mitteldruckheizungen, bei welchen der Siedepunkt des Wassers zwar überschritten, aber höchstens eine Temperatur von 125 bis 150° C. erreicht wird.

Nach der für die Erwärmung innegehaltenen Grenze kann man nun folgende vier Systeme unterscheiden:

Warmwasserheizung	mit Niederdruck. Erwärmung unter dem Siedepunkte,
	mit Mitteldruck. Erwärmung über dem Siedepunkte, aber höchstens bis 130° C.,
Heißwasserheizung	mit Mitteldruck. Erwärmung bis 150° C.,
	mit Hochdruck. Erwärmung über 150°, aber höchstens bis 200° C.

Geschichtliches.

Der Gebrauch, mittels des heißen Wassers eine künstliche Wärme zu verbreiten, war schon den Römern des Altertums bekannt, denn sie machten davon Anwendung bei ihren Warm- und Schwitzbädern. Die Bäder des Caracalla, Titus, Diocletian besaßen nach Vitruvs Zeugnis eigene Vorrichtungen zur Heizung und zur Leitung heißen Wassers in die Reservoire. Aber höchst wahrscheinlich wendeten die Römer zu letztgenanntem Zweck nur mechanische Mittel an, weil ihnen die Cirkulation des erwärmten Wassers nicht bekannt war. Erst im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts erhielt diese Heizmethode eine rationelle Verwendung.

Die Grundsätze der Heizung durch Wassercirkulation machte Bonnemain im Jahre 1777 der Akademie der Wissenschaften zu Paris bekannt. Sein Apparat diente zur Hervorbringung konstanter Temperaturen in einem künstlichen Brütherde und ist derselbe für die Zeit seines Entstehens höchst bemerkenswert,[1]) denn er enthält bereits alle Prinzipien unseres modernen Apparates. Seine Bemühungen um Vervollkommnung des Systemes und um Regulierung des Temperaturgrades kamen indessen weniger ihm als seinen Nachfolgern zu statten.

Die Methode wurde erweitert und durch den Marquis v. Chabannes zur Beheizung von Gebäuden angewendet, diesem auch im Jahre 1818 in England patentiert.[2]) Sie beruht im wesentlichen auf Bonnemains Ideen, welche teils durch diesen, teils durch andere Gelehrte vervollkommnet worden waren.

Auch der von Baco und Atkinson in England um 1822 angegebene Wasserheizapparat war nur eine Modifikation des Verfahrens von Bonnemain; der einzige Unterschied bestand darin, daß Bonnemain sehr enge Röhren, der Architekt Atkinson dagegen solche von 0,12 bis 0,15 m Durchmesser verwendete und daß dieser eine zweite Röhre hinzufügte, wodurch der Apparat im allgemeinen die Form erhielt, welche er bis auf unsere Tage beibehalten hat. Alle neueren Fortschritte beruhen im wesentlichen auf Vervollkommnung der Details.

Ein zeitgenössisches Werk, welches die einschlägigen Fragen im Zusammenhang behandelt, war das Tredgold'sche:[3]) „Grundsätze der Kunst, Gebäude zu heizen und zu lüften“ (in der französischen Übersetzung 1825). Ihm folgte 1855 Charles Hood in London mit einer praktischen Abhandlung über die Heizung der Gebäude durch warmes Wasser. Gleichzeitig erschien das Werk von Richardson: Popular Treatise on the Warming. Die darin sehr detailliert beschriebenen Dispositionen sind in

1) Abgebildet bei: Péclet, Traité de la chaleur. Tome II, Fig. 447.

2) Abbildung bei: Ch. Joly, Traité pratique du chauffage. Paris 1873 (p. 180). — Vergl. auch: Marquis de Chabannes, On conducting air by forced ventilation. London 1818.

3) Th. Tredgold, The principles of warming and ventilating buildings. London 1825 u. 1836.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Frankreich durch Leon Duvoir[1]) — der eine Anzahl Patente auf Einrichtungen an den Warmwasserheizungen gewonnen hat — und durch d'Hamelincourt zur Ausführung gebracht worden, und zwar nach Péclets Ausspruch „ohne irgend welche wesentliche Verbesserung am System oder an den Apparaten".

Die Vervollkommnung und Ausbildung des Systemes der Hochdruckheizung ist dagegen dem englischen Ingenieur Perkins zuzuschreiben. Er erhielt darauf ein Patent[2]) „für Verbesserung an dem Apparate zur Heizung von Gebäuden und Erhitzung von Metallen" und seit jener Zeit hat die Perkins'sche Methode in England die ausgebreitetste Anwendung gefunden. — In Deutschland ist die Hochdruckheizung erst seit circa 30 Jahren allgemeiner eingeführt; die Firmen J. L. Bacon in Berlin und J. Haag in Augsburg haben sich nicht unbedeutende Verdienste um die Verbreitung und Verbesserung des Systemes erworben.

Die neueste Zeit endlich hat nicht eben andere Systeme gezeitigt, aber das Vorhandene ist wissenschaftlicher durchgebildet und dadurch der Vollendung nähergeführt worden. Die gegenwärtig gebräuchlichen Methoden sind in der nachstehenden Übersicht enthalten.

Allgemeine Übersicht der verschiedenen Systeme der Wasserheizung.

I. **Das Niederdrucksystem.** Der Heizapparat besteht aus einem Kessel, welcher — im Gegensatze zu den Dampfkesseln — vollständig mit Wasser gefüllt ist. Das Wasser soll hier nämlich nicht verdampft, sondern zum Zweck der Cirkulation höchstens bis zu 95° C.[3]) erhitzt werden: das System ist daher ein offenes. Vom höchsten Punkte des Heizapparates geht ein vertikales Rohr, das Steigerohr, ab, das hoch über dem ganzen übrigen Apparat in einem offenen cylindrischen Gefäße endigt. Letzteres wird Expansionsgefäß genannt, weil es dazu dient, die Ausdehnung der Flüssigkeit und die Entwickelung von Dampfblasen zu gestatten. Vom Steigerohr zweigt sich nach allen denjenigen Punkten, wo Wärme abgegeben werden soll, ein Verteilungsrohr ab, welches die Wasserzufuhr vermittelt. In den zu heizenden Lokalen stellt man gewöhnlich hohle, mit Wasser gefüllte Heizkörper (sogenannte Wasseröfen) mit möglichst großer Oberfläche auf; sie werden von dem warmen Wasser durchströmt. Die Abzweigungen für den Zufluß münden am oberen Ende der Heizkörper ein und das abgekühlte Wasser sinkt nach unten, wo die Rückflußstränge anschließen. — Letztere bilden in ihrer Vereinigung die Rückflußleitung, durch welche das abgekühlte Wasser zum unteren Teile des Kessels zurückgeführt wird, und die Wassercirkulation wird so lange stattfinden, als zwischen der Temperatur im Steigerohr und Rücklaufrohr noch eine Differenz stattfindet. Da nun das Wasser mit etwa 40° zum Kessel zurückkehrt, beträgt die nutzbare Temperaturdifferenz = 55° C. Das System enthält erhebliche Wassermengen mit bedeutendem Wärmevorrat, es bleibt also auch dann wirksam, wenn dem Kessel Wärme nicht mehr zugeführt wird, denn so lange das in den Heizkörpern eingeschlossene Wasser sich nicht auf die Temperatur der umgebenden Luft abgekühlt hat, so lange hört die Wärmeabgabe und demnach die Cirkulation nicht auf.

Folgerungen. 1) Das offene Reservoir bestimmt den Charakter der ganzen Anlage und begrenzt deren Leistungsfähigkeit. Eine Steigerung der Wassertemperatur bei starker Winterkälte ist nicht angänglich: es würde Dampfbildung und Überlaufen des Wassers im Reservoir stattfinden; es muß in solchem Falle anhaltender als gewöhnlich geheizt werden. — 2) Zur Erzielung eines Maximaleffektes sind große Heizflächen erforderlich. — 3) Die vollständige Erwärmung der Zimmer tritt erst nach vier Stunden ein.

II. Die Warmwasserheizung mit **Mitteldruck**. Sie arbeitet nicht mit offenem Reservoir, sondern das Steigerohr ist am höchsten Punkte durch ein Ventil geschlossen. Hierdurch ist man im stande, den in den Leitungen herrschenden Druck auf 3 bis 4 Atmosphären zu steigern. Die höhere Temperatur der Heizkörper gestattet nun bei gleicher Wärmeabgabe kleinere Transmissionsflächen als bei dem System der Niederdruckheizung, wodurch sich die Anlage einfacher und billiger gestaltet. — Freilich wird das Wärme-Reservationsvermögen geringer als im ersten Falle sein, weil die Heizkörper weniger Wasser enthalten.

III. Heißwasserheizung mit **Mittel- und Hochdruck** unterscheiden sich im wesentlichen nur durch den angewendeten Temperaturgrad und die geringere oder höhere Belastung des Expansionsventiles; beide Methoden können daher zusammen besprochen werden.

Hier liegt kein Kessel im Ofen, sondern eine aus 34 mm starkem, schmiedeeisernem, gezogenem Rohre gebogene Spirale. Vor dem Gebrauche werden die Rohre mittels einer hydraulischen Vorrichtung auf einen Druck von 140 Atmosphären geprüft. Vom oberen Ende der Spirale führt das Rohr bei konstantem Durchmesser nach den zu heizenden Räumen, in denen so viele Meter Rohr angebracht

1) Seine Einrichtungen für das Hospital Lariboisière sind besprochen in dem Abschnitt „Ventilation".

2) Nach dem Repertory of Patent-Inventions, März 1832, datiert sein Patent vom 30. Juli 1831.

3) In Gebäuden von drei oder mehr Geschossen, wo die auf dem Kessel lastende Wassersäule von 12 bis 14 m Höhe einer Spannung von 1½ Atmosphären gleichkommt, tritt das Sieden erst bei höheren Temperaturgraden (etwa 110°) ein, so daß Erhitzung des Kessels bis zu 100° C. stattfinden darf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werden, als zur Ausgleichung des Wärmeverlustes nötig sind, sei es in Form einer geraden Leitung, sei es in Form einer Spirale. Die Leitung kehrt dann nach dem Fußpunkte der Ofenspirale zurück, bildet demnach ein Rohr ohne Ende. Am höchsten Punkte des Systems ist die Vorrichtung zum Regulieren des Druckes angebracht; diese besteht entweder aus einem Expansionsventil, das in einem Reservoir eingeschlossen ist, oder aus einem schmiedeeisernen Windkessel, d. h. einem Rohre von circa 8 cm Weite und entsprechender Länge, welches mit Schraubstöpselverschluß versehen ist und „Expansionsrohr" genannt wird.

Folgerungen. Der geringe Wasserinhalt des Systems gestattet ein schnelles Anheizen (in 2 bis $2^1/_2$ Stunden) und das hoch erhitzte Wasser erzeugt eine intensive Wirkung. Dagegen ist die Reservationskraft äußerst gering: wie bei eisernen Öfen so hört auch hier die Wärmeabgabe der Heizrohre kurze Zeit nach dem Erlöschen des Feuers auf. Da die Rohre leicht gebogen und gewendet werden können, erfolgt die Herstellung ohne wesentliche Schwierigkeiten, dem lokalen Bedürfnis entsprechend, dem das System sich leicht anschmiegen läßt.

Nach dieser allgemeinen „Übersicht" wollen wir uns der speziellen Betrachtung der einzelnen Systeme zuwenden.

A. Die Warmwasserheizung.

§ 51.

Als integrierende Bestandteile jeder Niederdruckheizung werden unterschieden:

a) der Kessel, der die vom Feuer entwickelte Wärme aufnimmt;

b) die Leitungsröhren;

c) das Ausdehnungsgefäß;

d) die Heizkörper (Ofen, Register).

a) Der Kessel.

Die Kessel der Warmwasserheizungen werden aus Schmiedeeisen, seltener aus Kupfer gefertigt. Findet, wie in Schulen, Verwaltungsgebäuden, Wohnhäusern u. s. w. nur Heizung bei Tage und Unterbrechung bei Nacht statt, so muß bei jedesmaligem Gebrauch die Kesselanlage von neuem angeheizt werden. Hier legt man dann den Wärmevorrat in die eingeschlossene Wassermasse und heizt, wenn erst in den Räumen die verlangte Temperatur erreicht ist, mittels aufgespeicherter Wärme nach. Solchem Zweck dienen die sogenannten Walzen- und die Flammrohrkessel.

Die Walzenkessel ermöglichen ein günstiges Verhältnis zwischen Wasservolumen und feuerberührter Fläche: soll aber — wie bei größeren Anlagen — die Heizfläche vermehrt und gleichzeitig das Wasservolumen vermindert werden, so versieht man den Kessel mit einem durchgehenden Flammrohr. In allen Fällen erhält der Kessel am höchsten Punkte des Vorderteiles und am tiefsten Punkte des Hinterhauptes Rohrstutzen angenietet, an welche die Zufluß- resp. Rückflußleitung angeschlossen wird. Die Feuerung ist bei den Flammrohrkesseln — wenn es der Raum gestattet — eine „vorgelegte" und bei den Walzenkesseln gewöhnlich eine „untergelegte".

Die Fig. 155 bis 158 stellen einen cylindrischen oder Walzen-Kessel mit unterlegter Feuerung dar. Die Bewegung der Feuergase geht zunächst über die Feuerbrücke, bespült in Zug I den Kessel unterhalb, tritt am Hinterhaupt nach oben, bewegt sich in Zug II am Kessel entlang und kehrt endlich in Zug III an der linken Seite desselben zurück. Von hier gelangen die Verbrennungsprodukte durch den Fuchs zum Schornstein; zwischen beiden ist der Rauchschieber eingeschaltet. Zur

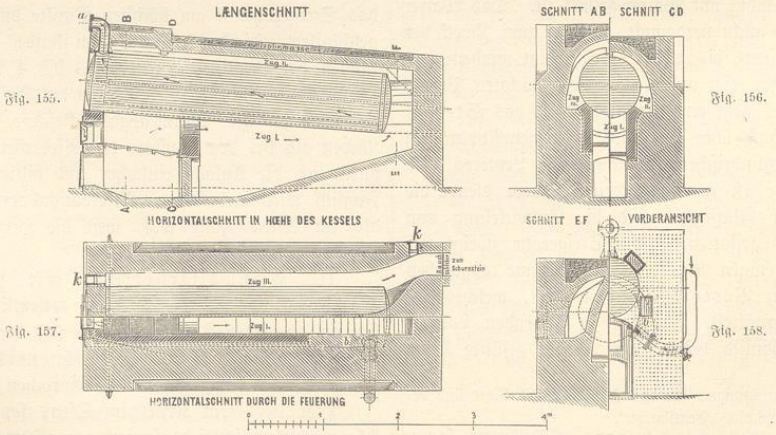


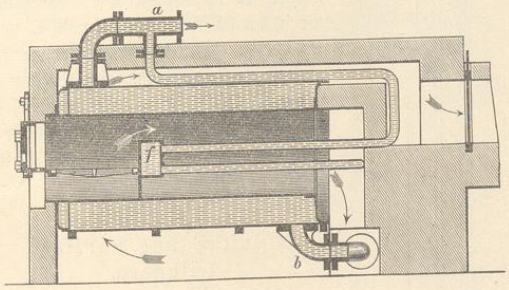
Fig. 155. Fig. 156. Fig. 157. Fig. 158.

Reinigung der Züge dienen die Kapseln k k (Fig. 157). Das Rohr der Rückflußleitung mündet bei b in den Kessel ein; an seiner tiefsten Stelle ist ein Hahn angebracht, mittels dessen das ganze System entleert werden kann. Wärmeverluste werden durch die über der Decke der Züge II und III angebrachte Isoliermasse verhindert.

Auf Tafel 33 ist ein Doppelkessel für Wasserheizung dargestellt, welcher sich für größere Anlagen eignet. Beide Kessel sind so gelagert, daß ihr hinterer Teil 30 bis 50 mm höher liegt und die Luft bequem durch das Steigerohr (a) entweichen kann. Das Rückflußrohr b am Vorderboden vermittelt in Gemeinschaft mit dem Zuflußrohr a die Cirkulation des Wassers mit dem Rohrsystem und den Heizkörpern. In der Ansicht sind die Feuerthüren mit e, der Aschenfall mit f, die Reinigungskapseln für die Züge mit g und die Verankerung des Kessels mit h bezeichnet. Der Rost ist zeitweilig und zum Zweck wechselseitiger Beschickung durch die Zunge c aus Chamottemauerwerk getrennt. Die Feuerbrücke aus demselben Material schließt den Feuerraum ab. Der Gang der Feuergase ist durch Pfeile, die Züge sind durch römische Zahlen bezeichnet; VI ist der Fuchs, er führt zum Schornstein. — Dieser Doppelkessel kann angewandt werden, wo es sich um eine große Heizfläche mit bedeutendem Wasserinhalt handelt.

Einen Flammrohrkessel mit innen liegender Feuerung von O. Peschke in Berlin haben wir in Fig. 159 zur Darstellung gebracht. Die hintere Begrenzung des Feuerherdes ist nicht aus Chamottesteinen hergestellt, sondern sie wird durch einen in das Flammrohr

Fig. 159.



eingebauten eisernen Hohlkörper f gebildet, der durch entsprechend weite Rohrleitungen mit dem Steigerohr a und dem Rücklaufrohr b in Verbindung gebracht ist. Es wird dadurch nicht allein eine Vergrößerung der Heizfläche erzielt, sondern auch die Bewegung des Wassers in den Heizrohren beschleunigt, und zwar besonders beim Anheizen.

Soll mit der Tagesheizung auch ein Nachtbetrieb verbunden werden, so legt man den Wärmevorrath in das Brennmaterial, es muß dann aber der Fassungsraum für dasselbe so groß angelegt sein, daß er die ganze Füllung für den Nachtbetrieb aufnehmen kann. Hierbei kommen meistens Röhrenkessel mit Schüttvorrichtung (Füllschacht) zur Verwendung.

Ein **Schüttkessel** neuester Konstruktion für Wasser-Niederdruckheizung ist in den Fig. 160 bis 162 dargestellt. Derselbe besteht aus:

Fig. 160.

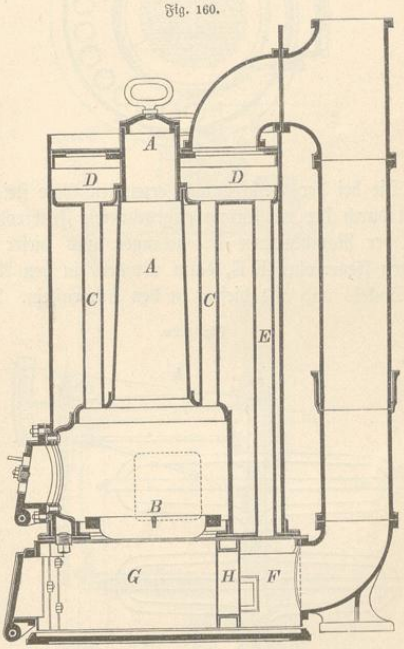
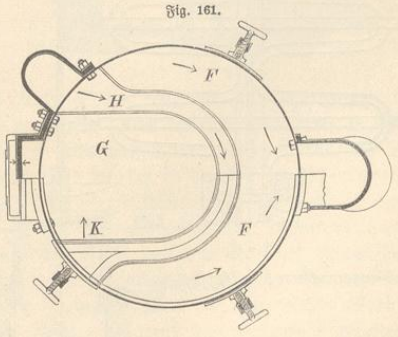


Fig. 161.

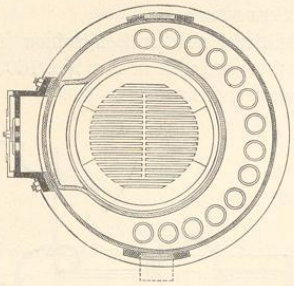


dem Sockel G mit Aschenfall, Aschenfallthür und regulierbarer Luftzuführung;

dem eigentlichen Kessel mit Füllschacht A, Rost B, Feuerbüchse nebst Feuerthür und den Stutzen zum Anschluß der Steige- und Rücklaufrohre;

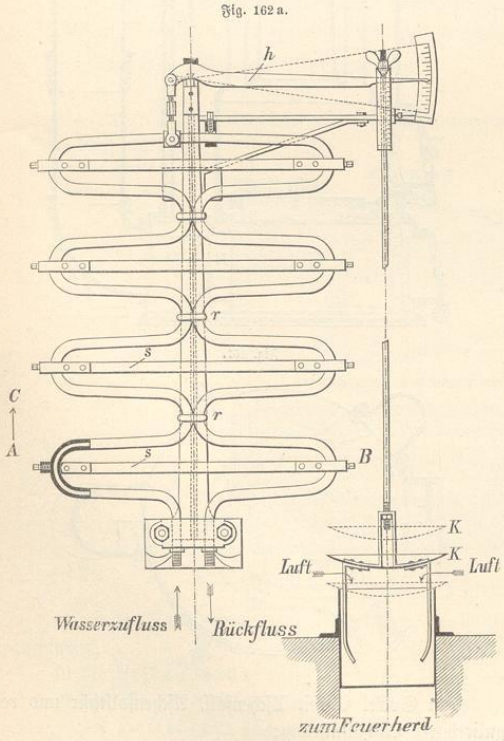
der Rauchkammer D mit Deckel und Abzugsleitung für die Rauchgase.

Fig. 162.



Die bei der Verbrennung erzeugten Gase steigen zunächst durch die ringförmig angeordneten Feuerrohre C C nach der Rauchkammer D, gelangen aus dieser in die äußeren Feuerrohre E E, dann abwärts in den Abteil F des Sockels und aus diesem in den Schornstein. In den resp. Feuerrohren kühlen sich die Heizgase durch Wärmeabgabe an das Wasser erheblich ab. Im Sockel befindet sich außer dem Rauchsammler F der halbkreisartig angeordnete Kanal H für Zuführung und Erwärmung der Verbrennungsluft, welche durch ein mit dem Heizregulator in Verbindung stehendes Ventil in den Kanal eintritt, denselben durchströmt und bei K, Fig. 161, nach dem Rost gelangt. Da die Innenwandung des Kanales durch Strahlung der glühenden Kohlen und der heißen Asche erhitzt wird und die äußere mit den Heizgasen stetig in Berührung ist, so tritt die in H einströmende Luft hoch erwärmt an das Brennmaterial heran. Der Kessel kann indessen auch ohne Luftvorwärmekanal zur Anwendung kommen.

Fig. 162a.

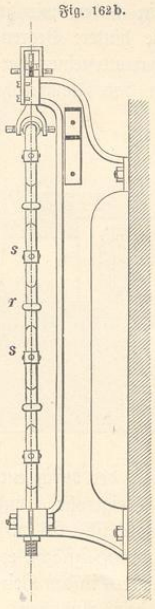


b) Wärmeregler.

Für Kesselanlagen, die während des Nachtbetriebes der Beaufsichtigung durch das Heizpersonal nicht unterstellt werden, sind selbstthätige Vorrichtungen zum Regulieren der Wärme — sogenannte „Wärmeregler“ — erforderlich. Die Konstruktion derselben beruht meistens auf der Ausdehnung fester oder flüssiger Körper durch die Wärme und Übertragung der dadurch erzielten Längenausdehnung auf die Regulierungsklappe des Kanales für Zutritt der Verbrennungsluft.

Der in Fig. 162a u. 162b dargestellte Wärmeregler (Patent Walz) beruht seiner Wirkung nach auf der Ausdehnung resp. Zusammenziehung eines Rohres durch die Wärme des darin strömenden Wassers. Wagerechte Ausdehnung der Rohrschleifen in der Richtung von A nach B wird durch die Ringer und die Strebens verhindert, es kann daher die Bewegung nur in der Richtung von A nach C vor sich gehen. Durch den Hebelarm h, der auf unverrückbarem, schneidenförmig gestalteten Unterstützungspunkt ruht, wird sodann die Bewegung der Rohrschleifen zum Senken oder Heben der Luftregulierungsklappe K benutzt.

Fig. 162b.



c) Zufluß- und Rückflußleitungen.

Dieselben werden jetzt fast ausschließlich aus Schmiedeeisenrohr, selten aus Kupfer hergestellt, und zwar geschieht die Verbindung der Rohre bis zu 5 cm aufwärts mit Gewindemuffen, die 6 bis 15 cm weiten Leitungen werden dagegen aus patentgeschweißtem

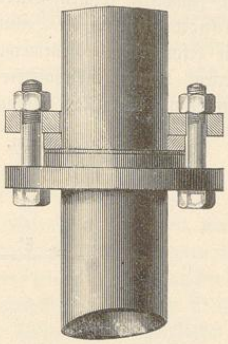
Rohre mit angelöteten Flanschen hergestellt und verbunden.

Fig. 163 stellt eine Muffenrohrverbindung, Fig. 164 eine Flanschenrohrverbindung dar.

Fig. 163.



Fig. 164.



Weite Rohre fertigt man aus Gußeisen mit Flanschenverschraubung. Auch die für weitere Rohre erforderlichen Abzweigungen werden stets aus Gußeisen hergestellt; wo der Querschnitt sich ändert, pflegt man gußeiserne Reduktionsrohre einzuschalten.

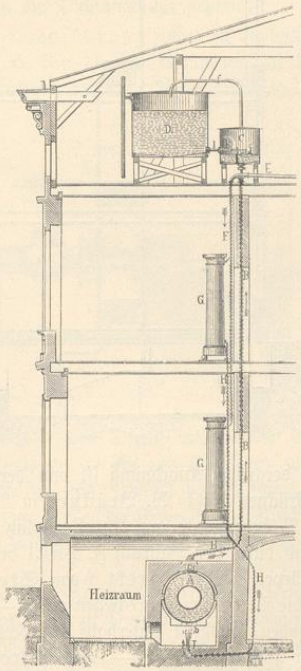
Für Ausdehnung der Leitungen ist dadurch Sorge zu tragen, daß die längeren, horizontalen Strecken auf Rollen gelegt und die Kniee der Rohre von größerem Durchmesser aus Kupfer hergestellt werden.[1]) Überall da, wo die Röhren durch Wände oder Decken geführt werden müssen, ist es vorteilhaft, sie in Blechhülsen von größerem Durchmesser einzusetzen, damit die Ausdehnung und Zusammenziehung der Rohre sich frei vollziehen kann, ohne die Ränder des Putzes zu berühren.[2])

Leitungsrohre, welche nicht zur Wärmeabgabe bestimmt sind, umgiebt man mit schlechten Wärmeleitern, wozu Kieselguhr, Schlackenwolle, Korkschalen oder Umwickelung mit Stroh, Lehm, Häcksel und kastenartige Bekleidung mit Holz dienen können.

d) Anordnung des Rohrsystemes.

Die Zuführung des Wassers und die daraus resultierende Lage der Zuflußrohre und des Verteilungsrohres kann zwar in verschiedener Weise erfolgen, im allgemeinen lassen sich aber dabei zwei Systeme unterscheiden. In dem einen Falle wird das Verteilungsrohr vom höchsten Punkte des Steigerohres (dicht unter dem Expansionsgefäß) abgezweigt und über dem Fußboden des Dachgeschosses mit geringem Fall verlegt, die Zuflußrohre fallen dann vertikal abwärts nach den einzelnen Heizkörpern (Öfen). Im zweiten Falle liegt das Verteilungsrohr unter der Kellerdecke und die Zuflußröhren steigen vertikal aufwärts. Die letztere Einrichtung ist ökonomischer, weil die Wärmeausstrahlung des Verteilungsrohres den Etagen zu statten kommt; die erstere ist dagegen zuverlässiger.

Fig. 165.



Ein Beispiel der erstgenannten Anordnung ist in Fig. 165 dargestellt. Von dem mit Flammrohr versehenen Kessel A aus geht das Steigerohr B bis zum Dachboden empor und mündet in das Expansionsgefäß C. Nicht von diesem — wie früher vielfach geschah —, sondern vom Steigerohr sind ein (oder nach Erfordern mehrere) Verteilungsrohre E abgezweigt, welche durch Zuflußrohre F das Wasser den Zimmeröfen zuführen; für jede Partie übereinander stehender Öfen ist ein solches Rohr angeordnet. Infolge der durch das Kesselfeuer eingeleiteten Cirkulation verdrängt das zuströmende warme Wasser das kältere und dieses kehrt durch die Röhre H in das Rück-

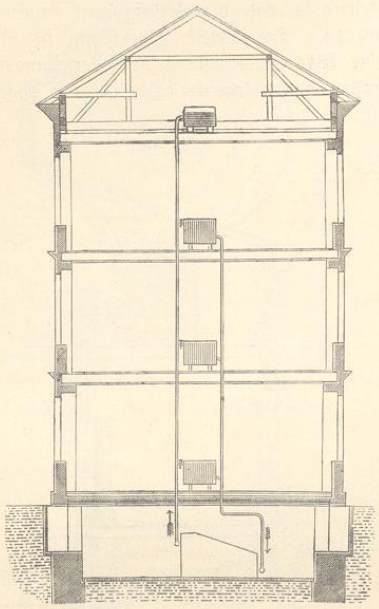
1) Für lange Rohrstrecken werden Längenausgleicher eingebaut, welche aus einem federnden, Ω förmig gebogenen Kupferrohr bestehen.

2) Zur genauen Berechnung der Längenausdehnungen bei einem weitverzweigten Rohrnetz wird auf die Arbeiten von Rietschel und Birlo verwiesen. Vergl. „Gesundheits-Ingenieur" Jahrg. 1891, Nr. 1 u. 8.

laufrohr T zurück. Die Verbindung mit dem Kessel wird durch den Stutzen b bewirkt.

Die Wasserverteilung vom Souterrain her ist dagegen durch Fig. 166 veranschaulicht.

Fig. 166



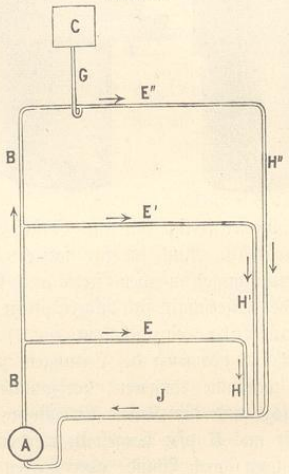
Eine derartige Anordnung ist von der Firma **Helldorf & Brückner** (jetzt W. Brückner in Wien) für die städtische Mädchenschule am Karolinenplatz daselbst ausgeführt und durch den Baurath F. Paul beschrieben.[1]) — Die Heizkörper werden direkt vom Steigerohr gespeist und die Verteilungsrohre liegen nicht — wie vorher — im Dachboden, sondern unterhalb der Kellerdecke, vom Steigerohr sich abzweigend — eine Disposition, welche Ersparung an Rohrlängen bezweckt und dadurch die Anlage billiger gestaltet.

In anderen Fällen geschehen die Abzweigungen auch direkt von einem oder mehreren Steigerohren aus, welche gleichzeitig Zuflußrohre sind, und die Rückflußrohre vereinigen sich in einem Fallrohre, welches das Wasser nach dem Kessel zurückführt.

Eine dritte Anordnung ist die in Fig. 167 gezeichnete. Hier ist ein Steigerohr B vorhanden, von welchem sich die Rohre für die einzelnen Etagen (E E′ E″) abzweigen. An das obere Rohr schließt das Heberrohr G an und stellt die Verbindung mit dem Expansionsgefäß her. Jedes Geschoß hat sein besonderes Rücklaufrohr (H H′ H″), das Sammelrohr J vereinigt dieselben und führt das Wasser zum Kessel A zurück.

Die Rohrleitungen E E′ E″ werden durch die zu heizenden Räume des betreffenden Stockwerkes geführt; in den Zimmern können Batterien, Register oder Schlangenrohre in die Leitungen eingeschaltet werden, um die erforderlichen Wärmemengen zu erzeugen. Die „Batterien" können insbesondere Anwendung finden, wo die Aufstellung von Öfen unthunlich erscheint.

Fig. 167.



e) Die Expansionsvorrichtung.

Diese befindet sich stets am höchsten Punkte des Systemes und besteht aus einem schmiedeeisernen Reservoir, in welches bei Niederdruckanlagen das Steigerohr frei ausmündet; es wird auf einem hölzernen Bock aufgestellt. Der Wasserstand im Expansionsgefäß muß stets auf konstanter Höhe gehalten werden, wozu eine selbstthätige Schwimmhebelvorrichtung dient. Wo eine Hauswasserleitung nicht vorhanden ist, da muß, wie in Fig. 165, mit dem Ausdehnungsreservoir C noch ein Kaltwasserreservoir D verbunden werden.

Zur Beobachtung des Niveaus wird am Expansionsgefäß ein „Wasserstandsanzeiger" angebracht, wobei freilich ein zuverlässiger Heizer vorausgesetzt wird, der auch wirklich zur Kontrolle nach dem Boden hinaufsteigt. Sicherer ist es, ein sogenanntes „Signalrohr" anzubringen, welches von dem niedrigsten Wasserspiegel (der auch im kalten Zustande eingehalten werden muß) nach dem Heizraume führt und dort durch einen Hahn verschlossen ist. Dieser Hahn muß immer Wasser geben, und ist dies nicht der Fall, so hat der Heizer die Speisevorrichtung im

1) Vergl. F. Paul, Lehrbuch der Heizungs- und Lüftungstechnik, S. 520, Fig. 203 u. 204. — Wien, Hartlebens Verlag 1885.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kesselraume so lange in Thätigkeit zu setzen, bis wieder Wasser aus dem Signalrohr ausfließt. Gegen Überfüllung ist das Reservoir D geschützt durch das nahe dem Deckel angebrachte Überlaufrohr; dieses führt ins Freie, gewöhnlich in das nächstliegende Regenabfallrohr.

Damit bei Füllung des Systemes die Luft am höchsten Punkte desselben entweichen könne, pflegt man am Deckel des Expansionsgefäßes ein „Luftrohr" anzubringen. — Liegt endlich das Verteilungsrohr im Keller und werden die Öfen von unten her gespeist, so ist jeder Heizkörper, mindestens aber jeder Zuflußstrang, an höchster Stelle mit einem „Lufthahn" zu versehen.

f) Die Heizkörper.

Dieselben haben die Wärme da abzugeben, wo sie erfordert wird und bilden den bei weitem wichtigsten Teil der Heizanlage. Sie müssen eine leichte Überführung der Wärme an die umgebende Luft gestatten; im übrigen ist dabei in Bezug auf Reichtum der Dekoration, mannigfacher Spielraum gelassen. — Ein Haupterfordernis derselben ist absolutes Dichthalten, weil die Heizkörper im Innern der Räume Verwendung finden. Als Dichtungsmaterial sind Hanf und Kitt weniger empfehlenswert als Gummi und dieser wird von der „metallischen Dichtung" übertroffen.

Der Form nach unterscheidet man folgende Arten von Heizkörpern:

I. **Ofen**, und zwar:
α) Säulen- oder Cylinderöfen und β) Röhrenöfen;

II. **Register**, und zwar:
liegende und stehende Register;

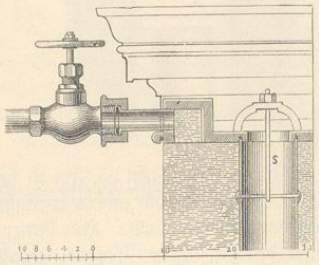
III. **Röhren**, und zwar:
glatte und armierte.

α) Die Säulenöfen sind frei vor der Wand, gewöhnlich im Winkel des Zimmers stehende Heizkörper von cylindrischer Form und mannigfach wechselnder Dekoration, zuweilen nach obenhin etwas konisch verjüngt. Der Durchmesser derselben wechselt, je nach der Größe des Zimmers und der Heizfläche, welche der Ofen liefern soll, zwischen 40 und 65 cm. Die Höhe steht in entsprechendem Verhältnis zum Durchmesser.[1])

Der cylindrische, schmiedeeiserne, 3 mm dicke Blechmantel des Ofens ist oberhalb und unterhalb durch Böden von Gußeisen oder Kupferblech geschlossen. Den Ofen durchdringen eine Anzahl (5 bis 14) durchgehende Röhren, welche in beiden Böden festgelötet sind. Wenn die Böden, wie auf Tafel 33, Fig. 1, aus Eisen gegossen sind, so erfolgt die Dichtung in der Nut durch eingelegte Gummiringe. Mittels der eingelassenen Schraubenbolzen S werden die Rohre fest gegen den Boden geschraubt und mit Gewalt in die Dichtungsfuge gepreßt.

Die Wasserzuführung findet an der höchsten Stelle bei b (Tafel 35, Fig. 1), die Abführung an der tiefsten Stelle des Schaftes bei d statt. (Vergl. auch Fig. 168 u. 169.)

Fig. 168.



Der untere Boden des Ofens wird durch drei eiserne Stützen c c getragen, welche am Fußboden mittels Verschraubung befestigt sind. Sockel und Krönung des Ofens sind unabhängige Teile, die Krönung insbesondere ist nur dekorativ und besteht aus Zinkguß, Eisenblech oder Gußeisen.

Soll mit der Heizung Ventilation verbunden werden, so ist dies leicht zu bewerkstelligen, indem man seitlich oder vom Fußboden her frische Luft in den geschlossenen Ofensockel einführt, die dann durch die Röhren aufsteigt

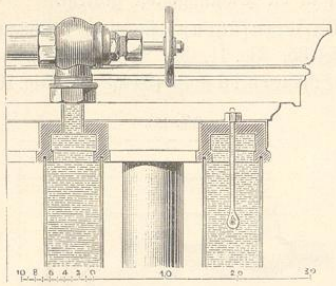
1) **Maße und Heizflächen einiger gangbarer Cylinderöfen.**

Unterer Durchmesser m	Oberer Durchmesser m	Zahl der Röhren	Heizfläche in Quadratmetern bei einer Cylinderhöhe von 1,56 m	1,88 m	2,19 m	2,51 m	Unterer Durchmesser m	Oberer Durchmesser m	Zahl der Röhren	Heizfläche in Quadratmetern bei einer Cylinderhöhe von 1,56 m	1,88 m	2,19 m	2,51 m
0,392	0,366	5	3,92	4,67	5,11	6,17	0,471	0,438	14	7,68	9,18	10,68	12,18
0,392	0,366	7	4,66	5,55	6,45	7,95	0,549	0,510	5	4,89	5,78	6,67	7,57
0,392	0,366	9	5,39	6,43	7,48	8,53	0,549	0,510	8	5,99	7,11	8,23	9,35
0,471	0,438	5	4,38	5,21	6,03	6,86	0,549	0,510	11	7,08	8,43	9,77	11,12
0,471	0,438	8	5,49	—	7,59	8,64	0,549	0,510	14	8,18	9,75	11,32	12,89
0,471	0,438	11	6,58	—	9,13	10,81	0,549	0,510	17	9,28	11,07	12,87	14,86

und in der Richtung der Pfeile erwärmt in das Zimmer gelangt. Wird auch Cirkulation der Zimmerluft beabsichtigt, so muß der Sockel durchbrochen oder ganz frei auf Füße, Kugeln oder sonstige Unterlagen gestellt werden.

Zur Regulierung des Wasserzuflusses und um einzelne Heizkörper von der Cirkulation ausschließen zu können, sind Absperrventile nötig, die man vorteilhaft am Zufluß- und Rückflußrohr anbringt. (Tafel 33, Fig. 1 und Fig. 167.) Hierzu empfehlen sich als zweckmäßig die Kugel- oder Kegelventile mit gußeisernem Gehäuse und Messingsitz.

Fig. 169.
Detail des Eckventiles.



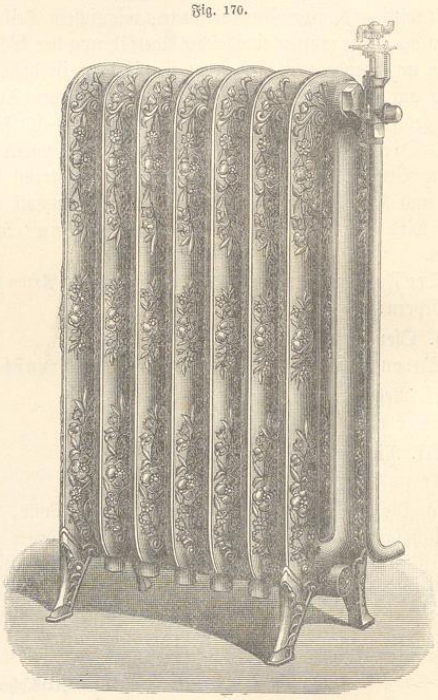
β) Die Röhrenöfen (Tafel 35, Fig. 2) bestehen aus einem mittels Sockel und Kapitäl zusammengefaßten Bündel vertikaler, patentgeschweißter Rohre. Hier dienen die Rohre zur Cirkulation des erwärmten Wassers, welches in den oberen gußeisernen, 7 cm hohen Sammelkasten bei entsprechender Drehung des Ventiles aus dem Zuflußrohr b einströmt. In Fig. 2 ist dies Ventil seitwärts vom Ofen angebracht; bei dem Eckofen, Fig. 3, findet dagegen die Einmündung von obenher statt. — Das durch Wärmeabgabe gekühlte spezifisch schwerere Wasser sinkt nun bald nach dem unteren Doppelboden und gelangt nach der Rückflußleitung.

Auch bei diesen Öfen kann Ventilation oder Cirkulation der Zimmerluft stattfinden, zu welchem Zwecke die beiden Kästen mit einer oder mehreren Durchbrechungen k versehen sind, welche das Aufsteigen der Luft nach oben gestatten. Der Ofen, Fig. 3, ist als Röhren-„Eckofen" konstruiert. Die Verbindung der Kästen mit den Röhren geschieht mit Gummidichtung. Die Ofenkrönung ist aus getriebenem Blech hergestellt.

II. Die **Register.** Darunter versteht man Heizkörper, welche bestimmt sind, in Nischen oder Fensterbrüstungen flach an der Wand aufgestellt zu werden. Man konstruiert sie wie die Öfen aus horizontalen schmiedeeisernen Röhren mit gußeisernen Sammelkästen (Taf. 35, Fig. 4) und nennt sie dann auch „liegende Röhrenöfen". Die Dimensionen des Registers sind von der Breite der Nische und deren Höhe (hier die Höhe der Fensterbrüstung) abhängig. Die Zuführung des Wassers findet von oben her bei d, die Abführung durch das untere Ventil b statt; Regulierung und Absperrung werden gewöhnlich durch Schraubenschlüssel (bei r in Fig. 4) bewirkt.

Dem Auge pflegt man die Register durch eine mit Gitterwerk versehene Holzbekleidung zu entziehen, auch das Fensterbrett versieht man mit Durchbrechungen (vergl. Fig. 4). Bei flachen Brüstungen, wo zwei Rohrlagen nicht unterzubringen sind, empfiehlt sich zwecks Vergrößerung der Heizfläche die Anwendung sogenannter Rippenrohre (Taf. 34, Fig. 5). Ihre Zusammensetzung gestaltet sich einfacher, da der Anschluß gegossener Rippenrohre an den Sammelkasten sich bequem durch Flanschenverbindung bewirken läßt.

Fig. 170.



Stehende Register werden meist in nischenähnlichen Vertiefungen der Zimmerwände aufgestellt, durch Gitterwerk verdeckt und zur Wärmeabgabe benutzt. In allen Fällen sind die Register oberhalb mit der Zufluß- und unten mit der Rückflußleitung zu verbinden.

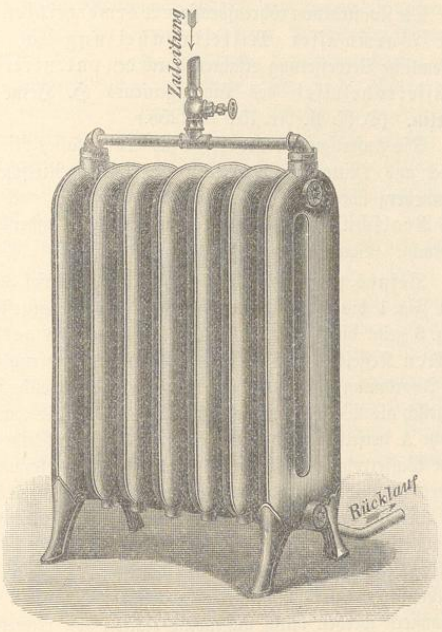
Zur Zimmerheizung verwendet man auch vielfach die **Käferle'schen Heizkörper,** d. h. kleine, mit Rippen versehene Kästen, die man — je nach Erfordernis — senkrecht nebeneinander, oder auch wagerecht übereinander

stellt. Bei senkrechter Rohrstellung sind die Rippen „radial“ angeordnet.

Freistehend vor der Wand aufgestellte Rippenheizkörper werden durch Vorsetzer von perforiertem Blech oder Holz verkleidet; erst in neuerer Zeit haben einige namhafte Firmen, darunter das Eisenwerk Kaiserslautern, Zierheizkörper, sogenannte Radiatoren, hergestellt.

Einen derartigen 1,0 m hohen Zierheizkörper stellt Fig. 170 dar; die Zuleitung des Heizwassers geschieht durch oberhalb auf den Endelementen angebrachte Eintrittstutzen während das abgekühlte Rücklaufwasser durch einen

Fig. 171.

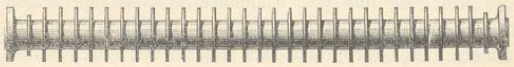


Austrittstutzen vom mittleren Element her unterhalb abfließt. Dadurch wird eine schnelle und gleichmäßige Verteilung des Heizwassers, also eine günstige Ausnutzung der Heizfläche gesichert.

Die in Fig. 171 zur Darstellung gebrachten, glatten Heizkörper eignen sich besonders für Krankenzimmer und Operationssäle, wo jede Staubbildung vermieden werden muß; sie haben daher neuerdings für derartige Räume ausgedehnte Verwendung gefunden.

III. Rohrförmige Heizkörper werden überall da angewendet, wo die Aufstellung von Öfen nicht angänglich oder zu teuer erscheint. So werden in Treibhäusern und Trockenkammern gewöhnlich lange Leitungen in Rohrform hergerichtet, durch welche das Wasser zirkuliert und seine Wärme an die umgebende Luft abgiebt. Wenn aber die zur Erwärmung erforderliche Rohrlänge aus lokalen Gründen nicht angebracht werden kann, so müssen die Leitungen zur Vergrößerung der Heizfläche mit aufgepreßten oder angegossenen Scheiben oder Rippen von runder oder quadratischer Form versehen werden. Solche Rippenrohre werden gewöhnlich in die Leitung eingeschaltet und heißen „Batterien“.[1] Fig. 172 stellt eine derartige Batterie im Grundriß dar.

Fig. 172.



An Stellen endlich, wo die horizontale Lage der Rohre in die vertikale übergeht, sind Verbindungen einzuschalten, welche die Ausdehnung der Röhren unschädlich machen. Man bedient sich dazu biegsamer Kompensationsstücke von Kupfer. In Lokalen, wo die Ausdehnung der Rohre ein beträchtliches Maß erreicht, pflegt man in 15 m Abstand „Stopfbüchsen“ anzubringen. Längere Transmissionsrohre werden zur Verminderung der Reibung auf Rollen gelegt.

B. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

§ 52.

Die Temperatur, bis zu welcher man die Erwärmung im System steigert, beträgt im Maximum 130° C. Das Wasser kehrt mit 65° nach dem Wärmerecipienten zurück; die Temperaturdifferenz ($135^0 - 65^0 = 65^0$) ist daher 10° größer als bei dem System der Niederdruckheizung; der Effektunterschied beruht hiernach auf der absolut höheren Rohrtemperatur, welche eine Spannung von 2 bis 3 Atmosphären hervorruft. Vor der Benutzung ist eine entsprechende Druckprobe, bei welcher sich eine acht- bis zehnfache Sicherheit ergeben soll, vorzunehmen.

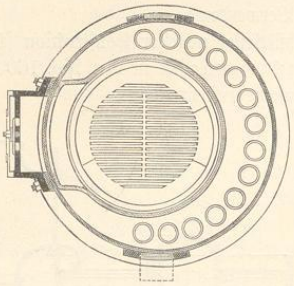
Der Wärmerecipient für Mitteldruck[2] wird nicht als Walzenkessel konstruiert, sondern er wird gebildet durch ein System von 9 bis 11 patentgeschweißten Röhren von 0,10 m äußerem Diameter. (Taf. 35 d d.) Diese vereinigen sich durch vertikale Abzweigungen in einem größeren Sammelrohr g (Fig. 2 u. 4), welches den Anschlußstutzen als Beginn der Hauptzuflußleitung enthält. Ähnlich ist die Anordnung der Sammelkästen h h (Fig. 2 u. 4), welchen das kältere Wasser des Rücklaufrohres M (Fig. 5) zugeführt wird, um sich im Aufsteigen in den Röhren d d wieder zu erwärmen und seinen Lauf durch g nach den Transmissionsgefäßen zu nehmen. Durch die Siederöhren d d

1) Gourney'sche Batterien.
2) System „Schäffer & Walker“.

dem eigentlichen Kessel mit Füllschacht A, Rost B, Feuerbüchse nebst Feuerthür und den Stutzen zum Anschluß der Steige- und Rücklaufrohre;

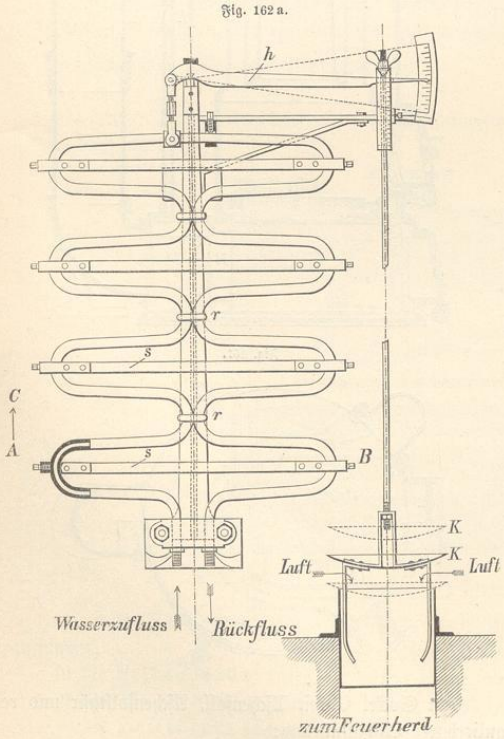
der Rauchkammer D mit Deckel und Abzugsleitung für die Rauchgase.

Fig. 162.



Die bei der Verbrennung erzeugten Gase steigen zunächst durch die ringförmig angeordneten Feuerrohre C C nach der Rauchkammer D, gelangen aus dieser in die äußeren Feuerrohre E E, dann abwärts in den Abteil F des Sockels und aus diesem in den Schornstein. In den resp. Feuerrohren kühlen sich die Heizgase durch Wärmeabgabe an das Wasser erheblich ab. Im Sockel befindet sich außer dem Rauchsammler F der halbkreisartig angeordnete Kanal H für Zuführung und Erwärmung der Verbrennungsluft, welche durch ein mit dem Heizregulator in Verbindung stehendes Ventil in den Kanal eintritt, denselben durchströmt und bei K, Fig. 161, nach dem Rost gelangt. Da die Innenwandung des Kanales durch Strahlung der glühenden Kohlen und der heißen Asche erhitzt wird und die äußere mit den Heizgasen stetig in Berührung ist, so tritt die in H einströmende Luft hoch erwärmt an das Brennmaterial heran. Der Kessel kann indessen auch ohne Luftvorwärmekanal zur Anwendung kommen.

Fig. 162a.

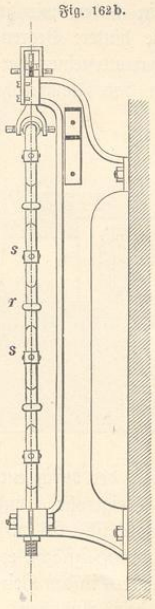


b) Wärmeregler.

Für Kesselanlagen, die während des Nachtbetriebes der Beaufsichtigung durch das Heizpersonal nicht unterstellt werden, sind selbstthätige Vorrichtungen zum Regulieren der Wärme — sogenannte „Wärmeregler“ — erforderlich. Die Konstruktion derselben beruht meistens auf der Ausdehnung fester oder flüssiger Körper durch die Wärme und Übertragung der dadurch erzielten Längenausdehnung auf die Regulierungsklappe des Kanales für Zutritt der Verbrennungsluft.

Der in Fig. 162a u. 162b dargestellte Wärmeregler (Patent Walz) beruht seiner Wirkung nach auf der Ausdehnung resp. Zusammenziehung eines Rohres durch die Wärme des darin strömenden Wassers. Wagerechte Ausdehnung der Rohrschleifen in der Richtung von A nach B wird durch die Ringer und die Strebens verhindert, es kann daher die Bewegung nur in der Richtung von A nach C vor sich gehen. Durch den Hebelarm h, der auf unverrückbarem, schneidenförmig gestalteten Unterstützungspunkt ruht, wird sodann die Bewegung der Rohrschleifen zum Senken oder Heben der Luftregulierungsklappe K benutzt.

Fig. 162b.



c) Zufluß- und Rückflußleitungen.

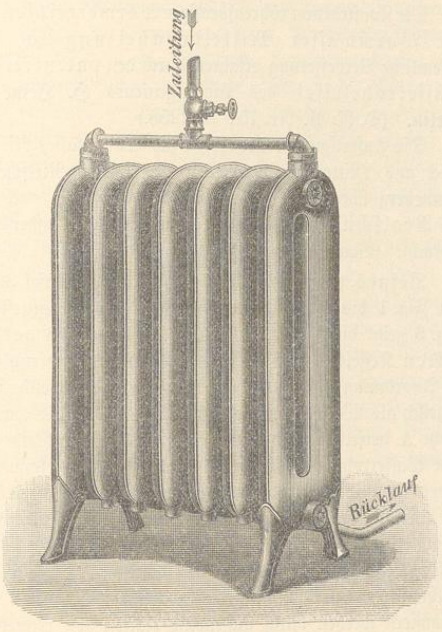
Dieselben werden jetzt fast ausschließlich aus Schmiedeeisenrohr, selten aus Kupfer hergestellt, und zwar geschieht die Verbindung der Rohre bis zu 5 cm aufwärts mit Gewindemuffen, die 6 bis 15 cm weiten Leitungen werden dagegen aus patentgeschweißtem

stellt. Bei senkrechter Rohrstellung sind die Rippen „radial“ angeordnet.

Freistehend vor der Wand aufgestellte Rippenheizkörper werden durch Vorsetzer von perforiertem Blech oder Holz verkleidet; erst in neuerer Zeit haben einige namhafte Firmen, darunter das Eisenwerk Kaiserslautern, Zierheizkörper, sogenannte Radiatoren, hergestellt.

Einen derartigen 1,0 m hohen Zierheizkörper stellt Fig. 170 dar; die Zuleitung des Heizwassers geschieht durch oberhalb auf den Endelementen angebrachte Eintrittstutzen während das abgekühlte Rücklaufwasser durch einen

Fig. 171.

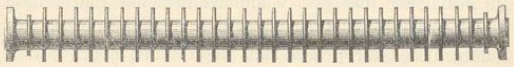


Austrittstutzen vom mittleren Element her unterhalb abfließt. Dadurch wird eine schnelle und gleichmäßige Verteilung des Heizwassers, also eine günstige Ausnutzung der Heizfläche gesichert.

Die in Fig. 171 zur Darstellung gebrachten, glatten Heizkörper eignen sich besonders für Krankenzimmer und Operationssäle, wo jede Staubbildung vermieden werden muß; sie haben daher neuerdings für derartige Räume ausgedehnte Verwendung gefunden.

III. Rohrförmige Heizkörper werden überall da angewendet, wo die Aufstellung von Öfen nicht angänglich oder zu teuer erscheint. So werden in Treibhäusern und Trockenkammern gewöhnlich lange Leitungen in Rohrform hergerichtet, durch welche das Wasser zirkuliert und seine Wärme an die umgebende Luft abgiebt. Wenn aber die zur Erwärmung erforderliche Rohrlänge aus lokalen Gründen nicht angebracht werden kann, so müssen die Leitungen zur Vergrößerung der Heizfläche mit aufgepreßten oder angegossenen Scheiben oder Rippen von runder oder quadratischer Form versehen werden. Solche Rippenrohre werden gewöhnlich in die Leitung eingeschaltet und heißen „Batterien“.[1] Fig. 172 stellt eine derartige Batterie im Grundriß dar.

Fig. 172.



An Stellen endlich, wo die horizontale Lage der Rohre in die vertikale übergeht, sind Verbindungen einzuschalten, welche die Ausdehnung der Röhren unschädlich machen. Man bedient sich dazu biegsamer Kompensationsstücke von Kupfer. In Lokalen, wo die Ausdehnung der Rohre ein beträchtliches Maß erreicht, pflegt man in 15 m Abstand „Stopfbüchsen“ anzubringen. Längere Transmissionsrohre werden zur Verminderung der Reibung auf Rollen gelegt.

B. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

§ 52.

Die Temperatur, bis zu welcher man die Erwärmung im System steigert, beträgt im Maximum 130° C. Das Wasser kehrt mit 65° nach dem Wärmerecipienten zurück; die Temperaturdifferenz ($135^0 - 65^0 = 65^0$) ist daher 10° größer als bei dem System der Niederdruckheizung; der Effektunterschied beruht hiernach auf der absolut höheren Rohrtemperatur, welche eine Spannung von 2 bis 3 Atmosphären hervorruft. Vor der Benutzung ist eine entsprechende Druckprobe, bei welcher sich eine acht- bis zehnfache Sicherheit ergeben soll, vorzunehmen.

Der Wärmerecipient für Mitteldruck[2] wird nicht als Walzenkessel konstruiert, sondern er wird gebildet durch ein System von 9 bis 11 patentgeschweißten Röhren von 0,10 m äußerem Diameter. (Taf. 35 d d.) Diese vereinigen sich durch vertikale Abzweigungen in einem größeren Sammelrohr g (Fig. 2 u. 4), welches den Anschlußstutzen als Beginn der Hauptzuflußleitung enthält. Ähnlich ist die Anordnung der Sammelkästen h h (Fig. 2 u. 4), welchen das kältere Wasser des Rücklaufrohres M (Fig. 5) zugeführt wird, um sich im Aufsteigen in den Röhren d d wieder zu erwärmen und seinen Lauf durch g nach den Transmissionsgefäßen zu nehmen. Durch die Siederöhren d d

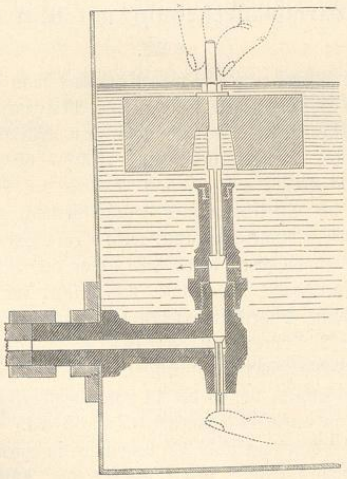
1) Gourney'sche Batterien.
2) System „Schäffer & Walker“.

wird aber die Wassermasse auf ein Minimum beschränkt, es tritt schnellere Erwärmung und ein höherer Temperaturgrad des Wassers im System ein.

In Bezug auf Material, Verbindung und Dichtung der Leitungsröhren findet keine Abweichung von dem System des Niederdruckes statt, nur wird im Verhältnis zu dem vermehrten Atmosphärendruck den Verbindungen eine höhere Sorgfalt zuzuwenden sein.

Der Herd a der Feuerungsanlage ist mit einem Doppelrost versehen und für Füllbetrieb hergerichtet. Zu dem Ende sind zwei Einschüttzargen mit zugehörigem Deckel und außerdem Regulier- und Aschenfallthüren vorhanden. Die Gase steigen vom Rost in den hohen Brennschacht c und bewegen sich dann an den Wasserröhren abwärts (Gegenstromheizung), um durch den Rauchsammler e in den Schornstein zu entweichen. Der Feuerkanal, in welchem die Wasserröhren d d untergebracht sind, ist mit 16 mm dicken eisernen Rippenplatten abgedeckt: die darüber verbleibende Luftkammer f wird demnach erwärmt, und wenn man derselben durch den Kanal i frische Luft zuführt, wird diese erhitzt nach k steigen und zur Erwärmung der Etagen nutzbar sein.

Fig. 173.



Das Expansionsreservoir der Mitteldruckheizung besteht aus einem Wasserbehälter (Fig. 173) am höchsten Punkte des Systemes; mit diesem ist die Rohrleitung fest verschraubt, der Art, daß sie in einem senkrechten Cylinder mit Doppelventil mündet, der am Reservoir durch Verschraubung festgehalten wird. Der untere Ventilkegel wird durch die Spannung des heißen Wassers, der obere durch das Belastungsgewicht festgehalten. Tritt nun Überhitzung des Wassers und demzufolge vermehrter Druck und vermehrte Ausdehnung ein, so wird infolge der Volumenveränderung das Sicherheitsventil gehoben und das heiße Wasser fließt so lange durch die seitlichen Bohrungen aus, als der Überdruck andauert. Beim Fallen der Temperatur vermindert sich dagegen das Volumen, es entsteht ein leerer Raum in der Hauptleitung, also eine saugende Wirkung, welche das untere Ventil öffnet und den Wasserverlust ersetzt. Diese Vorrichtung wirkt also lediglich selbstthätig.

Als Heizkörper des Mitteldrucksystemes werden Röhrenöfen, Register und Transmissionsröhren mit eingeschalteten Batterien, wie solche auf Tafel 33 in Fig. 2 bis 5 dargestellt sind, benutzt.

Die Konstruktion röhrenförmiger Wärmerecipienten für Warmwasser-Mitteldruckheizung hat eine wesentliche Verbesserung erfahren durch den patentierten Wasserrohrkessel des Civilingenieurs **H. Heine in Berlin.** (D. R. P. Nr. 751 u. 2258.)

Die Anfertigung dieser Kessel für Warmwasser-Niederdruck und Mitteldruckheizung ist der Firma **Rietschel & Henneberg** übertragen[1]) und von derselben u. a. auch für das Realschulgebäude in Darmstadt zur Anwendung gebracht. (Vergl. Anwendungen.)

Heines patentierter Röhrenkessel ist auf Tafel 36 in den Fig. 1 bis 2 im Quer- resp. Längenschnitt dargestellt; Fig. 3 zeigt die Ansicht, und zwar diejenige eines gekuppelten Kessels. Das Prinzip des Apparates beruht auf der Anordnung eines Ober- und Unterkessels, welche symmetrisch als Wasserrohrkessel ausgeführt sind. Das centrale Rohr A derselben wird von einer konzentrischen Reihe von acht Wasserrohren B umgeben. Sämtliche Rohre kommunizieren an beiden Enden mit den Kammern C. Die inneren, der Wirkung der Verbrennungsgase ausgesetzten Flächen der Kammern bestehen aus rechteckigen schmiedeeisernen, 12 mm dicken Blechplatten, in welche die sämtlichen Rohre mittels mechanischer Vorrichtung gedichtet (eingewalzt) sind. Die Kammern werden durch gußeiserne Kästen von rechteckiger Grundform gebildet und mittels gehobelter Flanschen an jene Blechplatten verschraubt. Die äußere Wand der Kästen ist nach innen durch Stehbolzen D mit der schmiedeeisernen Rohrwand verbunden.

In der Außenwand ist in der Achse der beiden Rohre A eine Öffnung angebracht und durch den Deckel E verschlossen. Die Dichtungsflächen des Deckels sind mechanisch bearbeitet und durch Kopfschrauben F mit Kupferdraht gedichtet; die in den Wasserraum tretenden Gewinde werden von Bronze hergestellt. — Nach Entfernung des Deckels

1) Die Ausführung der Heine'schen Konstruktion als stationäre Dampfkessel haben die Fabriken von A. Borsig in Berlin und J. Piedboeuf in Aachen kontraktlich übernommen.

kann demnach jede Inkrustation im Inneren der Kesselrohre beseitigt und jedes schadhafte Rohr mit Leichtigkeit durch ein neues ersetzt werden.

Der ganze Kessel ist pro Meter der Länge um 60 mm geneigt, und das aufsteigende warme Wasser tritt durch den Stutzen G_1 am oberen Deckel des vorderen Kesselendes aus, das zurückkommende kalte durch G_2 am unteren Deckel des hinteren Kesselendes ein. Beide Stutzen G_1 und G_2 haben reichlich bemessene Durchgangsquerschnitte für die anschließende Rohrleitung (101 mm).[1]) An dem Stutzen G_1 befindet sich das Thermometer H, um die Temperatur des Wassers im Steigerohr messen zu können.

Der Kessel ruht am Vorder- und Hinterhaupt auf den beiden Platten J^1 und J^2, von denen die erstere zur Anbringung der Ofenarmatur dient. Die Platten N^1 und N^2 werden nur durch die Längsanker K gehalten; da sich jedoch die unteren Enden der Rohrplatten in die Nuten α der erstgenannten Platten setzen, so ist auch am oberen Ende derselben eine Längenverankerung geschaffen, welche freie Längenausdehnung des Kessels gestattet. Der seitliche Abschluß der beiden Kessel erfolgt durch 0,25 m starkes Mauerwerk von Chamotte in dem üblichen Fugenbau. Die obere Fuge der Keilschicht läuft parallel der Neigung des Kessels.

Von dem Roste L, welcher unter dem Kessel liegt und am vorderen Ende durch die Feuerthür L^1 bedient wird, steigen die Gase direkt aufwärts: sie sollen sich gleichmäßig an der ganzen Länge der Wasserrohre verbreiten. Da nun die Gase — infolge der Anordnung von Cirkulationsplatten M M — kontrahierte Querschnitte zu passieren haben, so werden sie gezwungen, die ganze Heizfläche der Rohre möglichst vollständig und in der durch die Pfeile bezeichneten Weise zu bespülen.

Der Rost ist aus zusammengenieteten schmiedeeisernen Lamellen von 7 mm Dicke, bei 5 mm Abstand derselben, konstruiert. Sein vorderes Ende ruht auf einer gußeisernen Rostplatte N, welche ihrerseits von der Vorplatte N^1N^1 getragen wird. Bei Wegnahme letzterer wird also der ganze Raum unterhalb des Kessels frei. O ist die Aschenthür, welche für den Eintritt der Luft durch einen Gradbogen eingestellt wird. O^1 dient zur Regulierung des Luftzutrittes bei geschlossener Aschenthür.

Um die Gase möglichst gleichmäßig auf die ganze Länge der Wasserrohre zu verteilen, sind zwei Abzugsquerschnitte durch die Rahmen P gebildet und in diese die Drosselklappen P^1 zur Zugregulierung gelegt; durch die Öffnungen P entweichen die Gase in den Fuchs.

Die Rohrplatten der Kammern C reichen bis zur Abgleichungsschicht des Kesselmauerwerkes; daselbst sind an ihnen Winkeleisen R^1 befestigt und auf diese Längsträger R von ⊥förmigem Querschnitt gelagert. Die Abdeckung dazwischen besteht aus gußeisernen Platten, welche auf den Steg der ⊥Eisen gelagert und mit einer Backstein- oder Lehmschicht überdeckt sind.

An dem einen jener ⊥Eisen sind die Rahmen der Drosselklappen P^1P^1 verschraubt, und ferner zwei Lager für die Regulierungsrolle S, deren Handhabung direkt vom Heizerstande aus durch die Zugstange T erfolgt.

Die abziehenden Gase treten zunächst in den Längskanal U, aus dessen Mitte ein Querkanal nach dem Fuchs führt. Die Sohle des Seitenkanales wird ebenfalls durch ⊥Eisen getragen. Wegen des seitlichen Abzuges der Feuergase wird nur eine geringe Höhe für das Kesselsystem beansprucht, was für Aufstellung in Souterrainräumen ins Gewicht fällt.

Die Reinigung der Heizflächen von Flugasche und Ruß, welche für den Unterkessel durch vier Reinigungsthüren V in jeder Seitenwand geschieht, erfolgt mittels Drahtbürsten, und ist zu diesem Behufe an jeder Längenwand mindestens ein freier Raum von 1,45 m Breite erforderlich. Hinter dem Kessel ist derselbe Raum notwendig.

Anm. Um größere Heizflächen zu bilden, werden in der Regel gekuppelte Kessel aufgestellt. Letztere bieten dieselben Vorteile wie die Einzelkessel. Für das aufsteigende Wasser werden die beiden Deckelstutzen G^1 durch das gemeinsame Façonrohr W W Fig. 3, miteinander verbunden und der Anschluß des Steigerohres kann entweder in der Verlängerung von W oder mittels des punktierten Stutzens W^1 direkt nach oben erfolgen. In derselben Weise sind die Stutzen G^2 für den Rücklauf durch ein Rohr X gekuppelt. Durch Einschaltung von Absperrventilen zwischen den betreffenden Stutzen und den Rohren W resp. X kann der eine Kessel außer Funktion gesetzt werden, während der andere in Betrieb ist. — Der Abzug der Gase erfolgt für jeden der Kessel durch einen besonderen Seitenkanal U; die Kanäle sind durch eine Wand Z getrennt und werden durch je ein Blechrohr in den Fuchs eingeleitet.

Zur Entwässerung der Kessel und der ganzen Heizanlage dient ein Hahn Y am Rücklaufrohr X. Ein zweiter Hahn wird zum Anfüllen des Systemes benutzt.

Die Kessel werden in zwei Modellen von je fünf Nummern gefertigt. Tafel 36, Fig. 1 bis 3, stellt die Konstruktion des ersten Modelles, und zwar die Nr. 3 der Fabriktabelle dar mit:

8,26 qm feuerberührter Heizfläche,
0,18 qm Rostfläche,
207 l Wasserinhalt.

Ferner ist:

die Länge der Kesselrohre . . . = 1,5 m,
und die totale Länge des Kessels = 2 m.

1) Für geringeren Durchmesser muß ein Reduktionsstutzen wie in Fig. 3 eingeschaltet werden.

Vorteile des Heine'schen Kessels[1]).

1) Die geschlossenen Wassermassen der Vorder- und Hinterkammer begünstigen das freie Abströmen des heißen und das Zuströmen des kälteren Wassers, so daß sämtliche Wasserrohre unter gleichen Bedingungen sich befinden; die Erfordernisse einer natürlichen Cirkulation sind daher erfüllt.

2) Die Verteilung der Heizgase an den Heizflächen ist eine günstige und bei der geringen Wandstärke der Wasserrohre die Absorptionsfähigkeit derselben auch bei niedriger Temperatur der abziehenden Gase immer noch eine genügende (weil das abgekühlte Wasser nur mit 40° bis 50° C. in die hintere Kammer zurückkehrt).

3) Das Verhältnis zwischen Wasserinhalt und Heizfläche ist nach den angestellten ausführlichen Versuchen und Resultaten ein für Wasserheizzwecke günstiges.

4) Die Verbindungsstellen des Kessels sind der Einwirkung des Feuers ganz entzogen und für die Besichtigung zugänglich. Jeder Kessel wird mit 5 Atmosphären Wasserdruck probiert.

Heißwasserheizung.

§ 53.

Im Gegensatz zur Niederdruckheizung ist das Hochdrucksystem ein hermetisch geschlossenes. Der Charakter der Anlage als Heißwasser-Mitteldruck- oder Hochdruckheizung wird lediglich durch die Temperatur der zur Wärmeaufnahme, resp. Wärmeabgabe bestimmten Rohre und durch die Art der Expansionsvorrichtung bedingt.

Perkins, der Erfinder des Systemes, verwendete schmiedeeiserne gezogene Rohre von $^1/_2$" englisch = 12,5 mm innerem Durchmesser und 6,25 mm Wandstärke; er war zu solchen Rohrdimensionen gezwungen durch die hohen Hitzegrade, die zur Anwendung kamen.

Anm. Nach Perkins' eigenen Beobachtungen betrugen die Initialtemperaturen des Wassers im System 450 bis 560° Fahrenheit, was 232 bis 293 Graden des hunderteiligen Thermometers gleichkommt. Den Wärmestufen von

230°, 260°, 290° Celsius

entspricht aber eine Spannung des überhitzten Wassers von:

27 38 73 Atmosphären,

d. h. eine Spannung gleich derjenigen des bei gleicher Temperatur erzeugten Dampfes. — Die hier in Betracht kommenden Temperaturen und Dampfspannungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, woraus ersichtlich, daß der Atmosphärendruck in ungleich schnellerem Verhältnis zunimmt als die Temperatur.

1) Dieselben sind ausführlich erörtert in Nr. 27 der „Annalen für Gewerbe und Bauwesen" (F. C. Glaser, Berlin, Jahrgang 1878).

Tabelle.

Temperaturgrade nach Celsius	Druck in Atmosphären	Temperaturgrade nach Celsius	Druck in Atmosphären
100	1,0	180,31	10
111,74	1,5	184,50	11
120,60	2,0	188,41	12
133,91	3,0	203,60	16
144,00	4,0	226,30	25
152,26	5,0	265,89	50
159,25	6,0	311,36	100
165,40	7,0	363,58	200
170,81	8,0	423,57	400
175,77	9,0	492,47	800

Die Nachfolger von Perkins haben den lichten Durchmesser der Rohre bis auf 22 mm erweitert, bei 6 mm Wanddicke, also 34 mm äußerem Durchmesser, unter gleichzeitiger Herabminderung der Initialtemperatur des Wassers. Diese Vermehrung des Wasservolumens bis zum Dreifachen des früheren Rohrinhaltes bedingt eine wesentliche Verbesserung, denn es wird dadurch die Reibung vermindert und die Transmissionsfläche vergrößert, auch die Reservationskraft entsprechend erhöht. Die Initialtemperatur des aufsteigenden Stromes beträgt höchstens 300 bis 400° Fahrenheit oder etwa 150 bis 200° C., und diejenige im Rücklaufrohre 50 bis 70° C. Hiernach ergeben sich folgende Grenzwerte für Heißwasserheizung:

	Im Maximum.	Im Mittel.	Im Minimum.
Initialtemperatur des Wassers	200°	175° bis 180°	150°
Temperatur im Rücklaufrohr	70°	60°	60°
Temperaturdifferenz . . .	130°	115° bis 120°	90°

Allgemeine Anordnungen.

Als Wärmerezipient der Heißwasserheizung wird eine im Feuer liegende Spirale (Feuerschlange) aus 34 mm weitem Perkinsrohr benutzt (vergl. Tafel 37, Fig. 2 bis 4). Diese Rohre sind nur an einer Seite mit Schweißnaht versehen und haben im Ofen einen sehr hohen Druck auszuhalten; sie werden daher vor ihrer Verwendung unter hohem Druck geprobt.

Vom oberen Teil der Spirale steigt ein Rohr p in kurzer Linie (um die Abkühlung zu vermeiden) bis zum obersten Geschoß, das beheizt werden soll, auf; es heißt das Steigerohr. Die Transmissionsröhren dagegen können beliebig geführt und überall dahin gezogen werden, wo Wärme an die Lokale abzugeben ist. Nachdem das Wasser in den angemessenen Grenzen abgekühlt ist, wird es in einer rückwärts führenden Leitung zum Rücklaufrohr q und somit zum tiefsten Punkt der Ofenspirale zurückgeführt,

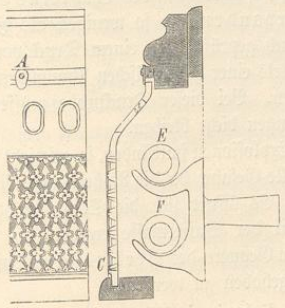
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

um hier aufs Neue erwärmt zu werden. — Ofenspirale, Steigerohr, Heizrohr und Rücklaufrohr bilden also eine geschlossene, in sich zurückkehrende Rundleitung und man nennt jede derartige Kombination „ein System“.

Die Länge der Systeme dehnt man nicht gern über 150 bis 200 m aus, weil die Reibung an den Röhrenwänden und die mancherlei Umbiegungen der Rohre einen erheblichen Widerstand für die Cirkulation des Wassers bilden. Die Cirkulationsgeschwindigkeit nimmt zu mit der Höhe der Röhren, aber auch die Differenz zwischen ihrer Initial- und Endtemperatur hat Einfluß auf dieselbe. Nach Zurücklegung gewisser Strecken empfiehlt es sich also, das Rohr wieder ins Feuer zurückzuführen. Leitet man es nun in diejenige Ofenspirale zurück, von der es ausging, so ist das System ein geschlossenes; führt man es aber in eine zweite, im Feuer liegende Spirale, aus welcher ein ebensolches System ausläuft, das mit seinem Rücklaufrohr sich an die erste Spirale anschließt, so hat man ein gekuppeltes System. So können 4 bis 6 Systeme in einem Ofen vereinigt, von einem Rost aus geheizt und durch eine Pumpvorrichtung gespeist werden. Hierbei werden die Widerstände des einen Systemes durch die geringeren des anderen aufgehoben; freilich soll dann auch die Temperatur des zurückkehrenden Wassers in allen Schlangen möglichst gleich sein, was nahezu gleiche Länge der Transmissionsröhren eines jeden Systemes bedingt.

Die Heizrohre werden in den Lokalen am Fußboden umhergeführt und äußerlich durch eine hohe Sockelleiste, welche gitterähnlich durchbrochen ist, gedeckt. Fig. 174 zeigt

Fig. 174.



in Ansicht und Querschnitt die konstruktive Anordnung der Heizrohre über dem Fußboden. Zu dem Ende werden die Rohre E und F, von denen das untere den Rücklauf vermittelt, in einem in die Mauer eingelassenen gußeisernen Haken versenkt. Das verzierte Schutzgitter von Metallguß wird unterhalb in eine Nut der Fußbodenleiste und oberhalb in den Falz der Sockelleiste eingelegt; einzelne Teile des Gitters lassen sich herausnehmen, um die Rohre, so oft es erforderlich ist, von angesammeltem Staube befreien zu können. Zu dem Ende wird der oben angebrachte Vorreiber A zur Seite gedreht.

In Räumen von untergeordneter Bedeutung bleiben die Rohre unverdeckt. Das Rückführungsrohr legt man unter das Heizrohr, wie Fig. 174 zeigt, und benutzt dasselbe mit zur Wärmeabgabe an das Zimmer.

Nicht selten werden Transmissionsrohre und Rückführungsrohre in den Fußboden verlegt. (Fig. 175.) In solchem Falle sind zwischen den Balken Kanäle ausgespart und mit Schwarzblech ausgefuttert; in diese Rinnen legt man die Rohre und die Öffnung der Heizkanäle wird mit durchbrochenen Eisenplatten abgedeckt.

Fig. 175.



Wenn die Fußbodenleitung nicht zur Heizung genügt, so wird dieselbe zu Spiralen, sogenannten „Heizschlangen“ erweitert und dadurch die Transmissionsfläche entsprechend vergrößert.

Die Expansionsvorrichtung besteht bei Heißwasser-Mitteldruckheizung aus dem belasteten Doppelventil (Fig. 173) und für hohen Druck aus einem Expansionsrohr; in beiden Fällen soll die Vorrichtung am höchsten Punkte des Systemes liegen. — Das Expansionsrohr hat den Zweck, die durch Erwärmung auf 130 bis 200° C. ausgedehnte und aus dem Steigerohr expulsierte Wassermasse aufzunehmen. Ferner sollen sich hier auch Luftblasen ansammeln, die, wenn sie in die Cirkulationsrohre gelangen, der Wasserbewegung Hindernisse entgegenstellen.

Die Größe des Expansionsrohres ist durch Rechnung, wie folgt, festzustellen:

Der Ausdehnungs-Koeffizient des Wassers ist $a = 0{,}00033$. Nehmen wir als Maximum der Temperatur des Wassers $t = 200°$, dann ist der Inhalt sämtlicher Röhren zu multiplizieren mit $1 + a\,t = 1 + 0{,}00033 \times 200 = 1{,}0660$ und das Produkt von dem ursprünglichen Volumen abzuziehen. Der Rest ist das Wasservolumen, welches in den Röhren nicht mehr Platz findet. Der Wasserinhalt einer 22 mm im Lichten weiten Röhre von 100 m Länge ist

$$V = 100 \times 0{,}00038 = 0{,}038 \text{ cbm.}$$

Wird dieser Inhalt auf 200° erwärmt, so erhält er das Volumen

$$V' = 0{,}038 \times 1{,}066 = 0{,}0405 \text{ cbm,}$$

und dasjenige des aus der Röhre austretenden Wassers ist:

$$V' - V = 0{,}0405 - 0{,}0380 = 0{,}0025 \text{ cbm oder } {}^1/_{15}\,V.$$

Das Volumen muß in der Expansionsröhre Platz finden. Wir wählen einen Durchmesser = 0,08 m, wobei der Querschnitt = 0,00502 qm; die Länge des Expansionsrohres für ein 100 m langes System ist daher:

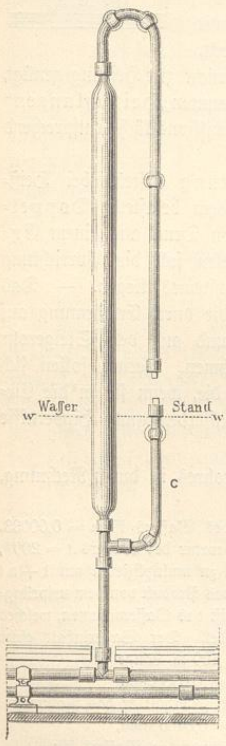
$$\frac{0{,}0025}{0{,}00502} = 0{,}49 \text{ m.}$$

Man macht die Expansionsröhren indeß so groß, daß sie auch den doppelten Inhalt des zu expulsierenden Wassers aufnehmen können; bei Maximalausdehnung wird dann die Luft auf die Hälfte zusammengedrückt, wobei das Rohr wie ein Windkessel wirkt.

Fig. 176 stellt das schmiedeeiserne Expansionsrohr mit Nachfüllstutzen dar. Außer dem 0,05 m weiten Behälter ist ein vertikal abwärts geführter Schenkel von dem Durchmesser des Cirkulationsrohres angesetzt und mit Stöpselschraube verschlossen. Durch diesen soll die Luft entweichen. Das aufwärts gerichtete Rohrende c, welches denselben Verschluß hat, dient zum Nachfüllen des Wassers.

Aus der vorstehenden Beschreibung sind manche positive Eigenschaften des „System Perkins“ abzuleiten. Zunächst ist es der geringe Durchmesser der Rohre, welcher bei leichter Anwendbarkeit deren Unterbringung selbst in vorhandenen älteren Gebäuden gestattet. Ein Verlust an Zimmerraum findet dabei nicht statt, da die Öfen ganz fortfallen und die Heizschlangen sich in Nischen und Fensterbrüstungen aufstellen lassen. — Die Montage ist einfach und die Anlagekosten sind billiger als bei Mittel- und Niederdruckheizung. Die Heizwirkung tritt schnell ein — nach $^3/_4$ bis 1 Stunde. — Der Betrieb ist sehr einfach.

Fig. 176.



Als Nachteile werden hauptsächlich folgende genannt:

1) Die Gefahr des Einfrierens stark exponierter Rohre bei scharfen Nachtfrösten in der Heizpause vom Abend bis zum Morgen. — Dieser Übelstand läßt sich vermeiden durch Aufgabe von Brennstoff für die Nacht, wobei sich die bereits besprochenen Füllfeuerungen vorzüglich bewährt haben.

2) Die Gefahr, daß durch Überhitzung der Rohre Holz entzündet werden kann. Obwohl die Entzündung des Holzes erst bei 425° C. eintritt, ist die Möglichkeit einer Überhitzung doch nicht ausgeschlossen, wenn infolge fehlerhafter Anlage die Rücklaufröhren mit zu hoher Temperatur zum Ofen zurückkehren. Verhindert wird die Überhitzung, sobald eine Füllfeuerung vorhanden ist, bei welcher in der Zeiteinheit eine voraus bestimmte Menge von Brennstoff verbrannt wird und wenn die Cirkulation in angemessener Art vor sich geht.

3) Die Möglichkeit, daß der auf den Heizröhren abgelagerte Staub versengt werde. Die Zersetzung der organischen Stoffe, aus welchen der in der atmosphärischen Luft enthaltene Staub besteht, beginnt erst bei 140 bis 150° C. Da die Initialtemperatur des Wassers für Wohngebäude 160° nicht leicht überschreitet, so wird das Expansionsgefäß höchstens auf 150 bis 155° erwärmt werden und in den zu heizenden Wohnräumen die Rohrtemperatur unter dem Hitzegrad bleiben, der den Staub zersetzt.

4) Die Gefahr des Explodierens der Rohre. Daß Explosionen leicht stattfinden können, ist nicht zu erweisen. Das Material, aus welchem die gezogenen Rohre gefertigt werden, ist so vorzüglich, daß der Quadratmillimeter mit 60 kg in Anspruch genommen werden kann. Die Rohrwandungen sind 6 mm dick, vertragen also eine Inanspruchnahme von $60 \times 6 = 360$ kg pro Quadratmillimeter. Stiege also auch wirklich die Wassertemperatur über 200°, auf:

230° 260° 290°,

so entspricht diesen Temperaturgraden eine Spannung von

27 at 38 at 73 at

Der Druck von 1 Atmosph. beträgt 0,01038 kg pro qmm,
" " " 38 " " 0,39254 " " "
" " " 73 " " 0,75499 " " "

Findet nun Erhitzung auf 260° C. statt, so ist die Sicherheit noch eine 917fache, und bei Erhitzung auf 290° eine 477fache, d. h. es ist in der That keine Explosionsgefahr vorhanden, um so weniger, als die Röhren vor dem Gebrauch geprüft, d. h. einem Druck von 140 Atmosphären mittels einer hydraulischen Pumpvorrichtung unterzogen werden. Bei dieser Druckprobe müssen Rohre und Verschraubungen dicht bleiben.

Wenn Explosionen stattfinden, so geschieht dies im Ofen, und ohne alle Gefahr, da die Röhren von Mauerwerk umgeben sind. Es öffnet sich die Schweißnaht des Rohres und ein Teil der Wassermasse ergießt sich in den Ofen.

Von den Gegnern des Perkins'schen Systemes pflegen noch hervorgehoben zu werden:

5) Die Schwierigkeiten des Regulierens der Temperatur in den Räumen nach vorübergehendem Bedürfnis und

6) die Nachteile beim Absperren einzelner Räume.

ad 5) Durch verstärkte oder verminderte Intensität des Feuers ist dies System allerdings nicht regulierbar: man darf also die Rohrlänge nicht auf den halben Effekt bemessen wollen in der Meinung, bei starker Kälte

durch lebhaftes Feuern auch den größeren Bedarf zu decken. Denn wenn die Anfangs- und Endtemperaturen des Wassers auf 150° resp. 60° C. bemessen sind und damit etwa 32000 Wärmeeinheiten bei normaler Temperatur produziert werden, so würden für die Erzeugung von 64000 Wärmeeinheiten die Wassertemperaturen auf 240, resp. 100° zu steigern sein. Die Zurückführung des Wassers mit hoher Temperatur involviert aber einen erheblichen Verlust an Brennstoff und bringt die schon besprochene Gefahr der Überhitzung nahe, weil der Heizer nicht wissen kann, wie hoch er die Temperatur steigern muß, um den betreffenden Effekt zu erhalten. Statt der Anlage einer Mitteldruckheizung mit 150° Initialtemperatur würde sich daher im vorliegenden Falle „hoher Druck" mit 60° Endtemperatur empfohlen haben. Tritt dagegen milde Witterung ein, so muß das Feuer unterbrochen werden, nachdem die Zimmer hinreichend erwärmt sind, und es darf erst wieder gefeuert werden, wenn die Zimmertemperatur stärker sinkt. Dieser Zustand tritt aber bei der geringen Reservationskraft[1]) des Systemes verhältnismäßig schnell ein.

ad 6) Einzelne Zimmerleitungen oder Spiralen mit Absperrhähnen zu versehen, ist allerdings durchführbar, aber darum mißlich, weil man die abgesperrten Systeme nicht gleichzeitig entleeren kann, diese also beim Aufhören der Wassercirkulation leicht dem Einfrieren unterworfen sind, auch die gewöhnlichen Hähne auf die Dauer nicht dicht bleiben. Sind insbesondere die Hähne nicht genau gebohrt, so werden durch deren Einschaltung leicht Kontraktionserscheinungen hervorgerufen, d. h. die Cirkulation wird gehemmt. Übrigens ist es einer der Vorzüge dieser Heizung, daß zusammenhängende Zimmergruppen ohne wesentliche Mehrkosten eine gleichförmige Wärme erhalten können und für größere Gebäude hat man es außerdem in der Gewalt, durch Anlage kleinerer Systeme die periodisch benutzten Räume von den kontinuierlich geheizten zu trennen.

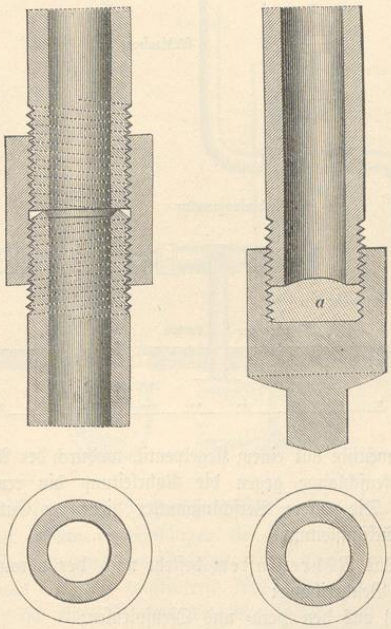
7) Der Vorwurf endlich, daß mit der Hochdruckheizung Ventilation schwierig zu verbinden sei, ist nur mit Einschränkungen zu verstehen, denn auch diese Aufgabe ist rationell zu lösen, wie die folgenden Paragraphen lehren.

§ 54.

Das Röhrensystem und seine Verbindung.

Die Zusammenführung der einzelnen Rohrlängen, welche an dem einen Ende mit Rechts-, an dem anderen mit Linksgewinde versehen sind, geschieht durch Verschraubungen, wozu Verbindungsmuffen dienen, die mit Rechts- und Linksgewinde versehen sind. Da das Gewinde der Muffe nicht vor dem Durchdringen des Wassers schützt, so wird zum Zweck wasserdichter Verbindung das Ende des einen Rohres zugespitzt abgedreht, das Ende des anderen (das mit ihm verbunden werden soll) mit geradem Abschluß versehen, Fig. 177. Mittels der Muffe kann man nun das scharf zugespitzte Ende fest und dicht gegen die ebene Fläche des anderen Endes heranziehen und dadurch vollständiges Dichthalten erreichen.

Fig. 177. Fig. 178.



Um die verschiedenen Windungen, Ecken, Winkel im Cirkulationsgange zu bilden, wendet man Façonstücke an. — Rechtwinkelige Abzweigung wird durch ein schmiedeeisernes ┬ Stück bewerkstelligt, dessen drei Enden mit Gewinde versehen sind. Wo zwei Rohrstränge sich kreuzen, da wendet man Kreuzstücke an, deren vier Enden mit äußerem Gewinde versehen und durch gerade Muffen mit den Anschlußsträngen verschraubt werden. Zur Verbindung zweier Rohrstränge im Winkel dienen Bogenstücke oder geschmiedete Kniestücke. — Das in Fig. 179 u. 180 dargestellte Absperrventil zeigt derartige Kreuzstücke, Bogenstücke und Verbindungsmuffen. Dagegen sind zur Herstellung des Expansionsrohres, Fig. 176, zwei ┬ Stücke verwendet. Der Verschluß des Nachfüllstutzens und des abwärts gebogenen Luftrohres erfolgt mit einer sogenannten

1) Für Schulen und ähnliche Institute stellt sich hiernach der Mangel am Reservationsvermögen als Vorteil heraus, weil das Funktionieren des Apparates den Zeitabschnitten des Unterrichtes genauer angepaßt werden kann. Vergl. Anwendungen § 55.

„Verschlußmutter“ (Stöpselverschluß). Die Dichtung des Stöpsels geschieht hierbei nach Fig. 178 mittels Blei, welches in die Tiefe der Mutter eingegossen ist; beim Anziehen der Mutter preßt sich das Rohrende in die Bleimasse a ein.

Absperrventile werden da angebracht, wo es sich um zeitweise Ausschaltung eines Teiles der Heizröhren oder der Spiralen handelt. Fig. 179 stellt ein Absperrventil dar; es bildet eine Kombination von drehbarem

Fig. 179.

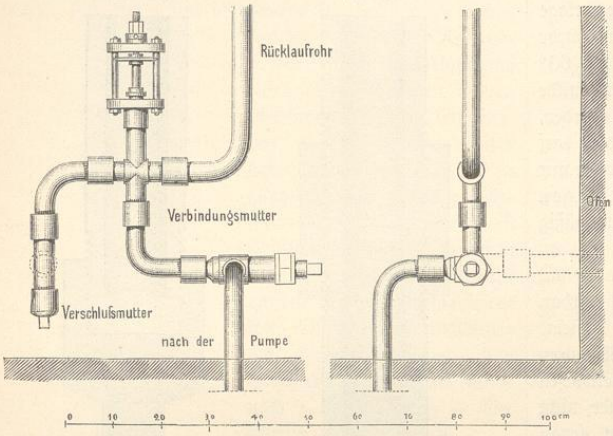


Fig. 179a.

Kolbenventile mit einem Kegelventil, wodurch der Abschluß der Ofenschlange gegen die Rohrleitung hin ermöglicht wird. Die untere Verschlußmutter dient zur Entleerung der Rückflußleitung.

Das Röhrensystem besteht nach der voraufgegangenen Beschreibung:

1) aus den Herd- und Ofenspiralen;
2) aus den Röhren zur Ofen- und Pumpenmontierung;
3) aus den Transmissionsröhren;
4) aus den eingebetteten oder toten Röhren.

§ 55.

Die Öfen und deren Montierung.

Auf Tafel 37, Fig. 1 bis 4, ist ein von **J. L. Bacon** in Berlin konstruierter Ofen für Hochdruckheizung dargestellt. Die Ofenspirale bildet eine sogenannte „geschlossene Schlange“, nämlich ein Oblongum mit abgerundeten Ecken, welches im Grundriß die O-Form erhält. Im hinteren Teile der Schlange befinden sich die Muffenverbindungen des Rohres. Sollen zwischen den Rohrwindungen Spalten nicht bleiben, so werden die hinteren Spiralen abwechselnd in langer und kurzer Windung verlegt, wobei Raum für die Muffe verbleibt. Formveränderungen der Heizschlange werden durch vier gußeiserne Ständer vermieden, in welche die Rohre eingelegt sind. Zwischen dem vorderen Teil der Schlange befindet sich der Rost a und vertikal über demselben der Füllschacht, durch welchen das Brennmaterial (Coaks) auf den Rost hinabgeschüttet wird. Die Einschüttöffnung ist mit dicht schließendem Deckel und Einschüttzarge versehen und das Feuer wird in bekannter Weise geschichtet und entzündet; jedoch soll Anfangs die Hitze im Brennraume nur mäßig gesteigert und später erst auf ihr Maximum gebracht werden. Hierbei passieren die brennenden Rauchgase zunächst die Feuerbrücke g, bespülen die Feuerschlangen an der inneren Seite, gelangen in den Zug c, wo sie — sich nach vorn bewegend — in dem Zuge d die Spirale von außen bespülen und ziehen in der Richtung der Pfeile nach dem Schornstein e. An dieser Stelle ist der Zug verengt und durch den Rauchschieber i regulierbar.

Um den Rost a von Schlacken befreien zu können, ist derselbe als Kippost konstruiert, d. h. er ist um eine horizontale Achse r r drehbar und läßt sich mittels des Hebels s in eine um 90° gedrehte Lage herabschlagen, wobei die Schlacken in den Aschenraum fallen.

Das Ausrußen der äußeren Züge d d geschieht mit Hilfe der vier Verschlußkapseln d' d'. Der innere Brennraum wird gereinigt nach Herumschlagen des Rostes teils vom Aschenraum, teils von der Inspektionsthür k her, indem mit der Bürste die Rohre sorgfältig abgeputzt werden. Angesammelte Rußteile und Flugasche fallen dann abwärts und werden mit der Kratze herausgezogen, wobei man auch die Vorsetzthür im hinteren Aschenraum zu öffnen hat. Diese Reinigung der Heizschlangen und der Züge wird durch die Natur des verwendeten Brennstoffes bedingt und muß in Pausen von vier bis acht Wochen erfolgen. Geschieht dies nicht, so verringert sich der Heizeffekt, es findet unnützer Verbrauch von Brennmaterial statt und der Rost brennt leicht durch.

Zur Füllung des Apparates mit dem erforderlichen Wasserquantum sind am Rücklaufrohr die in Tafel 37, Fig. 1, ersichtlichen Füllrohren und n' angebracht, welche in Verbindung mit dem sogenannten Durchpumphahn l in Funktion treten. Eine vollkommene Füllung des Systemes ist nämlich vom Füllstutzen des Expansionsrohres her nicht zu erreichen (es würde irgendwo in den Rohrwindungen Luft zurückbleiben). Um dies zu verhindern, setzt man an das unterste Füllrohr n eine Füllpumpe an, und pumpt durch dieselbe Wasser in die Rohr-

leitung. Das Wasser nimmt nun seinen Weg zuerst durch die Ofenspirale,[1]) steigt dann bis zum höchsten Punkte der Leitung, durchläuft sämtliche Zimmerrohre und Spiralen und kehrt endlich nach dem Heizraum zurück, wo es durch das obere Füllrohr n′ herausströmt. Die Füllrohre sind beim Durchpumpen gegeneinander mittels des Durchpumphahnes l abgeschlossen; andernfalls würde das Wasser von einem Füllrohr zum anderen gehen, ohne die ganze Leitung zu passieren.

Hat man sich überzeugt, daß bei fortgesetztem Pumpen die an den Rohrwänden adhärierenden Luftblasen von dem Wasserstrahl fortgerissen worden sind, so kann das System als gefüllt angesehen und mit der Heizung begonnen werden.

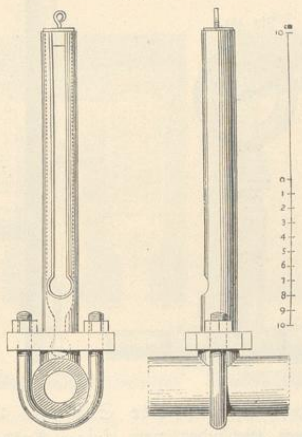
Das Nachfüllen. Trotz der Dichtigkeit der gezogenen schmiedeeisernen Rohre dringt unwahrnehmbar durch die Poren des Eisens der Wasserdampf nach außen, das Wasserquantum wird geringer und die höchsten Stellen der Etagenleitungen füllen sich mit Luft an, welche vorher vom Wasser absorbiert war. Es dokumentiert sich dies zuerst durch starkes Rauschen in den Röhren beim Anheizen und später durch heftiges Schlagen gegen die Rohrwandungen. Solche Geräusche haben immer ihren Grund in Cirkulationsstörungen und wenn der Heizer nicht für Entfernung der stagnierenden Luft sorgt, so wird die Cirkulation gehemmt und das Rohr an der mit Luft gefüllten Stelle überhitzt, was namentlich dann gefährlich werden kann, wenn der betreffende Rohrteil im Ofen liegt.[2])

Anm. Gewöhnlich gelingt es durch Lüften der Kapselschraube, am Fußstutzen des Expansionsrohres die Luft aus der Leitung zu entfernen; wenn dagegen ein Expansionsreservoir mit Druckventil vorhanden ist, so wird das letztere öfter vorsichtig einen Moment lang gehoben (wie Fig. 174 verdeutlicht). Hierbei giebt sich das Ausströmen der Luft durch heftiges Aufsteigen von Luftblasen zu erkennen. Ist aber der Apparat auf solche Weise nicht luftfrei zu machen, so ist ein Durchpumpen desselben erforderlich, was in der oben beschriebenen Art geschieht, in der Regel aber nur in Abständen von ein bis zwei Jahren sich als nötig herausstellen wird.

Bei Expansionsrohren erfolgt das Nachfüllen durch den seitlichen Füllstutzen bis zur Linie des normalen Wasserstandes w w, Fig. 174, und ist dazu zweiwöchentlich etwa $^1/_2$ l Wasser erforderlich. Bei dem auf S. 136 dargestellten Doppelventile, Fig. 173, geschieht die Füllung ganz selbstthätig.

Um den Heizer in den Stand zu setzen, daß er die Temperatur am Steigerohr beobachten könne, ist an demselben eine Kapsel in Form einer offenen Hülse angebracht, welche mittels einer Schraubenzwinge auf dem Steigerohr festgehalten wird und zur Aufnahme eines Thermometers dient, dessen Glaskugel in ein Ölbad[1]) eintaucht, Fig. 180. An dieser Stelle soll die Temperatur des Rohres das vorgeschriebene Maximum von 150° in der Regel nicht übersteigen.

Fig. 180.



Die Firma **J. L. Bacon** in Berlin verwendet bei den von ihr gebauten Heizanlagen ein sinnreich konstruiertes Zeigerthermometer zur Ablesung der Wassertemperatur. Das aus Messing konstruierte kreisrunde Thermometergehäuse hat einen Durchmesser von 135 mm und wird bei wagrechten Heizröhren nach Fig. 181 und bei senkrechten Strängen nach Fig. 182 mit der Rohrleitung verbunden. Das Zifferblatt hat einen Durchmesser von 100 mm und ist in 200 Grade eingeteilt, welche dem hundertteiligen Thermometer entsprechen. Der Maßstab ist ein so großer, daß der Heizer von seinem Platz aus mit Bequemlichkeit noch Halbe- und Viertelgrade abzulesen im stande ist. Die Wassertemperatur wird gemessen durch die Längenveränderung eines mit dem Gehäuse des Thermometers ver-

1) Hierbei hat man auch die Gewähr, daß allerlei Unreinigkeiten, welche sich von den Rohrwandungen ablösen, sich nicht in der Ofenschlange festsetzen, sondern vom Wasserstrom nach oben fortgetragen werden und durch das Rohr n′ abfließen.

2) An der glühenden, mit Wasser nicht gefüllten Stelle der Spirale bildet sich dann Glühspan, dieser fällt ab, das Rohr verliert Wandstärke und wenn sich in Berührung mit dem Wasser die Dampfspannung plötzlich erheblich steigert, kann das Rohr gesprengt werden. Mit starker Detonation öffnet sich dann die Schweißnaht auf 20 bis 30 cm Länge und das Wasser strömt in Dampfform aus — gewöhnlich nur ein kleiner Teil, weil der größere Teil in der Röhre durch den Luftdruck zurückgehalten wird.

1) Die Fabrikanten Ahl & Poensgen in Düsseldorf haben ein Quecksilberbad für diesen Zweck verwendet (vergl. Fischer: das Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim in der Zeitschrift des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover), welches die Temperatur des eingeschlossenen Wassers annähernd genau zeigt; es ist aber zu befürchten, daß die Quecksilberdämpfe gefahrbringend für den Heizer werden können.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bundenen, unten geschlossenen Messingrohres von 20 mm Durchmesser, welches in Rohrabzweig (Fig. 181 resp. 182) — d. h. in das erhitzte Wasser eintaucht. Ein in demselben frei stehender Stab von Porzellan dient aber als Stützpunkt für einen stählernen Winkelhebel, welcher die Längenveränderungen direkt auf ein Zahnsegment und durch dieses auf die Zeigerwelle überträgt und dadurch den Zeiger des Thermometers bewegt.

Fig. 182.

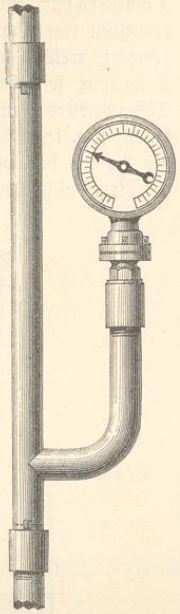
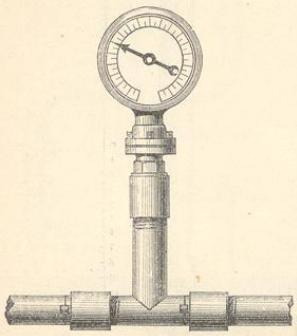


Fig. 181.



Öfen für gekuppelte Systeme. Bei der Beheizung eines Gebäudes von einiger Ausdehnung zieht man vor — selbst dann, wenn die Räume nur in einer Etage liegen — die Länge des Heizrohrsystemes nicht über das angegebene Maß von 150 bis 200 m auszudehnen, denn zu große Ausdehnung des Rohrsystemes hat den Nachteil, daß die ganze Leitung außer Thätigkeit gesetzt werden muß, sobald an einem Punkte Reparaturen erforderlich werden. So sind zur regelrechten Erwärmung des auf Tafel 41 dargestellten Wohngebäudes vier Systeme mit zusammen 430 m Transmissionsrohr angeordnet worden. Je zwei Systeme haben eine gemeinsame Feuerschlange, der Ofen also zwei Schlangen, und die Kuppelung der vier Systeme geschieht nach dem Schema Fig. 205. Die beiden Schlangen (Fig. 183 u. 184) sind langgestreckt, 1,57 m lang, 0,30 m breit und in 0,30 m Abstand gestellt. Der Füllschacht liegt teils im Mauerwerk, teils wird er durch einen geneigten Rost b gebildet, an welchen sich ein schmaler Planrost a mit Kippvorrichtung anschließt. Der Brennstoff (Coaks) kann ziemlich hoch geschichtet werden; die Feuergase bewegen sich nach dem Passieren der Feuerbrücke erst im mittleren Zuge d nach hinten und dann, die äußere Windung der Schlangen bespülend, an der Stirnwand aufwärts, um sich im Fuchs h zu vereinigen und in den Schornstein zu ziehen.

Die Bewegung der Verbrennungsgase längs der Spirale ist derjenigen des cirkulierenden Wasserstromes in der Spirale entgegen gerichtet (Gegenstromheizung).

Fig. 183.

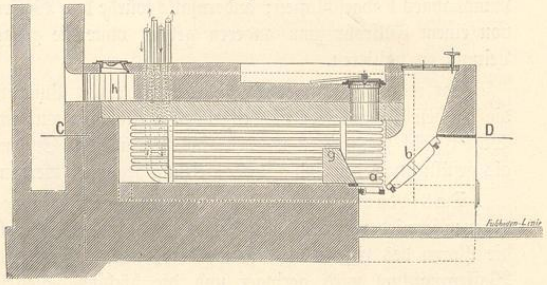
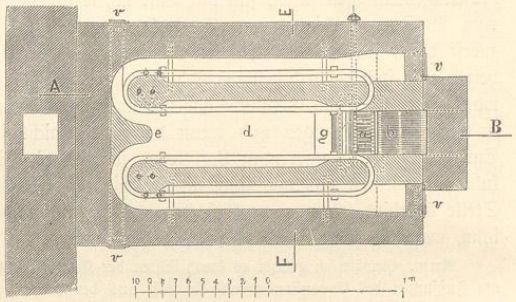


Fig. 184.



Die sonstigen Anordnungen weichen nicht erheblich von der auf Tafel 37 dargestellten Ofenkonstruktion ab. Zur Entrußung der Züge dienen Reinigungskapseln v. Die oberen Züge sind durch den Verschlußdeckel kontrolierbar.

Tafel 38 stellt einen von der Firma **J. L. Bacon** ausgestellten Ofen neuester Konstruktion im Grundriß, Längenschnitt, Querschnitt und in der Vorderansicht dar. Derselbe ist als Füllfeuerung konstruiert und enthält zwei oblonge Heizschlangen mit abgerundeten Enden. Die Windungen der Schlangen setzen sich bis dicht an den schrägen Rost a (Fig. 2) fort, wodurch der Brennraum seitlich vollständig abgeschlossen wird. Dadurch ergiebt sich das höchste Maß der Ausnutzung des Brennstoffes, denn die vorderen Enden der Feuerschlangen bleiben in stetem Kontakt mit dem glühenden Brennmaterial und die aus demselben entwickelten Feuergase werden so geführt, daß sie jedes einzelne Rohr der Schlange in seinem vollen Umfange bespülen. Hierbei nehmen die Verbrennungsprodukte, sobald sie die Feuerbrücke passiert und sich an der Zunge c in zwei Parallelströme gespalten haben, ihren Weg in der

Richtung der im Grundriß eingezeichneten Pfeile, wobei sie im II. Zuge die äußeren Hälften der Heizschlangen berühren und an diese ihre Verbrennungswärme absetzen. Da die Richtung der Heizgase entgegengesetzt ist derjenigen des Wassers in den Heizschlangen, so ist auch Gegenstromheizung vorhanden. Nachdem die Gase den Zug II passiert haben, steigen dieselben zu beiden Seiten vertikal empor (vergl. Fig. 2) und durchstreichen den Feuerkanal III, durch den sie nach dem Schornstein gelangen. Zur Zugregulierung dienen die Schieber s s, Fig. 4, welche von der Stirn des Ofens aus nach Bedarf eingestellt werden können.

Behufs Entrußung der Feuerzüge wird die Aschenthür geöffnet, es werden die Stäbe des schrägen Rostes herausgenommen und die auf Träger von Rundeisen gelagerten Feuerschlangen mit der Bürste sorgfältig abgeputzt, wobei der Ruß auf den Boden des Zuges I hinabfällt und mit der Kratze herausgezogen werden kann. Zu diesem Zwecke ist die hintere Vorsetzthür im Aschenraume herauszunehmen. Die Feuerzüge II sind zugänglich durch die in Fig. 1 mit v bezeichneten Reinigungskapseln.

Zur Entleerung des Planrostes von Schlacken und Aschenrückständen ist derselbe wieder als Kipprost konstruiert.

Die Steigerohre befinden sich bei dieser Ofenanordnung direkt über der Feuerbrücke; die Rückflußrohre kehren zu beiden Seiten des Rostes in die untersten Windungen der Ofenschlangen zurück. — Formveränderungen der Ofenspiralen werden durch übergeschobene Zwingen verhindert.

Eine von der vorstehenden abweichende Anordnung wendet **Johannes Haag** in Augsburg an; hier dient ein Rost zur Erhitzung von zwei gesonderten Ofenspiralen. Von dem Roste a (Fig. 185 u. 186) ziehen die Feuergase über die Feuerbrücken b b, durchströmen die doppelten O-förmigen Schlangen, welche alternierend verlegt sind, so daß eine möglichst vollständige Berührung des Rohrumfanges mit den Rauchgasen erreicht wird, und strömen durch die Öffnung am Boden der Rohrkammer abwärts in den gemeinsamen Rauchkanal. Die Schlangen ruhen mit ihren unteren Enden auf zwei starken eisernen Balken in einer aus Chamottegemäuer hergestellten Kammer, deren Verbindung mit dem Rauchkanal durch Drosselklappen k nach Bedürfnis reguliert oder auch abgesperrt werden kann, wenn das eine System von der Beheizung ausgeschlossen werden soll. Zur Absperrung einzelner Feuerschlangen dienen eingeschaltete Ventile. — Die Rohrkammern sind in voller Höhe durch eiserne Thüren abgeschlossen, um bei Reparaturen eine schnelle Auswechselung schadhafter Teile bewirken zu können.

Folgerungen. Die Bewegungsrichtung der Feuergase in dem Haag'schen Ofen ist nach abwärts, und die des Wasserstromes nach oben gerichtet, aber die Gase streichen im rechten Winkel gegen die Röhren und daher ist reine Gegenstromheizung nicht vorhanden. Das Umspülen der Rohre kann zwar frei erfolgen, aber es wird

Fig. 185.

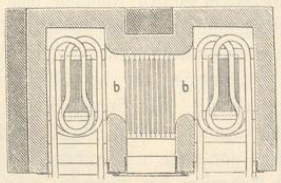


Fig. 186.

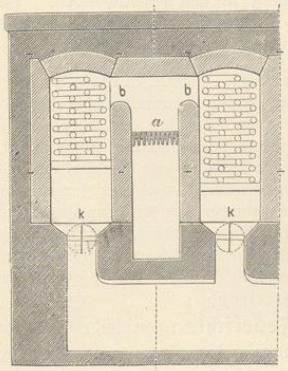
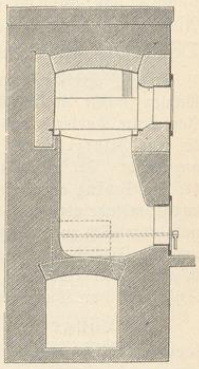


Fig. 187.



vorwaltend nur die obere Rohrhälfte durch direkte Flammenberührung erhitzt und der Weg der Verbrennungsprodukte ist ein so kurzer, daß die Gase mit ziemlich hoher Temperatur zum Rauchkanal entweichen. — Die Reinigung der Öfen ist dagegen leicht und bequem und — worauf ein großer Wert gelegt werden muß — das Ausschalten schadhafter Schlangen ohne Schwierigkeiten erreichbar.

Die unzweckmäßige, wenn auch Raum sparende Aufwickelung der Ofenröhren in mehr oder weniger dicht geschlossene cylindrische Spiralen, bei denen immer nur ein

Fig. 188.

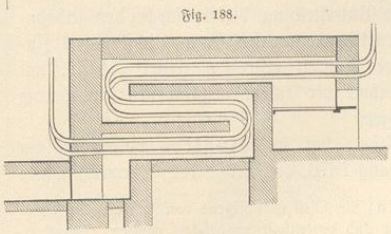
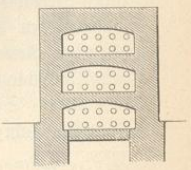


Fig. 189.



Teil der Oberflächen vom Feuer umspült wird, ist bei der von **Karl Schinz** (in Dinglers polytechnischem Journal, Jahrg. 1876) mitgeteilten, und in Fig. 188 u. 189 mit

geringen Modifikationen dargestellten Ofenkonstruktion umgangen. — Hier ist ein System paralleler, doppelter Flachschlangen in der Art angeordnet, daß den Rauchgasen auf einem langen Wege in den Feuerzügen die Wärme möglichst vollständig entzogen wird; da die Röhren an ihrem ganzen Umfange vom Feuer bespült werden, so findet auch eine gleichmäßigere Abnutzung und vermehrte Wärmeabsorption statt. Endlich ist das Gegenstromprinzip vollständiger als bei allen vorhergehenden Konstruktionen erfüllt.[1]) Als Brennstoff kann außer Coaks auch Steinkohle benutzt werden, weil das Brennmaterial mit den Röhren gar nicht in Berührung kommt. — Das Reinigen und Ausrußen der Rohrzüge erfolgt durch Öffnungen mit Kapselverschluß in den Stirnwänden. Das Auswechseln schadhafter Schlangen ist allerdings ohne Deformation des Ofens nicht angänglich.

Geschichtliche Anmerkung. Einen Ofen mit flachen Feuerspiralen (welche die Engländer grid-iron nennen) haben schon die Ingenieure Perkins und Bacon beim Bau der Heizanlagen für die von Gilbert Scott erbaute Nicolaikirche zu Hamburg angewandt. Der Durchschnitt ihres Ofens zeigt allerdings an Stelle der von Schinz angeordneten massiven horizontalen Zungen solche von Eisenblech; aber auch diese genügen, um die Feuergase zu leiten und deren Weg zu verlängern. An den Ofen schließt eine gewölbte und von Flachschlangen durchzogene Luftheizkammer. Diese Kirchenheizung bildet eins der frühesten Beispiele des kombinierten Systemes der Wasserluftheizung.

Die Länge der Feuerschlangen bildet bei Anlage der Heißwasserheizungen eine Frage von erheblicher Wichtigkeit. Offenbar ist dieselbe abhängig von der Cirkulationsgeschwindigkeit und der Wärmeabsorption im Ofen und kann daher, wie die Kesselfläche der Niederdruckheizungen, theoretisch ermittelt werden.

Da ein Quadratmeter Kesselfläche nach Redtenbacher bei 1° Temperaturdifferenz stündlich 59,35 Wärmeeinheiten aufnimmt, so werden von einem laufenden Meter Perkinsrohr von 22 mm Lichtweite und 69 mm Umfang stündlich absorbiert:

$$59{,}35 \times 0{,}069 = 4{,}09 \text{ Wärmeeinheiten}$$

vorausgesetzt, daß das Rohr überall frei vom Feuer umspült ist, eine Unterstellung, die freilich bei den gewöhnlichen Herdkonstruktionen (welche ein möglichst nahes Zusammenlegen der Röhren erstreben) nicht zutrifft, mit alleiniger Ausnahme der zuletzt besprochenen Anordnung mit Flachschlangen.

Karl Schinz hat in Dinglers polytechnischem Journal, Jahrgang 1876, die Größe der Wärmeaufnahme im Ofen durch Rechnung bestimmt, unter Annahme folgender hohen Temperaturen:

T′	Initialtemperatur der Gase im Ofen .	1400° C.
T″	Endtemperatur derselben beim Eintritt in den Schornstein	300° C.
t″	die Initialtemperatur des Wassers im Steigerohr	250° C.
t′	die Temperatur, mit welcher das Wasser in den Ofen zurücktritt.	60° C.

woraus die mittlere Temperaturdifferenz im Ofen

$$T - t = \frac{T' + T''}{2} - \frac{t' + t''}{2} = 695°$$

und die Wärmeaufnahme eines laufenden Meter Perkinsrohr von 22 mm innerem Durchmesser

$$695 \times 4{,}09 = 2842 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Bezeichnet nun W die stündlich erforderte Wärmemenge und L die Länge des Rohres im Ofen, so ist

$$L = \frac{W}{2842} \text{ Meter.}$$

Dieses Resultat ist noch mit einem Fehler behaftet, weil das Ofengemäuer aus dem Verbrennungsraum und den Feuerzügen Wärme aufnimmt und an die umgebende Luft etwa $^1/_4$ der vom Brennmaterial produzierten Wärme zerstreut, wodurch die mittlere Temperaturdifferenz T — t eine geringere wird. Die Länge der Ofenschlangen ist daher noch um 10 Proz. zu verlängern, woraus als Endergebnis folgt:

daß die Ofenschlange (System Schinz) nur $^1/_{15}$ der Gesamtrohrlänge erfordert.

In der Praxis wird die Länge der Ofenschlangen erfahrungsmäßig festgestellt; man rechnet

für geschlossene Schlangen = 10—12% der Gesamtrohrlänge,
„ offene „ = 13—15% „ „ „

§ 56.

Die Transmissionsröhren.

Die Heizrohrleitung beginnt am oberen Ende der Ofenschlange und steigt von hier bis zu demjenigen Geschoß auf, welches geheizt werden soll. Ein Teil der Wärmeröhren wird entweder nach Fig. 174 am Fußboden längs der Umfassungsmauern der Räume hingeleitet[1]) und dort

1) Der Schinz'sche Ofen ist übrigens von J. Haag in Augsburg aufgenommen und vorteilhaft ausgebildet worden. Vergl. H. Fischer: Bericht über die Heizungs- und Ventilationsanlagen zu Kassel in Dinglers polyt Journal, Jahrg. 1877. — Auch J. und F. Röbbelen in Dresden konstruieren Öfen mit Flachschlangen und Gegenstrom.

1) Es hat sich der Gebrauch herausgebildet, vorwaltend die Fensterwand zur Unterbringung der Heizrohrleitung zu benutzen, weil die drei übrigen Umschließungswände der Wohnräume gewöhnlich Thüröffnungen erhalten, an denen man gezwungen ist, die Rohre abwärts zu ziehen und in Blechkanälen innerhalb des Fußbodens unterzubringen. (Vergl. Thürübergänge.) In Eckzimmern mit zwei freien Fensterwänden ist der Rohrbedarf meist leichter zu plazieren, und wenn ein Rohrstrang mit Rücklaufrohr nicht genügt, werden dann doppelte

durch gußeiserne Stühle oder Konsole unterstützt, oder (wie in Fig. 175) in den Fußboden eingesenkt und mit durchbrochenen gußeisernen Platten abgedeckt. Wenn die Zu- und Rückleitung nicht genügt, um das Zimmer zu erwärmen, dann wird entweder

a) eine Flachschlange, d. h. ein in einer vertikalen Ebene liegender Registerzug, Fig. 190 u. 191, unterhalb

Fig. 190.

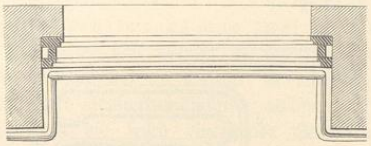
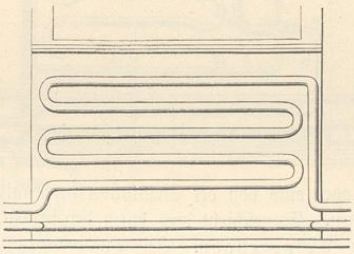


Fig. 191.



des Fensterbrettes in der Brüstung angebracht, oder das Rohr wird

b) zu einer länglich cylindrischen Spirale, Fig. 192 u. 193, zusammengewickelt, die dann in der Fensternische, zuweilen auch frei im Zimmer Aufstellung findet und mit einem mehr oder weniger reichen Mantel umgeben ist. Die cylindrischen Spiralen bieten nebenher Gelegenheit zur Herstellung einer Zimmerventilation. Es wird dann in der Mauer nahe dem Fußboden ein Kanal angelegt, und durch diesen und die Höhle der Spirale ein Blechrohr geschoben, welches in den Kasten d einmündet. Die bei a eintretende frische Luft steigt in den Kasten d auf und tritt durch das im Fensterbrett angebrachte Gitter erwärmt in den Zimmerraum ein. Nebenher tritt aber auch Zimmerluft bei f in den Kasten ein, bestreicht die im Durchschnitt sichtbare Spirale, und gelangt gleichfalls durch das Gitter c ins Zimmer zurück. Der Apparat vereinigt also Ventilation und Cirkulation. Wenn die Drosselklappe b horizontal eingestellt und dadurch der Zutritt frischer Luft zu d abgesperrt wird, dann bleibt allein die Cirkulation in Thätigkeit.

Fig. 192.
Querschnitt.

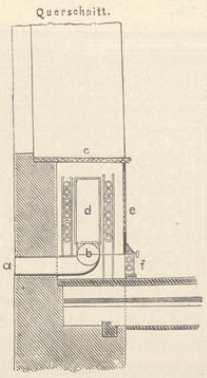


Fig 193



Muß die Heizrohrspirale etwa in der Ecke des Zimmers, an der Fensterwand, Aufstellung finden, so wird die Heizkörperverkleidung im Grundriß entsprechend gestaltet und als Eckspindchen mit durchbrochenen Füllungen ausgebildet. Dasselbe stellt dann einen Wärmofen dar, der reichlich Wärme an die Zimmerluft abgiebt und die frische Luft kann, wie vorher durch die Frontwand, zutreten.

Läßt sich die Heizspirale nur an der Mittelwand plazieren, so muß man die frische Luft entweder in der Zwischendecke oder mittels ausgesparter Luftkanäle, in der Mittelwand, zuführen. Wird die Klappe a geschlossen (Fig. 203) und der Sockel der Heizkörperverkleidung geöffnet, so findet Cirkulation der Zimmerluft statt. Wird a geöffnet und das Sockelgitter geschlossen, so tritt nur frische und erwärmte Luft in das Zimmer. Bei Nacht wird a geschlossen gehalten.[1])

Auch den ästhetischen Anforderungen, welche an die Heizkörperverkleidung gestellt werden können, suchen die Fabrikanten dieser Branche voll zu genügen. Hölzerne Zierverkleidungen werden, da diese wenig haltbar sind, gegenwärtig selten verwendet; dagegen werden u. a. von dem Hoflieferanten Gärtler in Darmstadt recht geschmackvolle Muster in Gußeisen, Cuivrepoli und Kupfer geliefert. — Fig. 194 stellt eine in Cuivrepoli ausgeführte Heizkörperverkleidung mit abgerundeten Seitenteilen dar.

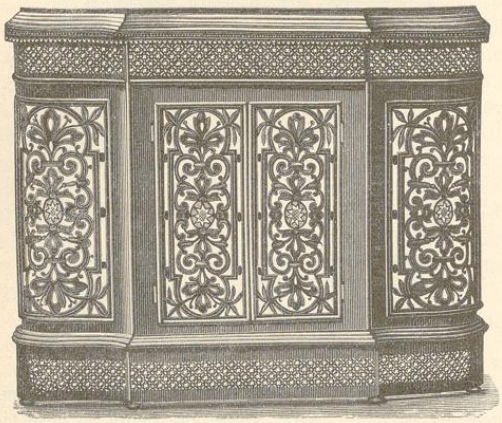
Da die Herstellung in Kupfer oder Messing zu teuer ist und gußeiserne Gehäuse das Gebälk unnötig belasten, so wählt man neuerdings mit Vorliebe zur Herstellung der Heizkörperverkleidungen durchlochte Eisenbleche,

Stränge verlegt (wie u. a. in der Aula des Adreaneum zu Hildesheim). Solche Anordnung erfordert aber — um die Rohrleitung zu verdecken — ein mindestens 40 cm hohes durchbrochenes Wandpaneel, wodurch die Anlage erheblich verteuert wird. — In Räumen von untergeordneter Bedeutung kann das vergitterte Rohrpaneel gespart werden.

1) Vergl. Friedrich Paul, Heiz- und Lüftungstechnik, Fig. 187.

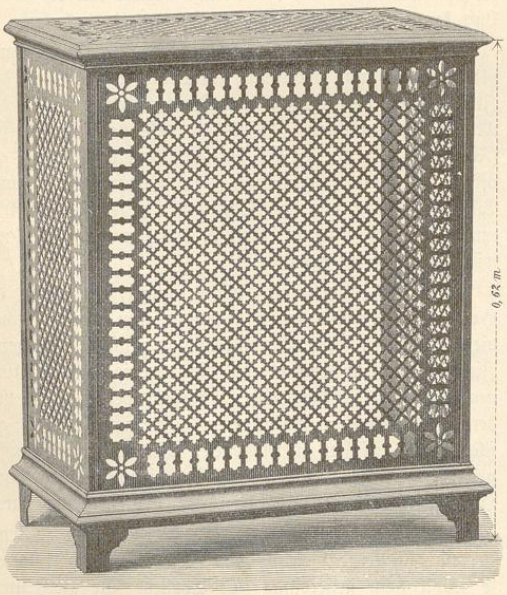
sogenannte Gitterbleche von 1 bis 2 mm Blechstärke oder perforierte Bleche mit gepreßten Profilen und Eckverstärkung durch schmiedeeiserne, profilierte, hohlgezogene

Fig. 194.



Rahmen, wie Fig. 195 darstellt. Derartige Gehäuse sind haltbar, leicht und billig und werden von der Firma

Fig. 195.

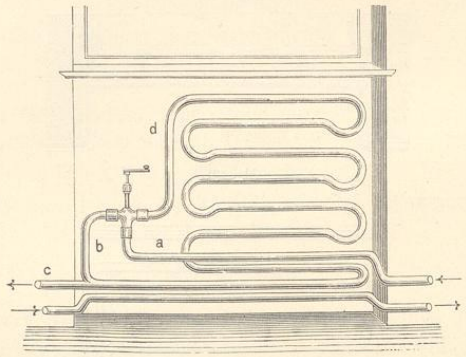


Th. Schmidt & Herkenrath in Berlin als Spezialität fabriziert. Diese Fabrik liefert auch kaminartige Heizkörperverkleidungen aus Schmiedeeisen.

Für untergeordnetere Räume, Bureaus u. s. w. werden vielfach Verkleidungen aus feingewelltem Eisenblech mit profiliertem schmiedeeisernen Rahmen angewendet.

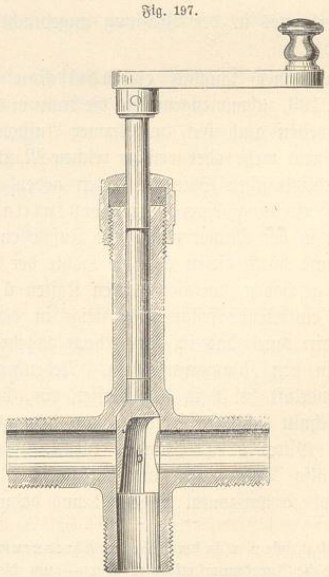
Absperrhähne. Flachschlangen und cylindrische Spiralen werden gewöhnlich in der Weise eingerichtet, daß das Wasser zwar in den Windungen cirkuliert, daß die

Fig. 196.



letzteren aber auch von der Cirkulation ausgeschlossen werden können. Es geschieht dies durch den in Fig. 196 dargestellten Absperrhahn. Bei entsprechender Stellung

Fig. 197.



des Löffels l in Fig. 197 wird dann das Wasser verhindert, den Weg durch die Spirale zu nehmen und gelangt aus dem Rohre a durch die Biegung b wiederum in die

Fortsetzung c des Fußbodenrohres. Fig. 197 stellt den Durchschnitt des Hahnes, der durch eine Kurbel bewegt wird, im größeren Maßstabe dar. Um die Kurbel jederzeit zugänglich zu machen, ist die vergitterte Füllung des Fensterpaneels in Scharnieren um die untere Kante drehbar und oberhalb durch einen Zungeneinreiber festgestellt.

Bei der von Joh. Haag eingerichteten Heißwasserheizung der Bürgerschule V, in der Koflergasse zu Wien, besteht die Heizrohrleitung aus zwei getrennten Teilen. Der eine Teil enthält die Systeme der Fußbodenrundrohre und hat die Wärme zu ersetzen, welche durch Wand- und Fenstertransmission verloren geht, der andere Teil hat die frisch eintretende Ventilationsluft mittels der Spiralöfen zu erwärmen. Je nach dem Stande der Außentemperatur kann man also mit den Rundrohren allein, mit den Spiralen allein, oder mit beiden zugleich heizen.

Fig. 198 u. 199.

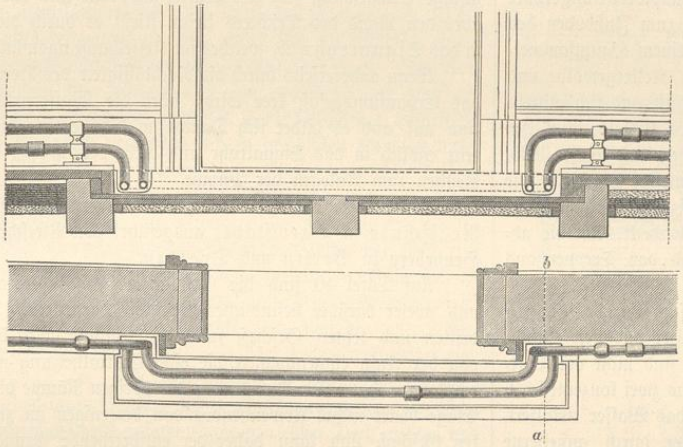
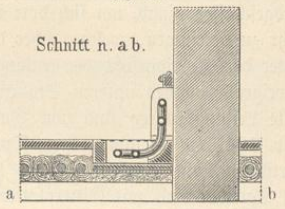


Fig. 200.



Folgerungen. Aus dem Vorstehenden ergiebt sich daher, daß bei Heißwasserheizungen neben der Erwärmung auch die Zwecke der Ventilation sehr wohl erreicht werden können und das Funktionieren des Apparates ist lenksam genug, um auch eine normale Beheizung, wie sie der herrschenden Lufttemperatur entspricht, damit zu erreichen. Daß dem vorübergehenden Minderbedarf an Wärme während einzelner Tagesstunden durch Unterbrechung der Heizung leicht Rechnung getragen werden könne, wurde bereits erwähnt und ist in den „Anwendungen“ noch näher zu begründen.

Thürübergänge. Um mit den hinter Sockelleisten verdeckt angebrachten Transmissionsrohren an den Thüröffnungen vorüberzukommen, werden die Rohre wie in Fig. 198 u. 199 abwärts gezogen, dann horizontal gekröpft und in eine Rinne von Schwarzblech, welche bündig mit den Balken in die Zwischendecke eingelassen ist, neben einander verlegt, endlich werden dieselben nach Aufbringen der Dielen mit durchbrochenen gußeisernen Platten abgedeckt. Dadurch werden die Rohre auch für die Transmission wirksam gemacht, was nicht erfolgen konnte, wenn die Rohre „verpackt“, d. h. unter die Dielung verlegt und in Lehm oder Leroi'sche Wärmeschutzmasse eingehüllt wären. Dagegen wendet man dieses Verfahren bei Thüren an, welche aus Zimmern oder Vestibulen ins Freie führen, um das Einfrieren der Rohre zu vermeiden. (Vergl. Tafel 39.)

Das Unterbringen der Transmissionsrohre in Kanälen. Hierbei kommen Rücksichten der Reinhaltung in Betracht, denn es liegt stets die Gefahr nahe, daß von der Dienerschaft der Staub in die Rohrkanäle gefegt wird und sich dort anhäuft, wodurch die Transmission verringert und bei starker Erhitzung leicht ein lästiger, brenzlicher Geruch verbreitet wird. Dies kann zwar vermieden werden durch öfteres Aufheben der Platten und Entfernung des Staubes mittels eines Blasebalges; da aber auch die Dielung infolge der starken Wärmestrahlung bald zu schwinden beginnt, so pflegen die Abdeckungsplatten zu klappern, was wiederum fatal ist: diese Gründe sprechen sämtlich für Unterbringung der Rohre hinter vergitterten Sockelleisten.

Im nächsten Paragraphen findet der Leser einige bewährte Heizanlagen ausgeführter Gebäude, und zwar nach dem System der Warmwasserheizung mit Niederdruck und Mitteldruck, sowie der Heißwasserheizung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 57.

Anwendungen.

I. Eine der frühen Anlagen des Warmwasser-Niederdrucksystemes, die zur Beheizung des Schulhauses zu **Westerwik** in **Schweden** dient, geben wir auf Tafel 39 in Fig. 1 bis 3 (nach Mitteilungen von E. A. Wiemann).

Aus dem im Keller aufgestellten Kessel steigt das warme Wasser in dem vor Abkühlung geschützten Steigerohr zum Dachraum auf und mündet dort in das Expansionsgefäß ein. Von hier geht das Hauptverteilungsrohr, ebenfalls gut verkleidet, in der Mittellinie des Gebäudes über dem Fußboden des Dachraumes entlang, wie durch punktierte Linien angedeutet ist. — Die Zuführungsrohre für die verschiedenen übereinander stehenden Öfen der drei Etagen zweigen sich sämtlich vom Hauptverteilungsrohre ab und fallen in den Korridoren bis zum Fußboden des Erdgeschosses hinab, um sich dort in einem Hauptsammelrohr zu vereinigen, welches über dem Kellergewölbe und unter dem Korridorfußboden entlang läuft und sich mittels Zweigrohr an den unteren Stutzen des Kessels anschließt. Alle Leitungsröhren sind von Gußeisen und haben 125, resp. 104 und 74 mm lichten Durchmesser erhalten; die vertikalen Rohre sowohl, als das horizontale Sammelrohr im Korridor sind mit Gitterplatten überdeckt, um die abgehende Wärme für den Korridor und das Treppenhaus nutzbar zu machen.

Zur Erwärmung der Zimmer sind Cylinderöfen aufgestellt, welche ihr Cirkulationswasser aus den Zuführungsröhren empfangen. Diese Öfen sind nicht von Luftröhren durchzogen, sondern bestehen aus zwei konzentrischen weiten Blechcylindern, zwischen denen das Wasser cirkuliert. Oben und unten sind diese Cylinder durch gußeiserne Ringe verbunden. Dicht über dem unteren Boden tritt das Wasser in den 74 mm breiten, ringförmigen Raum durch ein Rohr ein und durch ein zweites wieder aus; mittels der an den Röhren e angebrachten Regulierungshähne hat man es in der Hand, entweder alles Wasser, welches durch die Röhren strömt, oder nur einen Teil desselben durch die Zimmeröfen zu leiten, oder endlich durch eine dritte Hahnenstellung den Ofen ganz auszuschalten.

Die frische Luft gelangt durch Öffnungen der Außenmauer in einen Kanal am Fußboden und demnächst in den Hohlraum des Ofens, wo der Luftstrom sich erwärmt und oberhalb ins Zimmer strömt. Der Luftzutritt zu den Öfen kann durch Schieber geregelt werden. Endlich ist der Ofensockel mit einer Stellklappe versehen, um neben der Ventilation auch Cirkulation der Zimmerluft bewirken zu können.

Zur Abführung der verbrauchten Zimmerluft dienen Ventilationskanäle v v innerhalb der Mauern, welche abwärts bis zum Fußboden des Kellergeschosses geführt sind. Hier wird die Luft in einem, unter dem Korridor fortlaufenden, gewölbten Kanal, dessen Lage im Grundriß, Fig. 4, angedeutet ist, gesammelt und tritt sodann in den Aspirationsschacht, der durch das Rauchrohr der Kesselfeuerung erwärmt wird. — In den Sommermonaten dient zu gleichem Zweck eine, am Fuße des Rauchrohres angebrachte besondere Feuerung (Lockfeuer).

Der Kessel ist mit einem Flammrohr versehen; das Füllen desselben geschieht mittels einer Handpumpe, welche mit dem Rücklaufrohr kommuniziert und die Füllung ist erwiesen, sobald aus dem im Expansionsgefäß angebrachten Signalrohr Wasser herausfließt. Im Durchschnitt, Fig. 1, ist das Expansionsgefäß dargestellt. Sobald infolge Erwärmung sich das Wasser ausdehnt und endlich über den Rand des Trichters steigt, fließt es durch diesen in das Signalrohr ab, welches im Kesselhause ausmündet.

Wenn andererseits durch die Nachlässigkeit des Heizers das Expansionsgefäß leer wird, hört die Wassercirkulation auf und es bildet sich Dampf im Steigerohr; dieser tritt endlich in das Signalrohr und giebt dem Heizer das Zeichen zum Anlegen der Pumpe.

II. Warmwasser-Mitteldruckheizung der neuen Realschule in Darmstadt, ausgeführt von **Rietschel & Henneberg** in Berlin und Dresden.

Auf Tafel 40 sind die Grundrisse des Souterrains und zweier darüber befindlicher Geschosse dargestellt. Im dritten und letzten Geschoß wird der frontale Mittelbau von der Aula eingenommen, die eine Centralheizung nicht empfangen hat. Die Anordnung der übrigen Räume dieser Etage bietet nichts Abweichendes von derjenigen im zweiten Geschoß und kann daher der entsprechende Grundriß entbehrt werden.

Mit Rücksicht auf die symmetrische Anlage des Gebäudes hat jede Hälfte desselben ihren besonderen Wärme-Recipienten empfangen. Dieser besteht für die Warmwasser-Mitteldruckheizung aus je zwei gekuppelten Heine'schen Patentkesseln, deren Konstruktion in § 52 ausführlich beschrieben wurde. Jeder Kessel hat 17,53 qm feuerberührte Heizfläche bei 2,25 m totaler Länge und 0,38 qm Rostfläche. Der Wasserinhalt eines jeden der vier Kessel beträgt 382 l. Ihre Lage und die anschließende Rohrverteilung ist aus dem Grundriß, Tafel 39, Fig. 1, zu ersehen. Von der unter der Decke des Souterrains liegenden Rohrleitung steigen nun in der linken Gebäudehälfte 11, in der rechten 9 Wasserstränge zur Versorgung der oberen Etagen auf und ebensoviele Rückflußrohre führen das abgekühlte Wasser nach dem Souterrain zurück.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Geheizt werden durch die Mitteldruckheizung:

Im	I.	Geschoß	13	Klassenräume	verschiedener Größe,
„	II.	„	11	„	„ „
„	III.	„	9	„	„ „
		zusammen	33	Klassenzimmer	mit Röhrenöfen und
			4	Zimmer (Nr. 11, 28, 29, 43)	mit Cylinderöfen;

überhaupt werden geheizt 7165 cbm Raum mit 490 qm Ofenfläche: es kommen also auf 100 cbm Raum 7 qm Heizfläche. Ungeheizt sind die Korridore, das Treppenhaus, die Räume rechter Hand neben der Haupttreppe und die Aula.

Die in den Räumen aufgestellten Heizkörper haben nur die Aufgabe, den Wärmedurchgangsverlust der Räume auszugleichen; die zuführende Ventilationsluft wird dagegen durch Heißwasserröhren im Kellergeschoß erwärmt. Als Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde sind 10 bis 11 cbm festgestellt worden, wobei sich ein stündlich einzuführendes Luftquantum von 11400 cbm ergab. Zur Vorwärmung der frischen Luft auf + 20° C. sind zwei besondere Heißwasseröfen RR, Tafel 40, Fig. 1, aufgestellt. Die Heizrohre verbreiten sich in gewölbten Kanälen unter der Decke des Souterrains und liegen hier zum Teil in Schlangen gewunden. Die frische Luft tritt bei B in das Souterraingeschoß ein, gelangt in der Richtung des Pfeiles bis zur Vorwärmkammer, strömt von unten her durch eine große Anzahl von Öffnungen in dieselbe, erwärmt sich an den Heizschlangen, zieht, nachdem sie genügend vorgewärmt ist, in vertikalen Zuführungskanälen nach den oberen Geschossen und strömt dort mit der Zimmertemperatur von + 20° C. ein. Die Ventilationsluft dagegen entweicht in die Ventilationskanäle, die im Dachboden zu sechs größeren Sammelschächten zusammengezogen, über Dach geführt und mit Deflektoren versehen sind.

Die Röhrenöfen haben teils sechseckige, teils oblonge Grundform erhalten. In der Konstruktion weichen sie von den auf Tafel 34 dargestellten Öfen nur hinsichtlich der Rohranordnung und Dichtung ab. Die Dichtung der Rohre gegen die Wasserkästen geschieht nämlich wie bei den Lokomotivkesseln durch Einwalzen, wobei vergängliches Dichtungsmaterial in Fortfall kommt. Jedes der zehn vertikalen, patentgeschweißten Rohre, Fig. 201, ist mit einem inneren Cirkulationsrohre von geringerem (35 mm) Durchmesser versehen, das den Kasten ganz durchdringt. Außer der sonstigen Transmissionsfläche wird daher auch die innere Rohrwandung zur Wärmeabgabe benutzt. Das Wasser aber tritt in den oberen Kasten ein und sinkt, durch Wärmeverlust abgekühlt, in dem ringförmigen Raume zwischen den Röhren abwärts nach dem unteren Kasten, während die Luft in dem inneren Cylinder aufsteigt. Es kann nun nach Belieben entweder Ventilation oder Cirkulation der Zimmerluft stattfinden; im ersten Falle ist die Klappe a in dem hölzernen Ofensockel geöffnet, im letzteren

Fig. 201 u. 202.

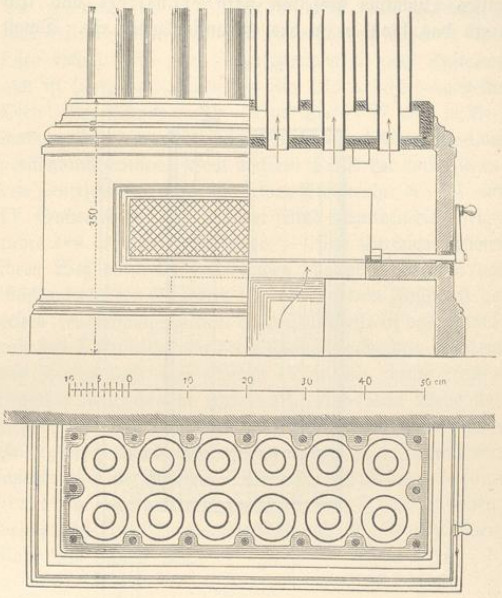
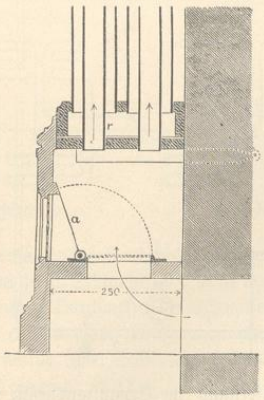


Fig. 203.



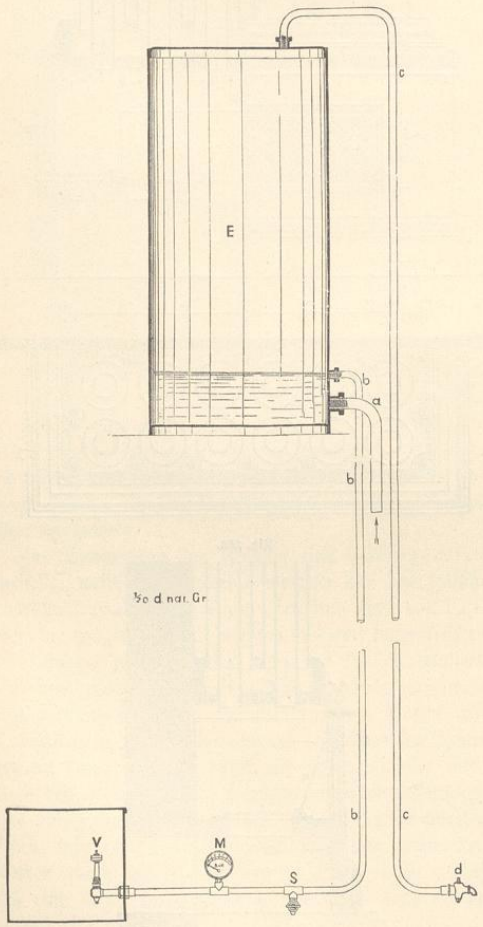
geschlossen. Die Krönung des Ofens ist dekorativ aus Metallguß hergestellt.

Das Expansionsgefäß E (Fig. 204) befindet sich auf dem Dachboden, aber der Ventilkasten mit Doppelventil v ist im Heizraum aufgestellt und dadurch jederzeit für den Heizer kontrollierbar, ohne daß er seinen Platz verläßt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Expansionsgefäß E ist nämlich mit dem Ventilkasten durch das Signalrohr b und mit dem Cirkulationssystem durch das Steigerohr a verbunden. Beim Heizen des Kessels wird das Wasser ausgedehnt; ein gewisses Quantum desselben wird expulsiert und tritt durch das Rohr a in das Expansionsgefäß ein. Damit

Fig. 204.



aber der Wasserstand im Expansionsgefäß auf normaler Höhe erhalten werde, ist das Signalrohr b angebracht, dessen Hahn S im Heizraum stets Wasser geben muß. Das Rohr b endigt im Ventilkasten, und zwar in dem auf S. 136 beschriebenen Doppelventil V. Endlich ist auf dem Signalrohr ein Manometer M aufgesetzt, an dessen geteiltem Gradbogen der Heizer die Atmosphärenspannung im System ablesen soll.

Wenn nun beim Heizen des Kessels mit zunehmender Temperatur die expulsierte Wassermasse größer wird und über das Signalrohr hinaus steigt, so vermindert sich gleichzeitig der genau bemessene Luftraum über dem Wasserspiegel im Gefäß und (nach dem Mariotte'schen Gesetz) nimmt die Spannung zu. Übersteigt sie aber den Druck von $2^1/_2$ Atmosphären, so wird das Belastungsgewicht im Ventilkasten gehoben und es strömt Wasser aus. Bei eintretender Abkühlung des Systemes tritt der umgekehrte Fall ein, das expulsierte Wasser tritt in die Leitung zurück und der Zeiger des Manometers sinkt auf den ersten Teilpunkt der Skala. — Damit beim Füllen des Systemes die in den Heizkörpern eingeschlossene Luft entweichen könne, ist vom Deckel des Expansionsgefäßes ein Luftrohr c abgeleitet, dessen Hahn d beim Füllen offen zu halten ist. Wenn der Hahn ganz fortfällt, ist das System ein offenes und kann die Expansionsvorrichtung auch für Niederdruckheizung benutzt werden.

Anlagekosten der Warmwasserheizungen.

Für die neue Realschule zu Darmstadt betrugen:

A. Die Gesamtkosten der Warmwasserheizung mit Mitteldruck bei 7165 cbm Heizraum . 32970 Mk., hiervon kommen auf:

4 Röhrenkessel (Patent Heine) nebst Montage	4790 Mk.,
Röhrenleitung mit Montage . . .	8690 „
Heizkörper nebst Zubehör	17250 „
Insgemein	2240 „

zusammen wie oben (32970 Mk.),

so daß auf 100 cbm Heizraum an Anlagekosten entfallen: 460 Mk. oder auf:

1 cbm Heizraum 4,6 Mk. Anlagekosten,

nämlich spezialisiert: 0,67 Mk. für Röhrenkessel,
1,20 „ „ Röhrenleitung,
2,40 „ „ Heizkörper,
0,33 „ „ Diverse,

wie oben 4,60 Mk. pro 1 cbm Heizraum.

Dividiert man die Gesamtkosten durch den Bodenflächenraum der geheizten Lokale, so entfallen auf den Quadratmeter Fußbodenfläche 19 Mk. Anlagekosten.

B. Das Ventilationsquantum beträgt 11400 cbm pro Stunde. Die Kosten der Ventilationseinrichtung betrugen 11250 Mk., nämlich:

Für 1550 m Perkinsrohr mit Montage 6890 Mk.,
„ die Regulierungsvorrichtungen . . 4360 „

Summa wie oben.

Jeder Kubikmeter erforderte demnach:

$$\frac{11250}{11400} = 0{,}98 \text{ Mk. Anlagekosten.}$$

C. Die Pumpenanlage kostete 580,00 Mk.,
oder pro Kubikmeter Heizraum . . . 0,08 „

Hiernach betragen für 1 cbm Heizraum die Anlagekosten:

a) der Warmwasser-Mitteldruckheizung 4,60 Mk.
b) der Ventilation . . . . . 0,98 „
c) der Pumpenanlage . . . . . 0,08 „
zusammen 5,66 Mk.

Anm. Die Aula ist nicht mit Centralheizung versehen.

Die von C. Heckmann für das Berliner Rathaus ausgeführte Warmwasserheizung mit Kupferröhren hat nachstehende Leistung zu erfüllen:

Es sind zu erwärmen:
12188 cbm Korridor- und Treppenraum auf 10° C.;
11875 „ Vorsäle, Garderoben u. s. w. auf 15° C.;
59380 „ Säle, Bureauräume auf 20° C.

Im Durchschnitt kostete die Anlage pro Kubikmeter Heizraum . . . . . 5,04 Mk.

Im Gebäude des statistischen Bureaus zu Berlin erreichten die Anlagekosten der von der Firma Schäffer & Walker eingerichteten Warmwasserheizung ebenfalls pro Kubikmeter die Summe von . . . . . 5,04 Mk.

Im Wilhelms-Gymnasium daselbst bei **eiserner** Röhrenleitung pro Quadratmeter nur . . . 4,45 Mk.

Anm. Für kleinere Landhäuser, Villen u. s. w. stellen sich die Kosten der Warmwasserheizung mit kupfernen Leitungen und eisernen Öfen nach C. Heckmann pro Kubikmeter bis . . . . 8,50 Mk.

§ 58.

III. Auf Tafel 41 geben wir endlich die Anlage einer Heißwasser-Mitteldruckheizung für das Wohnhaus des Herrn **v. Maya** zu Lipnik in Österreichisch-Schlesien, ausgeführt durch die Firma **J. L. Bacon** in Berlin.

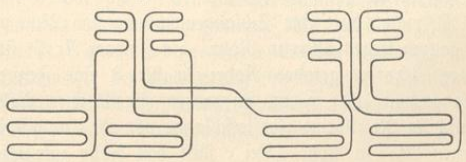
Das Gebäude ist von allen Seiten freistehend und enthält im Erdgeschoß die Küche, Raum für Dienerschaft und zehn heizbare Piecen. Das Erdgeschoß hat eine lichte Höhe von 4,8 m, der Salon (Nr. 4) von 4,87 m.

Die Leitungsröhren sind, wo immer angänglich, zur Erwärmung des Korridors verwendet, d. h. diese Rohrstrecken liegen im Fußboden und sind mit Platten abgedeckt. Es sind hiernach die toten Rohre nach Möglichkeit vermieden. Ins Freie führen drei Thüren (aus den Zimmern 1, 4 und 10), die im Fußboden liegenden Rohre sind an diesen Thürübergängen „verpackt", um das Einfrieren zu verhindern. Sonstige Thürübergänge im Inneren wurden in der früher beschriebenen Weise hergerichtet und zur Transmission verwendet. Zur Wärmeabgabe dienen außer den Rohren cylindrische Spiralen in den Fensterbrüstungen. Der Heizofen liegt im Kellergeschoß und ist die dafür gewählte Stelle im Grundriß angedeutet. Alle im Fußboden liegenden Rohre sind punktiert.

Die Heizanlage setzt sich aus vier Systemen zusammen, welche durch verschiedene Farben markiert zu denken sind. Die Systeme sind „gekuppelt", und zwar so, daß je zwei Systeme eine gemeinsame Feuerschlange haben.[1]) Der Ofen enthält also zwei Feuerschlangen zu zwei Systemen und ist konstruiert wie der in Fig. 183 u. 184 dargestellte Ofen. Der Schnitt nach a—b auf Tafel 37 wird in Verbindung mit den eben genannten Figuren die Kuppelung verständlich machen. Vom höchsten Punkt der links liegenden Feuerschlange gehen die beiden Steigerohre des III. und IV. Systemes ab, und von der rechts liegenden die Steigerohre des I. und II. Systemes. — Die Stränge nehmen ihren Weg durch die betreffenden Zimmer, aber nur das Rücklaufrohr des Systemes III kehrt zu dem Fußpunkt der ersten Feuerschlange zurück; an dessen Stelle ist das Retourrohr des I. Systemes mit der Schlange verbunden, während das Rücklaufrohr von System IV in die zweite (rechtsliegende) Feuerschlange zurückkehrt. Auf solche Weise sind (vergl. Fig. 205) kombiniert: 1) die beiden Systeme jeder Feuerschlange unter sich, und 2) auch je zwei Systeme verschiedener Feuerschlangen; die vier Systeme bilden hiernach eine zusammenhängende Rundleitung, welche von einer Pumpvorrichtung gespeist und von einem Roste aus geheizt wird.

Fig. 205.

Ideale Cirkulation der vier Systeme.



Die Dimensionen der Feuerschlangen sind folgende: der lichte Hohlraum jeder Schlange ist 1,57 m lang und 0,23 m breit, also der äußere Durchmesser der Schmalseiten = 30 cm. Die Schlange enthält zwölf Windungen und versorgt, wie schon erwähnt wurde, zwei Systeme mit Circulationswasser.

Der zu heizende Raum beträgt 1250 cbm.

1) Die Windungen der beiden Rohre, aus denen sich jede Feuerschlange zusammensetzt, liegen im Ofen alternierend übereinander, weil sie gemeinschaftlich zur Spirale gewunden sind. Zum leichteren Verständnis der Systemkuppelung sind dieselben jedoch in vorstehender Skizze, Fig. 205, auseinandergezogen dargestellt. Dem aufmerksamen Leser wird diese Abweichung von der Wirklichkeit schon durch Betrachtung der Fig. 183 u. 184 klar geworden sein.

Gang der Cirkulation.

System I steigt bei a zum Fußboden des Erdgeschosses auf, geht durch Zimmer Nr. 10 über den Korridor, im Fußboden nach Nr. 1, woselbst zwei Fensterschlangen, à 16,48 m und im ganzen 64,65 m Transmissionsrohr verlegt sind. Aus Nr. 1 geht das System auf demselben Wege zurück nach Nr. 10; hier liegen 24,8 m Transmissionsrohr. Es fällt bei a zum Ofen zurück.

System II steigt ebenfalls bei a, geht nach Nr. 10, durch Nr. 10 über den Korridor nach Nr. 4, Nr. 3, Nr. 2. In Nr. 2 bildet das Rohr eine Fensterschlange von 8,79 m und im ganzen 15,38 m Rohr. In Nr. 3 eine Fensterschlange von 9,42 m und im ganzen 16,01 m. In Nr. 4 liegen 30,76 m gerades Rohr. Von hier geht das System auf demselben Wege nach Nr. 10 zurück, bildet eine Fensterschlange von 27,93 m und im ganzen 41,74 m und fällt bei a zum Ofen hinab.

System III geht bis b an der Kellerdecke entlang, steigt dann bei b nach Nr. 5 auf, geht nach Nr. 4, macht in Nr. 4 eine Fensterschlange von 30,76 m mit Absperrhahn (15 m können abgesperrt werden) und im ganzen 35,47 m. Von Nr. 4 läuft das System nach Nr. 5, Nr. 6 und Nr. 7; Nr. 7 enthält eine Fensterschlange von 22,6 m und im ganzen 25,99 m Rohr; Nr. 6 erhält eine Fensterschlange von 12,24 m und im ganzen 18,83 m Rohr; Nr. 5 nur 17,89 m gerades Rohr. Bei b fällt das System nach dem Souterrain hinab und geht an der Kellerdecke zum Ofen zurück.

System IV steigt bei c zum Erdgeschoß auf, geht auf kurzem Wege durch Zimmer Nr. 9 und Nr. 8 nach Nr. 7, macht dort eine Schlangenwindung von 28,87 m; im ganzen liegen 33,37 m Rohr. In Zimmer Nr. 7ª sind verlegt 10,67 m gerades Rohr; in Nr. 8 eine Fensterschlange von 18,52 m und im ganzen von 41,43 m Rohr; endlich in Nr. 9 eine Fensterschlange von 20,4 m mit im ganzen 30,13 m Rohr. Bei c fällt das Rohr zum Ofen zurück.

Anm. Die Berechnung vorstehender Heizanlage und eine tabellarische Übersicht der verwendeten Rohrlängen findet man in § 60 zusammengestellt.

Rohrverbrauch und Anlagekosten der Heißwasserheizungen.

I. Für die vorgenannte Villa zu Lipnik stellte sich, nach Angabe der Firma J. L. Bacon, der Gesamtrohrverbrauch bei der Ausführung wie folgt: Es waren erforderlich:

430,5 m Heizrohr	oder 72,7	}	Prozent der ganzen Rohrlänge.
68,5 m Verbindungen und Wanddurchgänge	„ 11,9		
80,0 m Feuerschlangen	„ 13,4		
12,0 Durchpumprohre, Ventilkasten-Verbindungen u. s. w.	„ 2,0		

Der zu heizende Raum beträgt 1250 cbm, so daß auf jeden Kubikmeter Heizraum im vorliegenden Falle 0,34 m Heizrohr entfallen.

Die Anlagekosten betrugen rund . . . 4000 Mk.
und verteilen sich wie folgt:

Rohre, Muffen, ┬Stücke und Montage . .	2810 Mk.
Ofenarmatur, Expansionsapparat, Thermometer und sämtliche Rohrhalter	515 „
Rohrverkleidungen, Fensterpanneau	675 „
Summe wie oben.	

Jeder Kubikmeter Heizraum erforderte daher 3,20 Mk. Anlagekosten.

Anm. Für Gebäude von größerer Ausdehnung und bei Anlage von mehr als einer Etage stellt sich das Verhältnis erheblich günstiger, weil mit der Druckhöhe die Cirkulationsgeschwindigkeit wächst und mit steigender Initialtemperatur des Wassers auch die Systemlänge vergrößert werden kann.

II. Als derartiges Beispiel ist die von derselben Firma ausgeführte Heizanlage im Gymnasium zu Neustadt-Dresden zu nennen, eine Hochdruckheizung mit starker Ventilation. Nach authentischen Angaben des ausführenden Baumeisters entfallen hierbei auf 1 cbm Heizraum 0,30 laufende Meter Heizrohr.

Die Anlagekosten pro 1 cbm Heizraum betrugen nur 2,6 Mk., nämlich für 8076 cbm Heizraum nebst Gittern und Ofenmauerung . . . . . 21000 Mk.

Aufwand an Brennmaterial.

Derselbe betrug pro Jahr. . . . . 1800,00 Mk.
oder für jeden Kubikmeter jährlich Heizraum 0,23 „

III. Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim, ausgeführt von der Firma Ahl & Poensgen zu Düsseldorf.[1]) Die zu erwärmenden Räume bestehen in 18 Klassenzimmern, dem Zimmer für physikalische Vorträge, einem Zeichensaal, der Bibliothek, dem Konferenz- und Direktorzimmer, zwei Lehrerzimmern und der Aula mit zusammen 6737,1 cbm zu beheizendem Luftraum. Die Ausdehnung und symmetrische Grundrißanlage des Gebäudes gab Veranlassung, die Heizöfen in zwei getrennten Gruppen anzulegen, von denen jede Gruppe wieder in drei getrennten Systemen, entsprechend den drei Geschossen, untergebracht ist. Jedes Geschoß kann unabhängig von den anderen geheizt werden.

Beide Herde enthalten schmale Spiralkammern, ähnlich den Öfen nach Haag'schem Systeme. Die Verteilung der Rohrleitungen und der durch die sechs Systeme zu erwärmenden Lufträume ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

1) Nach Mitteilungen von F. Fischer in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover. Jahrg. 1870.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gruppe	System für das	Heizraum cbm	Transmissionsröhren m	Tote Röhren m	Ofenmontierung m	Ofenspiralen m	Expansions- und Pumpenröhren m
westlich	1. Geschoß	526,3	94,1	9,06	14,0	29,24	
„	2. „	1089,9	193,6	29,09	12,1	47,16	
„	3. „	1665,9	260,0	21,05	11,4	52,63	19,7
östlich	1. „	600,6	105,0	9,06	14,0	29,24	6,8
„	2. „	1093,2	195,6	29,60	12,1	47,16	
„	3. „	1761,2	270,1	20,10	11,4	52,63	
	Summa	6737,1	1118,4	117,96	75,0	258,06	26,5

Es beträgt also:

Die Länge der Heizröhren . . .	1118,4 m	oder 70,1 %	der gesamten Rohrlänge.
der toten Röhren	118,0 „	„ 7,4 „	
Herdmontierung	75,0 „	„ 4,7 „	
Herdspiralen	258,1 „	„ 16,2 „	
Expansions- und Pumpenröhren .	26,5 „	„ 1,7 „	
	1596,0 m		

Hiernach kommen auf 1 cbm Heizraum 0,18 m Heizrohr und mit Einschluß der Herdmontierung u. s. w. 0,24 m Rohr.

Die Anlagekosten der Heißwasserheizung betrugen im ganzen . . . . . 20173 Mk.,

oder pro Kubikmeter $\frac{20173}{6737,1}$ = rot. 3 Mk.[1])

Für Ventilationseinrichtungen sind verausgabt . . . . . 1830 Mk.

§ 59.

Berechnung der Wasserheizungen.

Soll die Erwärmung einer bestimmten Anzahl von Räumen oder eines ganzen Gebäudes mittels der Wasser-Cirkulationsheizung erfolgen, so muß nach Anleitung des § 47 zunächst die Ermittelung des Maximal-Wärmebedarfes dieser Räume vorangehen. Es ist demnach der stündliche Wärmeverlust durch Transmission — und wo Zuführung frischer Luft beabsichtigt ist, auch derjenige durch Ventilation — für jeden Raum gesondert aufzustellen, wobei sich tabellarische Anordnung unter Benutzung der früher ermittelten Transmissions-Koeffizienten empfieht. Für die Bestimmung der Temperaturdifferenz T—t ist die verlangte Innentemperatur und die stärkste Winterkälte, wie solche der geographischen Lage des Ortes entspricht, maßgebend.

Das hier folgende Beispiel betrifft die durch **Franz San Galli** in Petersburg ausgeführte Beheizung eines Flügels des Wohnhauses des Herrn Poehl daselbst.[1]) Für die Berechnung wurde eine Maximalkälte von — 37° C. und eine Innentemperatur von + 18° C. zu Grunde gelegt; danach ist T—t = 55°. Die Wärmeverluste der Hauptetage des genannten Gebäudes finden sich in Spalte 1 und 2 der auf Seite 158 gegebenen Tabelle zusammengestellt.[2])

Die Wärmeabgabe wird nicht durch Wasseröfen bewirkt, sondern von einem kontinuierlich fortlaufenden Rohre, welches durch das ganze Gebäude — meist an den Fronten entlang — geführt und dessen Querschnitt nach den unten folgenden Rechnungen bestimmt ist. Demnach ist die Rohrlänge durch die Breite und Lage der Zimmer bedingt. Aber nur in seltenen Fällen wird die dadurch gewonnene Oberfläche genügen, um den Bedarf an Wärme zu decken: es muß also ein Heizkörper eingeschaltet werden, welcher das noch fehlende Wärmequantum ersetzt und diese Funktion wird durch sogenannte „Batterien" (Fig. 172) bewirkt. Dies sind gegossene Röhren von dem lichten Durchmesser der Rohrleitung (63 mm), welche mit einer Anzahl (20 bis 70) dünnen Flanschen versehen sind. Das Prinzip dieser Methode ist bereits in § 51 besprochen worden.

Als Wärmerecipient ist im Keller ein einfacher Kessel a (Fig. 206) aufgestellt. Das zur Erwärmung der drei Etagen erforderliche Wasserquantum wird diesen wie gewöhnlich durch das Steigerohr b_0, welches 76 mm lichten Durchmesser erhält, zugeführt. Abweichend von der gewöhnlichen Methode findet die Abzweigung der Etagenleitungen b b′ b″ direkt vom Steigerohr aus statt. Mittels der separaten Fallrohre c c′ c″ wird das Wasser endlich nach dem Souterrain zurück in den Kessel geleitet. An

1) Der Kohlenverbrauch pro Tag betrug bei der Probeheizung für beide Öfen 350 kg Steinkohlen.

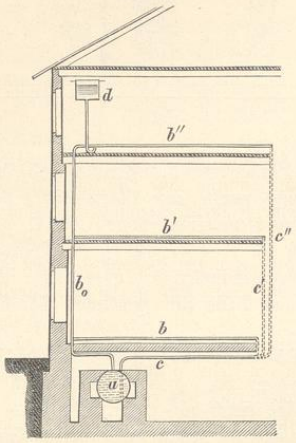
1) Mitgeteilt in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Jahrg. XVI, S. 241, vergl. auch Tafel 10 daselbst.

2) Auf Ventilation der Räume ist dabei nicht Rücksicht genommen, doch dürfte der Apparat bei den hohen Transmissionsziffern auch dieses Luftquantum unter gewöhnlichen Verhältnissen zu erwärmen im stande sein.

den höchsten Stellen der Rohrleitung sind kleine Hähne angebracht, um die angesammelte Luft ablassen zu können.

Das Auf- und Nachfüllen von Wasser geschieht von dem offenen Ausdehnungsreservoir d aus, welches im Dachgeschoß, 12 m hoch über dem Kessel, angebracht ist. Dieser Wassersäule entspricht ein Überdruck von 1,16 Atmosphären:

Fig. 206.



die Dampfbildung wird daher nicht bei 100° C., sondern etwa erst bei 123° eintreten, und kann demnach unbedenklich eine Erhitzung des Wassers bis 100° erfolgen.

Erfahrungsmäßig gelangt das Wasser nach dem Ausdehnungsreservoir mit 70° C., die mittlere Temperatur im Steigerohr ist also

$$T = \frac{100 + 70}{2} = 85,$$

und wenn man die Temperatur beim Wiedereintritt in den Kessel = 50° setzt, so findet man als Temperatur im Rücklaufrohr

$$t = \frac{70 + 50}{2} = 60.$$

Um die Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers im Heizsystem zu ermitteln, benutzen wir die Formel von Péclet

$$v = \sqrt{\frac{2gh \cdot 0{,}0005\,(T-t)}{2\,(1{,}0086 - 0{,}0005\,t)\,(1+R)}} \quad \ldots \quad (1)$$

Darin ist:

$2g = 19{,}618$;

h die Wassersäule von der Kesselmitte bis zur höchsten Stelle des Systemes;

T die mittlere Temperatur im Steigerohr = 85°;

t „ „ „ „ Rücklaufrohr = 60°;

R die Summe der Hindernisse, welche sich der Wasserbewegung entgegenstellen.

Zur Bestimmung von R kann man die Formeln von Weißbach und Zeuner benutzen. Danach ist:

$$R = \zeta_0 + \zeta\left(\frac{l_1}{d_1} + \frac{l_{''}}{d_{''}}\right) + \zeta_1 n_1 + \zeta_2 n_2 + (1+n_3)\cdot\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2 \quad \ldots \quad (2)$$

In dieser Formel bezeichnet:

l_1 und $l_{''}$ die Länge des Rohres vom Durchmesser d_1 und $d_{''}$;

ζ_0 den Ausfluß-Koeffizienten aus dem Kessel in die Rohre = 0,505;

ζ den Koeffizienten für die Reibung des Wassers[1]) in den Röhren;

ζ_1 den Widerstand in den abgerundeten Knieen = 0,294;

n_1 die Anzahl der Kniee (Bogen) in der Leitung;

ζ_2 den Widerstand in den scharfen Knieen = 0,485;

n_2 die Anzahl dieser scharfen Biegungen;

n_3 die Anzahl der Rohrverengungen;

α das Verhältnis des Rohrdurchmessers beim Übergang vom Querschnitt F zum Querschnitt f.

Die zu erwärmende Hauptetage enthält einschließlich zweier, mit direktem Licht versehener Korridore 13 Piecen; das durchgehende Transmissionsrohr hat einschließlich der Zu- und Rückleitung zum Kessel 84 m Länge bei 63 mm lichtem Durchmesser.

Das Steigerohr ist bis zur Abzweigung 3,81 m lang bei 76 mm lichtem Durchmesser.

Hiernach ist:

$$\frac{l_1}{d_1} = \frac{3{,}81}{0{,}076} = 50{,}13; \quad \frac{d_{''}}{l_{''}} = \frac{84}{0{,}063} = 1333;$$

n_1 die Anzahl der abgerundeten Bogen ist = 15;

n_2 „ „ „ scharfen Biegungen . = 1;

n_3 „ „ „ Verengungen . . . = 1.

Werden diese Werthe in (2) substituiert, so entsteht:

$$R = 0{,}505 + 0{,}052\,(50{,}13 + 1333) + 0{,}294 \cdot 15 + 0{,}485 + (1+1)\cdot\left(\frac{0{,}013}{0{,}076}\right)^2 = 77{,}384.$$

Setzt man endlich in Formel (1) die zugehörigen Werte ein, so erhält man als Ausdruck der Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers in der Hauptetage:

$$v = \sqrt{\frac{0{,}0005 \cdot 19{,}62 \cdot 3{,}81\,(85-60)}{2\,(1{,}0086 - 0{,}0005 \cdot 60)\cdot(1+77{,}38)}} = \sqrt{\frac{0{,}934}{153{,}40}} = 0{,}078 \text{ m}$$

pro Sekunde oder v = 4,68 m pro Minute. Demnach ist die stündliche Cirkulationsgeschwindigkeit = 280,8 m;

d der Durchmesser des Cirkulationsrohres ist = 0,063 m;

f der Querschnitt desselben . . . . . = 0,003117 qm.

Nun cirkulieren stündlich durch das System:

$Q = 280{,}8 \cdot 0{,}003117 = 0{,}875$ cbm oder **875 Liter Wasser.**

Jedes Liter Wasser wiegt ein Kilogramm und giebt für jeden Grad Temperaturdifferenz eine Wärmeeinheit ab;

1) Derselbe ist verschieden für verschiedene Geschwindigkeiten des Wassers und beträgt nach Weißbach

für	0,03	0,065	0,094	0,126	0,150 m Geschwindigkeit.
ζ =	0,0679	0,0522	0,0453	0,0383	0,0362.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das Cirkulationswasser des Systemes I giebt also stündlich ab:

$$875\ (85—60) = 21\,875\ \text{W.-Einh.}$$

System I hat Wärmeverluste in 13 Räumen 19401 W.-Einh.
Durch Kachelofenheizung im Saal werden produziert . . . . . 2248 „
Es bleiben zu erzeugen nur . . . . 17153 W.-Einh.
Die Annahme 63 mm weiter Rohre wird also dem Bedürfnis vollkommen entsprechen.

II. Für das Obergeschoß werden verlangt: 8275 W.-Einh.
III. „ „ Souterrain „ „ 10856 „

Auch diesem Bedürfnis wird durch 63 mm weite Rohre vollkommen genügt, denn die diesen Systemen entsprechenden Geschwindigkeiten und Volumina sind:

$$v = 152\ \text{m und } Q = 481\ \text{l}.$$

I. System. Hauptetage von 13 Zimmern. (Hierzu die Tabelle auf Seite 158.)

Zimmer Nr. 1.

Das Wasser kommt mit 100° vom Kessel, steigt zum Parterre hinauf und gelangt sogleich nach Zimmer Nr. 1 mit der Temperatur von 95,72° C. Hier sollen stündlich abgegeben werden 1446 W.-Einh.; es sind dem Wasser also zu entziehen

$$\frac{1446}{875} = 1{,}76^{\circ}\ \text{C}.$$

Das Wasser verläßt den Raum mit $95{,}72—1{,}85 = 93{,}76°$, so daß die Mitteltemperatur des Heizwassers in Zimmer Nr. 1

$$\frac{95{,}72 + 93{,}87}{2} = 94{,}8^{\circ}\ \text{C. rot.}$$

Die Zimmertemperatur t ist = 18°, hiernach T—t, d. h. die nutzbare Temperaturdifferenz $= 94{,}8—18 = 76{,}8°$ C.

Die Länge des im Zimmer unterzubringenden Transmissionsrohres ist bekannt, daher auch die Heizoberfläche; die Transmission der 63 mm weiten Rohre ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Wärmeabgabe von einem Quadratmeter Rohroberfläche bei 1° C. Temperaturdifferenz in Wärmeeinheiten.

Innerer Rohrdurchmesser in Millimetern	51	63	76	102	127	152
Gußeisernes horizontales Rohr . . .	—	—	7,87	7,65	7,43	7,21
Schmiedeeisernes horizontales Rohr .	8,26	8,09	7,93	7,75	7,65	7,35
Vertikale Rohroberfläche	8,74	8,61	8,49	8,43	8,35	8,30

Die Heizoberfläche der 63 mm weiten schmiedeeisernen Rohre beträgt bei 3 mm Wanddicke pro lfd. Meter 0,2167 qm; ein laufendes Meter Rohr transmittiert also stündlich für 1° Temperaturdifferenz

$$8{,}09 \times 0{,}2167 = 1{,}76\ \text{W.-Einh.}$$

Die im Zimmer Nr. 1 liegenden 4,27 m Rohr transmittieren

$$4{,}27 \times 1{,}728 = 7{,}51\ \text{W.-Einh.}$$

und für die nutzbare Temperaturdifferenz von 76,8° C.

$$76{,}8 \times 7{,}51 = 576\ \text{W.-Einh. stündlich.}$$

Der stündliche Wärmebedarf von Zimmer Nr. 1 beträgt (laut Tabelle III) 1446 W.-Einh., so daß noch zu erzeugen sind: 870 W.-Einh.[1])

Anm. Im vorliegenden Falle kamen Batterien mit quadratischen Flanschen zur Verwendung. Bei 152 mm Seite- und 6 mm Gußstärke enthält jeder Flansch 0,039 qm Oberfläche und 1 qm Batteriefläche transmittiert stündlich (nach F. Meyer) 6,55 W.-Einh. für 1° Temperaturdifferenz. Bei 76,8° C. nutzbarer Temperaturdifferenz liefert jeder Batterieflansch

$$76{,}8 \times 0{,}039 \times 6{,}55 = 19{,}5\ \text{W.-Einh.}$$

Demnach wird der Wärmebedarf gedeckt durch $\frac{870—405}{19{,}5} = \frac{465}{19{,}5} = 24$ Flanschen. In der Ausführung sind 50 Stück angeordnet worden.

In ähnlicher Weise bestimmt sich die Heizoberfläche für jedes folgende Zimmer.

Zimmer Nr. 2.

Wärmebedarf laut Tabelle III . . . . 2130 W.-Einh.
Initialtemperatur des Wassers . . . . . 93,76° C.
Dem Wasser werden entzogen $\frac{2130}{875} = . . .$ 2,43° C.
Endtemperatur des Wassers $93{,}76—2{,}43 = .$ 91,33° C.
Mitteltemperatur . . . . . 92,54° C.
Nutzbare Temperaturdifferenz = rot. 74,50° C.
Verwendbare Rohrlänge 9,75 m.
Rohrtransmission $1{,}728 \times 9{,}75 \times 74{,}50 = 1255$ W.-Einh.
Es bleiben noch zu transmittieren:
$2130—1255 = 875$ „
Bei 74,5° nutzbarer Temperaturdifferenz liefert jeder Batterieflansch $74{,}5 \times 0{,}255 = 19$ W.-Einh. rot., demgemäß sind erforderlich $\frac{875}{19} = 46$ Flanschen.

Ein übersichtliches Bild der Temperaturverhältnisse und des Heizvorganges liefert die Tabelle auf Seite 158. Die Zahlen der Spalte 7 werden erhalten, indem man die betreffende Rohrlänge (Spalte 6) mit dem Wärmedurchgangs-Koeffizienten 1,76, und das entstandene Produkt mit der nutzbaren Temperaturdifferenz multipliziert.

1) Das Rücklaufrohr in Zimmer Nr. 1 liefert bei 4,5 m Länge und 52,13° nutzbarer Temperaturdifferenz 405 W.-Einh., so daß nur zu decken bleiben 475 W.-Einheiten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In gleicher Weise sind auch die Systeme II und III durch Rechnung festgestellt. Von dem Nachweis kann hier füglich Abstand genommen werden.

Anm. In ähnlicher Art würde die Rechnung zu führen sein, wenn Cylinderöfen an Stelle der Batterien zur Erwärmung der Räume benutzt werden sollten.

Der Transmissions-Koeffizient glatter vertikaler Cylinderofenflächen kann im Durchschnitt = 8,00 W.-Einh. für 1° Temperaturdifferenz angenommen werden. Die Temperatur des Wassers in den Öfen wechselt nun zwar mit der Entfernung des Heizkörpers vom Kessel, wird aber — unter gewöhnlichen Verhältnissen — zwischen der Mitteltemperatur des Steigerohres und Rücklaufrohres, d. h. zwischen 82,5° und 60° C. liegen und daher im Durchschnitt 70° erreichen. Danach ergiebt sich bei 20° Zimmerwärme eine nutzbare Temperaturdifferenz von 50° C. und darf die stündliche Transmission eines Quadratmeters glatte unbekleidete Warmwasserniederdruckheizfläche zu 8 × 50 = 400 W.-Einh. angenommen werden.

Auf Seite 133 sind die Heizflächen einiger gangbaren Formen von Cylinderöfen aus der Fabrik der Berliner Aktien-Gesellschaft für Centralheizungs-Anlagen u. s. w. zusammengestellt, welche als Hilfsmittel zur Bestimmung von Ofendimensionen benutzt werden können.

Übersicht der Wassertemperaturen und der Wärmeproduktion einer Heizanlage in St. Petersburg.

Nr. des Zimmers	Benennung der geheizten Räume	Maximal-Wärmeverlust in W.-Einh.	Temperatur des Wassers im Rohr beim Eintritt ins Zimmer Grad C.	Temperatur des Wassers im Rohr beim Austritt aus dem Zimmer Grad C.	Mitteltemperatur des Wassers Grad C.	Nutzbare Temperaturdifferenz Grad C.	Länge des Rohres im Zimmer m	Wärmeproduktion durch Rohre W.-Einh.	Wärmeproduktion durch Batterien W.-Einh.	Anzahl der Batterieflanschen berechnet	Anzahl der Batterieflanschen ausgeführt
1	Entree	1446	95,72	93,87	94,80	76,80	4,27	566	880	—	—
2	Kabinett	2130	93,87	91,12	92,50	74,50	9,75	1255	895	46	50
3	Gesellschaftszimmer	1367	91,12	89,36	90,24	72,24	3,66	456	911	48	50
4	Desgleichen	1938	89,36	86,86	88,11	70,11	6,10	739	1199	67	70
5	Kabinett	1218	86,86	85,29	86,07	68,07	4,27	502	716	42	50
6	Kinderstube	575	85,29	84,55	84,92	66,92	2,20	255	320	18	20
7	Desgleichen	1576	84,55	82,52	83,53	65,53	5,03	570	1006	60	60
8	Zimmer der Gouvernante	575	82,52	81,78	82,65	64,65	2,20	246	329	20	20
9	Unterrichtszimmer	1505	81,78	79,84	80,81	62,81	4,87	330	1175	73	80
10	Salon	2834	79,84	76,16	78,00	60,00	5,64	586	(2248)	Kachelofen	
11	Korridor	1865	76,17	73,77	74,95	56,97	14,80	1458	407	33	40
12	Vorzimmer zu Nr. 5	795	73,77	72,75	73,26	55,23	4,27	405	390	28	30
13	Korridor	1577	72,75	70,72	71,73	53,73	7,92	735	842	55	60
1	Entree (Rücklaufrohr)	—	70,72	69,54	70,13	52,13	4,50	405	475	33	60
		19401					79,48	8508	11793		

Bestimmung der Kesselfläche.

Der Gesamtwärmebedarf der drei Geschosse beziffert sich nach dem Vorstehenden auf:

$$19401 + 8275 \times 10856 = 39532 \text{ W.-Einh. stündlich.}$$

Ein Quadratmeter feuerberührte Kesselfläche liefert stündlich 8250—11000 W.-Einh. Rechnet man im Mittel 10000 W.-Einh., so ist erforderlich eine feuerberührte Fläche

$$F = 3{,}85 \text{ qm.}$$

Da man bei derartigen Anlagen $^2/_3$ der gesamten Kesselfläche als Heizfläche rechnet, so ergiebt sich ein Kessel von

$$5{,}77 \text{ qm}$$

Oberfläche. Der vorhandene Kessel hat 0,91 m Durchmesser und 2,74 m Länge, also 9,20 qm Oberfläche und ist demnach für alle Fälle ausreichend zur Wärmeproduktion.

Zum Schluß erübrigt noch die Größe des Expansionsreservoirs zu berechnen. Das unterzubringende Wasservolumen ist gegeben in der Differenz zwischen dem Volumen des gesamten Cirkulationswassers bei 20° und bei 100°.

Setzt man nun das Volumen bei der großen Dichtigkeit = 1, so ist nach Desprez das Volumen

bei + 20° = 1,00179,
„ + 80° = 1,02885,
„ + 100° = 1,04316.

Der Wasserinhalt des Kessels beträgt . . 1800 l
„ „ der Rohre „ . . 510 „

In den Rohren herrscht eine Mitteltemperatur von 80 bis 82° C. und im Kessel die Temperatur von 100° C. Nun sind:

1800 l Wasser bei 20° = 1803 l; bei 100° = 1877 l
510 „ „ „ 20° = 511 „ „ 80° = 514 „
2310 l Wasser bei 20° = 2314 l. 2391 l.

Der Differenz von 77 l ist im Expansionsreservoir Raum zu geben.

In der Ausführung hat dasselbe folgende Abmessungen erhalten:

$$0{,}61 \times 0{,}61 \times 0{,}46 = 171 \text{ l.}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 60.

Berechnung der Heißwasserheizungsanlage in der Villa des Herrn v. Maya zu Lipnik.

(Dargestellt auf Taf. 41.)

Wie der Wärmebedarf jedes einzelnen Raumes zu bestimmen sei, ist in § 47 ausführlich angegeben. Die Resultate solcher Rechnung sind in Tabelle I und II Seite 118 bis 120 niedergelegt unter Annahme einer Maximal-Temperaturdifferenz von 40° C., welche auch für das hier in Betracht kommende, und auf Tafel 41 im Grundriß dargestellte Gebäude zu Grunde zu legen ist.

Die Summe der in den zehn Wohnzimmern der Parterreetage zu verteilenden Wärmemengen ist in Spalte 3 der Übersicht auf Seite 161 enthalten und berechnet sich also:

39 926 W.-Einh. für die Wohnräume und
3 124 „ „ den inneren Korridor,
zusammen 43 050 W.-Einh.

Die Rohrlänge wird nun derart zu bestimmen sein, daß diesem Maximalwärmebedarf genügt werden kann unter Beobachtung der üblichen Wassertemperaturen.

Für Heißwasser-Mitteldruckheizung ist gewöhnlich:

t″ die Initialtemperatur des Wassers im Steigerohr beim Eintritt ins Zimmer . . . . 150° C.

t′ die Temperatur, mit welcher das Wasser zum Ofen zurückkehrt . . . . . 60° C.

Die Temperaturdifferenz $t'' - t' = 90°$ wird in zehngradige Intervalle geteilt und für jedes Temperaturintervall der entsprechende Transmissions-Koeffizient des Perkinsrohres für die Differenz T—t berechnet.

T die Temperatur des Rohres wechselt, wie bemerkt, zwischen 150° und 60° C.

t die Temperatur der Zimmerluft ist konstant und = 20° C.

Nach Anleitung des § 14 (Anwendung der Formeln) bestimmt sich nun die Wärmeemission eines 34 mm weiten horizontalen Rohres nach Formel 4) desselben Paragraphen mittels der Gleichung

$$W = S K + L K'.$$

Anm. Der Wert von K ist aus Tabelle I, derjenige von K′ aus Tabelle V des § 14 zu entnehmen. Für S und L sind die Zahlenwerte, welche der Temperaturdifferenz $T - t = \Theta$ entsprechen, in Tabelle VII zu suchen. — Da die Temperatur des Raumes nicht 15°, sondern 20° C. beträgt, so ist der Wert von S mit dem Korrektionsfaktor 1,04 zu multiplizieren. Für den Temperaturintervall $\Theta = 150 - 20 = 130°$ C. ist $S = 239{,}3$ und $L = 223{,}1$ und demnach die Transmission:

$W = 248{,}9 \times 3{,}36 + 223{,}1 \times 3{,}149 = 1565{,}8$ W.-Einh. pro qm,
oder $1565{,}8 \times 0{,}1099 = 172{,}08$ W.-Einh. pro lfd. Meter.

Zur Erleichterung der Rohrverteilung dient nachstehende, vom Verfasser berechnete Tabelle, und zwar enthält die Spalte 4 dieser Tabelle die Transmission eines laufenden Meter Perkinsrohr von 34 mm Durchmesser bei Wassertemperaturen von 60—200° C. nach Intervallen von 10° geordnet. Für dazwischen liegende Temperaturgrade ist der mittlere Transmissions-Koeffizient k^m (Kolumne 5) in Ansatz zu bringen, welcher das arithmetische Mittel aus den benachbarten Werten der Kolumne 4 bildet. — Endlich sind in Spalte 6 die Summen der mittleren Transmissions-Koeffizienten für 14 Temperaturintervalle gebildet. Dividiert man mit der Anzahl der zehngradigen Intervalle in die Summe des zugehörigen mittleren

Tabelle zur Bestimmung der Wärmeabgabe von Perkinsrohren bei 20° Zimmertemperatur.

Wassertemperatur	Temperaturdifferenz T—t	Rohrtransmission pro 1 qm	Rohrtransmission pro 1 lfd. Meter von 34 mm Durchmesser	Mittlerer Transmissions-Koeffizient	Summen von	Temperaturintervall	Mittlerer Koeffizient des Systemes
Grad C.	Grad C.	W.-Einh.	W.-Einh.	k^m	W.-Einh.		k^o
60	40	339,5	37,3	43,0	43,0	1	—
70	50	444,2	48,8	54,9	97,9	2	—
80	60	556,1	61,1	67,8	165,7	3	—
90	70	674,4	74,1	81,1	246,8	4	—
100	80	799,9	87,9	95,1	341,9	5	68,3
110	90	930,8	102,3	110,0	451,9	6	75,3
120	100	1072,2	117,8	125,8	577,7	7	82,2
130	110	1218,9	133,9	142,4	720,1	8	90,0
140	120	1374,6	151,0	161,5	881,6	9	97,9
150	130	1565,8	172,0	180,0	1061,6	10	106,1
160	140	1714,0	188,0	198,0	1259,6	11	114,5
170	150	1893,5	208,1	219,9	1478,5	12	123,2
180	160	2091,3	229,8	241,0	1719,5	13	132,3
190	170	2296,5	252,3	264,1	1883,6	14	134,5
200	180	2511,5	276,1				

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Koeffizienten, so erhält man den mittleren Koeffizienten k^0 des Systemes.

Im vorliegenden Falle sind neun Temperaturintervalle vorhanden und der mittlere Koeffizient des Systemes ist: $k^0 = 97{,}9$ oder rund 98 W.-Einh.

Hiernach werden erfordert bei einem Maximalbedarf von 43 050 W.-Einh. im Mittel

$$43\,050 : 98 = 430{,}3 \text{ m Rohr.}$$

Solche Rohrlänge würde aber nur zulässig sein bei einer sehr großen Cirkulationsgeschwindigkeit: wir teilen die Rohrlänge daher in vier Systeme von je 110 m Länge. Das Wasser tritt in jede der Transmissionsröhren mit einer Temperatur von 150° ein und mit 60° strömt es zum Ofen zurück; es durchläuft neun zehngradige Temperaturintervalle und jeder der neun ersten Koeffizienten, Kolumne 5 der umstehenden Tabelle, gilt für

$$110 : 9 = 12{,}22 \text{ m Transmissionsrohr.}$$

Bei richtiger Cirkulationsgeschwindigkeit transmittieren diese neun Rohrlängen à 12,22 m Länge folgende Wärmemengen:

Übersicht des Transmissionsvorganges.

Temperatur-intervalle	Transmissions-Koeffizienten	Rohrlänge eines Temperatur-intervalls	Wärme-einheiten
1	161,5	12,2 m	1970
2	142,4	12,2 „	1737
3	125,8	12,2 „	1535
4	110,0	12,2 „	1342
5	95,1	12,2 „	1160
6	81,1	12,2 „	989
7	67,8	12,2 „	827
8	54,9	12,2 „	681
9	43,0	12,2 „	525
		Transmission eines Systemes =	10766 W.-Einh.

oder von vier Systemen:

$$43\,064 \text{ W.-Einh.,}$$

was mit dem geforderten Maximalbedarf nahezu übereinstimmt. Die Verteilung der 440 laufenden Meter Transmissionsrohr an die verschiedenen Räume ist mit Hilfe der vorstehenden Übersicht vorzunehmen; diese Arbeit ist aber mühselig und erfordert Erfahrung, um Systeme von annähernd gleicher Länge zu erhalten.

Der Wärmebedarf der zu heizenden Räume ist in der tabellarischen Übersicht auf Seite 161 enthalten. Wir schreiten nunmehr zur:

Verteilung der Rohrlängen.

Zimmer Nr. 1 (System I).

Das Rohr tritt (vergl. Cirkulationsgang Seite 154) in einem Abstande von 23 m vom Punkt a in das Zimmer ein.

1) Wärmebedarf laut Übersicht . . 6336 W.-Einh.
2) Durchschnittlicher Rohrbedarf à 98 W.-Einh. = 64,65 m.

Anm. Zwei Temperaturintervalle liefern 12,22 × 2 = 24,44 m Rohr: Die ersten 24,44 — 23,0 = 1,44 m des Transmissionsrohres liegen also im zweiten Temperaturintervall und jede 12,2 m desselben in einem weiteren Intervall mit entsprechendem Transmissionsvermögen (vergl. Tableau).

Hiernach transmittieren:

die ersten	1,44 m Rohr	im 2. Intervall	205	W.-Einh.
„ folgenden	12,22 „	„ „ 3. „	1535	„
„ „	12,22 „	„ „ 4. „	1342	„
„ „	12,22 „	„ „ 5. „	1160	„
„ „	12,22 „	„ „ 6. „	989	„
„ „	12,22 „	„ „ 7. „	827	„
„ „	5,10 „	„ „ 8. „	280	„
zusammen	67,64 m Rohr.		6338	W.-Einh.

und bedingt demnach der Wärmebedarf des entfernt liegenden Zimmers gegen den Durchschnittsbedarf à 8 W.-Einh. eine Mehrverwendung von 3 m Rohr.

Zimmer Nr. 2 (System IV).

Das Rohr tritt nach Zurücklegung eines Weges von 38,5 m (vergl. Cirkulationsgang) in das Zimmer ein. Es liegen demnach 4 × 12,22 — 38,5 = 10,38 m Rohr im vierten Intervalle.

Wärmebedarf laut Übersicht: 1753 W.-Einh.
17,89 m durchschnittlicher Rohrbedarf.

Es transmittieren nun:

die ersten	10,38 m Rohr	im 4. Intervall	1141	W.-Einh.
	und bleiben zu verteilen		612	„
	oder:			
612 : 95,1 =	6,43 m Rohr	im 5. Intervall		
zusammen	16,81 m Rohr	mit	1753	W.-Einh.;

d. h. der Rohrbedarf bleibt in Zimmer Nr. 2 1,09 m unter dem Durchschnittsbedarf.

Zimmer Nr. 3 (System IV).

Das Rücklaufrohr hat bis zum Eintritt ins Zimmer zurückgelegt 45,31 m. Das Steigerohr ist 2,8 m lang und liegt im dritten Temperaturintervall.

Wärmebedarf laut Übersicht: 1753 W.-Einh.
17,88 m durchschnittlichen Rohrbedarf.

Es transmittieren aber:

2,80 m	Steigerohr im 3. Intervall	304	W.-Einh.
3,57 „	Rücklaufrohr (48,88—45,31) im 4. Intervall	393	„
11,06 „	„ im 5. Intervall	1056	„
17,43 m	Rohr	1753	W.-Einh.

Der Rohrbedarf in Zimmer 3 bleibt 0,46 m unter dem Durchschnittsbedarf.

Zimmer Nr. 4 (Salon). System IV und III.

Das Steigerohr des IV. Systemes tritt in das Zimmer Nr. 4 nach Zurücklegung eines Weges von 9,1 m, es liegen also 3,1 m Steigerohr im 1. Intervall. Das Retourrohr hat beim Eintritt 63,99 m durchlaufen und liegen 73,33 — 63,99 = 9,33 m Rohr im 6. Intervall.

Wärmebedarf laut Übersicht: 6829 W.-Einh.
69,68 m durchschnittlicher Rohrbedarf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Es transmittieren nun von System IV:

3,10 m	Steigerohr	im 1. Intervall	500	W.-Einh.
12,20 „	„	„ 2. „	1737	„
0,08 „	„	„ 3. „	10	„
9,33 „	Rücklaufrohr	„ 6. „	757	„
6,08 „	„	„ 7. „	412	„
30,79 m	Rohr des IV. Systemes.			3416 W.-Einh.,

ferner transmittieren im III. System:

6,50 m (24,44—17,95)		im 2. Intervall	925	W.-Einh.
12,22 „		„ 3. „	1535	„
10,00 „		„ 5. „	951	„
28,72 m	Rohr des III. Systemes.			3411 „
oder 59,51 m	Gesamtbedarf mit zusammen			6827 W.-Einh.

In dieser Art ist die Rechnung fortzusetzen; man erhält alsdann die in nachstehender Übersicht des Wärmebedarfes eingetragenen Rohrlängen unter Berücksichtigung der den Temperaturintervallen entsprechenden Transmission. Kolumne 4 enthält dagegen den durchschnittlichen Rohrbedarf, wie er dem mittleren Transmissions-Koeffizienten der Anlage entspricht. Dieser Koeffizient ist von erheblichem Werte für die vorläufige Bestimmung der Rohrlängen in den zu heizenden Piecen, für das „Auslegen der Rohre" und die Vereinigung derselben zu Systemen von gleicher Länge.

Übersicht des Wärmebedarfes und Verteilung der Transmissionsröhren der Heißwasser-Mitteldruckheizung in der Villa des Herrn v. Maya zu Lipnik (Österreichisch-Schlesien).

System	Zimmer Nr.	Wärmebedarf der Zimmer W.-Einh.	Durchschnittlicher Rohrbedarf à lfd. Meter 68 W.-Einh.	Rohrverteilung unter Berücksichtigung der Temperatur im einzelnen m	Rohrverteilung unter Berücksichtigung der Temperatur im ganzen m	Wärmeproduktion im einzelnen W.-Einh.	Wärmeproduktion im ganzen W.-Einh.	Rohrverteilung nach der Ausführung m
I.	1	6336	64,65		67,64		6338	64,65
IV.	2	1753	17,89	10,38		1141		
				6,43	16,81	612	1753	15,38
IV.	3	1753	17,89	2,80		304		
				14,63	17,43	1449	1753	16,01
IV.	4	6829	69,68	15,38		2247		
und				15,38		1169		
III.				29,28	60,04	3411	6827	66,23
III.	5	1753	17,89	8,95		1344		
				8,95	17,90	437	1781	17,89
III.	6	1753	17,89	17,29		1573		
				3,29	20,58	180	1753	18,83
III.	7	5999	60,26	26,99		2187		
und				33,71	60,70	3812	5999	60,26
II.								
II.	7a	1200	12,24	7,28		1038		
				2,00	9,28	162	1200	10,67
II.	8	4060	41,43	10,90		1808		
				28,36	39,26	2252	4060	41,43
II.	9	2429	24,79	4,86		758		
				26,40	31,26	1671	2429	30,13
I.	10	6061	61,83	12,40		1998		
und				12,40		538		
IV.				37,23		2135		
				8,60	70,63	1401	6072	66,22

Bemerkungen zu vorstehender Tabelle.

Die Kolumne 6 der tabellarischen Übersicht giebt die Resultate der Rohrverteilung auf Grund theoretischer Ermittelung, während solche in Kolumne 9 auch nach den Maßen der Ausführung beigefügt sind. Diese a posteriori bestimmten Zahlenwerte weichen nicht erheblich von den durch die Theorie gefundenen ab: sie stützen sich auf umstehende, aus älteren Perkins'schen Beobachtungen abgeleitete Tabelle der Rohrtransmission. Dabei ist jedoch unterstellt:

daß das Transmissionsrohr 150 m lang sei, mit 150° in die Zimmer eintrete und mit 70 bis 80° C. aus denselben zum

Ofen zurückkehre. — Die Initialtemperatur des Wassers (150° C.) entspricht dabei dem Nullpunkt der oberen Reihe.

Diese erste Zahlenreihe repräsentiert das in Intervallen von 10 m fortschreitende Transmissionsrohr. Jeder Meter desselben transmittiert — bezogen auf den mittleren Koeffizienten des Systems — 100 W.-Einh. und demnach jeder Längenintervall 1000 W.-Einh.

Die zweite Zahlenreihe der Tabelle giebt die gleichwertige Rohrlänge, welche der wirklichen Wärmeabgabe des zugehörigen Längenintervalles entspricht.

Danach transmittieren:

im 1. Intervall 6,5 m Rohr = 1000 W.-Einh.,
„ 2. „ 6,9 „ „ = 1000 „ u. s. w.

Die dritte Zahlenreihe endlich enthält die in sämtlichen Intervallen zur Erzielung von 100 W.-Einh. nötige Rohrlänge.

Tabelle der Rohrtransmission für Heißwasser-Mitteldrucksysteme (nach Bacon).

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
0	6,5	13,4	20,7	28,4	36,5	45,1	54,2	63,8	74,0	84,8	96,2	108,3	121,2	135,1	
	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,86	0,91	0,96	1,02	1,08	1,14	1,21	1,29	1,39	1,52

Die Ziffern der 3. Zahlenreihe werden erhalten, indem man die darüber stehenden benachbarten Zahlen subtrahiert und ihre Differenz durch 10 dividiert, also (13,4—6,5) : 10 = 0,69 u. s. f.

Bestimmung der Fensterschlangen. Nachdem der Rohrbedarf der Räume durch Rechnung ermittelt ist, hat der Heizingenieur die gefundenen Rohrlängen in angemessener Weise an den Fronten und sonst geeigneten Zimmerwänden unterzubringen. Nur selten genügt dazu die Länge der beiden geraden Fußbodenrohre, es sei denn, daß der Wärmebedarf (wie in Zimmer Nr. 5 des vorhergehenden Beispieles) gering ist und das Rohr mit hoher Temperatur eintreten kann. In den sonstigen Fällen ist also die Anlage von Spiralöfen geboten und als einfachster, auch nicht Raum absorbierender Heizkörper die O-förmige Fensterschlange in Gebrauch (Fig. 192). Ihre Länge ist allemal bedingt durch die Maße der Fensterbrüstung. Letztere haben in unserem Beispiel 1,30 m Länge bei 0,25 m Tiefe und werden dem entsprechend die Enden der Schlange mit einem Krümmungsradius von mindestens 5 cm gebogen. Die Außenlänge beträgt dann 0,83 bis 1,00 m und die Abwickelung eines Ringes, bei 0,83 bis 1,00 m Länge der geraden Stücken, 2,2 bis 2,5 m. Ein genügender Spielraum für die Luftcirkulation soll an allen Seiten verbleiben und vom hölzernen Fensterpaneel bleibt man 4 bis 5 cm entfernt.

Der Höhe nach werden die Schlangen in 5 bis 10 Ringen gewunden. In unserem Beispiel enthalten die größten Spiralen 30,76 m, die kleinsten 8,79 m Rohrlänge, in allen Fällen aber müssen die beiden Fußbodenrundrohre und die Spirale zusammen mindestens den in Kolumne 6 der Tabelle eingetragenen Wert erreichen. Besser ist es, einige Prozent Zuschlag, mit Rücksicht auf die ungünstigere Transmission der Schlangenrohre, zu geben, denn die am untersten Rohre vorgewärmte Luft tritt schon mit höherer Temperatur an alle oberen Rohre, was bei geraden Fußbodenröhren nicht der Fall ist.[1])

Anm. C. Schinz hat daher als vorteilhaft für Cirkulations-Fensterspiralen die Anlage von ∞-förmigen parallelen Flachschlangen empfohlen.[1]) Da aber in den gewöhnlichen Brüstungen von 25 m Tiefe höchstens fünf derselben zu placieren sind, so können — selbst wenn deren Krümmungsdurchmesser 0,40 m beträgt — bei 1,3 m Nischenlänge und dem üblichen Spielraum nur 15 m Rohr in einer Brüstung untergebracht werden. Oder man ist gezwungen, die Kästen ins Zimmer vortreten zu lassen, was in der That bei $1^1/_2$ Stein starken Wänden vielfach geschieht; Flachschlangen von der Form, welche Fig. 191 darstellt, lassen sich in flachen Brüstungen ebenfalls doppelt und dreifach anbringen und enthält dann jede Schlange bei sechs Windungen 9,5 m Rohr.

1) Daß auch die Cirkulation in den vier Viertelkreiswindungen jedes Ringes erheblich beeinträchtigt wird, ist durch Rechnung zu erweisen.

C. Die Dampfheizung.

§ 61.

Die in den vorhergehenden Paragraphen behandelte Centralheizmethode von Perkins beruht auf der Cirkulation eines Wärme tragenden Mediums, welches durch die umschließenden Hüllen verhindert wird, seinen Aggregatzustand zu verändern, wobei die zugeführte Wärmemenge lediglich zur Erhöhung der Temperatur benutzt wird. Daß dabei die Kohäsion überwunden, also die Verteilung der Moleküle verändert, auch der von außen auf die Oberfläche ausgeübte Druck durch Ausdehnung des Körpers überwunden wird, ist aus der Wärmelehre bekannt.

Andere Verhältnisse treten ein, wo der Dampf als Träger der Wärme benutzt werden soll. Bei der Verdampfung eines flüssigen Körpers besteht die von der Wärme hervorgebrachte Wirkung hauptsächlich in der Änderung des Aggregatzustandes: die ganze Wärme, welche der unter bestimmtem Druck siedenden Flüssigkeit zugeführt wird, kann nun zur Verdampfung verwendet werden, wobei die Temperatur des gebildeten Dampfes gleich derjenigen der Flüssigkeit ist und die Temperatur der letzteren unverändert bleibt.

Die Anzahl Wärmeeinheiten, welche nötig sind, um 1 kg einer Flüssigkeit von 0° C. in ebensoviel gesättigten Dampf von T° zu verwandeln, nennt man die **„totale**

1) Dingler, Polyt. Journal, Jahrg. 1876, S. 101.

Verdampfungswärme"; dieselbe ist von Regnault für eine Anzahl von Flüssigkeiten bestimmt worden. Für das Wasser ist sie ausgedrückt durch die empirische Formel:

$$C = 606{,}5 + 0{,}305\,T \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Wenn aber die Anfangstemperatur des Wassers nicht 0°, sondern $+t^0$ ist, so sind die zur Erwärmung von 0° auf t^0 erforderlich gewesenen Wärmeeinheiten in Abzug zu bringen. Diese Wärmemenge, welche 1 kg Wasser von 0° auf t^0 erhöht, ist gegeben durch die Reihe:

$$q = t + 0{,}00002\,t^2 \times 0{,}0000003\,t^3 \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Zur Verwandlung von 1 kg Wasser von 100° in gesättigten Dampf von 100° sind also erforderlich:

$$C_1 = 637 - 100{,}5 = 536{,}5 \text{ W.-Einh.} \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Anwendung des Dampfes zu Heizzwecken gründet sich nun auf die Fähigkeit des Wassers, beim Übergang in dampfförmigen Zustand die beträchtliche Menge von 536,5 W.-Einh. pro Kilogramm aufzunehmen, diese, in Röhren eingeschlossen, auf große Entfernungen zu übertragen und in den tropfbar flüssigen Zustand zurückzukehren, sobald der Dampf mit kalten Oberflächen in Berührung kommt.

Bei dem Vorgange der Kondensation des Dampfes wird dann der verlangte Bruchteil der in ihm enthaltenen Wärme frei und teilt sich dem Raume mit, in dem die Kondensation vor sich geht. Zu jeder Dampfheizungsanlage sind daher zunächst erforderlich:

a) ein Kessel, in dem man eine geeignete Menge Wasser verdampfen läßt;

b) Verteilungsröhren, welche den Dampf an die verschiedenen Lokale abzugeben haben;

c) Kondensationsgefäße, in denen der Dampf seine Wärme absetzt und dabei sich kondensiert;

d) Rückflußröhren, welche den überschüssigen Dampf und das Kondensationswasser abführen.

Hierbei kann der Dampf entweder einem schon anderweitig im Gebäude vorhandenen Dampfkessel entnommen werden oder es wird ein eigener Kessel für die Heizung installiert, der dann gewöhnlich mit Niederdruck arbeitet.

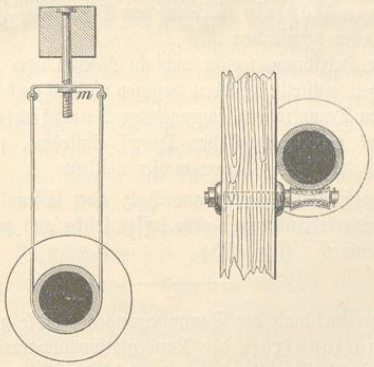
Geschichtliches.

Der Gedanke, durch Schlangenröhren, deren Wärmerecipient im Keller desselben angebracht ist, ein ganzes Gebäude zu erwärmen, rührt von dem Kolonel W. Cook her (1745). Zur praktischen Anwendung gelangte diese Idee jedoch erst durch James Watt, der im Jahre 1784 den abgehenden Dampf der Maschine zum Heizen seiner Bureaux benutzte. Sein Associé Boulton verwendete den Dampf zur Erwärmung von Bädern und später in größerem Maßstabe auch zur Heizung von Werkstätten und Seidenspinnereien. — Das erste Patent auf Benutzung des Dampfes zur Heizung eines mehretagigen Gebäudes nahm John Hoyle 1791. Nach jener Zeit erst gewann die Anwendung des Dampfes im großen Maßstabe bedeutend an Platz, namentlich in solchen Fällen, wo der Dampfgenerator bereits anderweitig bestand, der Raum zur Aufstellung von Öfen beschränkt war oder sonstige ökonomische Rücksichten in Betracht kamen.

In den letzten Decennien hat die Dampfheizung eine sehr bedeutende Vervollkommnung und demzufolge auch häufigere Anwendung erfahren, nachdem die bisherigen Bedenken gegen dieselbe durch vorgeschrittene technische Ausbildung der Apparate beseitigt sind. — In gleichem Maße hat sich die Furcht vor Dampfkesseln verringert und die Aufstellung von Röhrenkesseln[1]) für Hochdruckdampf ist gesetzlich auch in und unter bewohnten Räumen gestattet, sofern die Kesselröhren gewisse Dimensionen nicht überschreiten.

Als Kondensationsapparate verwendete man anfänglich nur Röhren von Gußeisen, deren Durchmesser gewöhnlich nicht unter 6 bis 7 cm und selten über 20 cm betrug. Sie wurden, namentlich in Fabriken, mittels einfacher Drahtseile oder Eisenbänder (Fig. 207) an der Decke

Fig. 207. Fig. 207a.



aufgehängt. Wo hölzerne Säulen vorhanden waren, legte man die Röhren auf drehbare Rollen (Fig. 207a), und wo sie an den Umfassungswänden umhergeführt werden mußten, wurden sie auf eingemauerte Konsole von Stein oder Eisen gelagert.

Aber diese Methode der Anbringung von Heizrohren nahe der Decke war rücksichtlich der Erwärmung der Lokale durchaus unzweckmäßig zu nennen, da den im Fabriksaal

1) Diese Kessel wurden im Anfang der 40er Jahre durch Dr. Ernst Alban konstruiert, ohne gehörige Anerkennung zu finden. Später sind sie durch Root und Belville in Deutschland eingeführt und mannigfach modifiziert worden. Auch der Heine'sche Patent-Wasserrohrkessel für Dampfbetrieb gehört hierher.

beschäftigten Personen die Erwärmung der oberen Luftschichten kaum zu statten kam. In architektonisch ausgestatteten Räumen legt man jetzt vielfach die Kondensationsrohre in gemauerte Kanäle unterhalb des Fußbodens, die mit durchbrochenen, gußeisernen Platten abgedeckt werden, welche das „Austreten der Wärme" gestatten. Solche Anordnungen wurden bereits in § 47 (Kanalheizung) besprochen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Anlage von Heizrohren im Fußboden im allgemeinen feuersichere, also gewölbte, Deckenkonstruktionen zur Voraussetzung hat und daß das Eindringen von Staub und sonstigen Verunreinigungen in die Kanäle mancherlei Unzuträglichkeiten hervorruft.

Um der Längenausdehnung der Rohre Rechnung zu tragen, legt man dieselben auf Walzen von Glas oder Gußeisen; man giebt ihnen auch eine geringe Neigung, um das Abfließen des Kondensationswassers zu erleichtern.

In öffentlichen Gebäuden und in Wohnräumen verwendet man gußeiserne Kondensationsgefäße von parallelopipedischer oder cylindrischer Form, sogenannte „Register", welche zur Vergrößerung der Heizfläche mit vertikalen Strahlungsrippen versehen sind. — Diese einfachen Gefäße umkleidet man aus ästhetischen Rücksichten mit durchbrochenen Mänteln in Form von Schränken, Etagèren, Säulen oder dergleichen.

Die Heizkörper, welche man in Nischen oder Fensterbrüstungen aufstellt, bestehen dagegen vielfach auch aus gewundenen Dampfrohren, sogenannten Dampfschlangen, an deren oberem Ende der Dampf einströmt, während unterhalb das Kondensationswasser abfließt.

Der Mantel besteht aus Holz oder Eisenblech und hat vergitterte Füllungen oder besser solche aus perforiertem Eisenblech. (Fig. 195.)

Ein Übelstand der Dampfheizungen ist die geringe Reservationskraft der Kondensationsapparate, denn sobald die Register abgesperrt sind, erkalten sie, und es ist keine andere Wärme als die in den Wänden reservierte im Lokale vorhanden.

Für Versammlungssäle, Auditorien u. s. w., in denen sich zuweilen viele Menschen gleichzeitig aufhalten oder wo eine starke Abendbeleuchtung stattfindet, ist dieser Mangel an Reservationsvermögen ebenso häufig ein besonderer Vorteil, der sogar zur Wahl dieser Heizmethode Veranlassung geben kann. Um aber doch für einzelne Räume des Gebäudes Wärme reservieren zu können (unter Beibehaltung derselben Art von Wärmerecipienten), hat man Heizkörper konstruiert, in welchen sich Wasser befindet, das durch zuströmenden Dampf bis auf 100° erwärmt wird. Jede derartige Kombination heißt **Dampfwasserheizung.**

Dieses kombinirte System verbindet die Vorteile der Wasserheizung (starke Reservation) mit denjenigen der Dampfheizung (schnelle Erwärmung), denn das Wasser nimmt sofort die Temperatur des zuströmenden Dampfes an, und wenn der Dampf zutritt, bleibt im Transmissionsgefäß die Wärme reserviert. Diese Anordnung wurde zuerst von den Brüdern Henry und Charles Price in Bristol um 1829 ausgeführt und von Grouvelle später für die Männerabteilung des Hospitals Lariboisière in Paris zur Anwendung gebracht, wo sie seit 1854 mit Erfolg in Gebrauch ist.

Die von der Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur nach ihrem erprobten System ausgeführten Dampfwasserheizungen erfreuen sich wegen ihrer Vortrefflichkeit großer Beliebtheit; dieselben haben sich durch eine Reihe von Ausführungen verschiedener Größe bewährt, so am Zürcher Polytechnikum seit 1867. Auch diese Heizmethode wird im Anschlusse an die reine Dampfheizung im nachstehenden zu besprechen sein.

Fragen wir nach den wesentlichsten Vorzügen der Dampfheizung, so bestehen sie:

1) in der großen Geschwindigkeit und Leichtigkeit, mit welcher der Dampf auf weite Entfernungen geführt werden kann;

2) in der beliebigen Ausdehnung des Heizsystemes, so daß ganze Gebäudekomplexe von einer einzigen Centralstelle aus geheizt werden können;[1])

3) in dem geringen Durchmesser der Röhren; endlich

4) in der Leichtigkeit, mittels angebrachter Ventile die Temperatur eines gegebenen Raumes in kürzester Zeit zu erhöhen oder zu mäßigen, wobei freilich die richtige Abmessung der Transmissionsflächen Bedingung bleibt.

Daß jede Gefahr ausgeschlossen ist, mag nebenher erwähnt werden, da die Temperatur des Dampfes bei ½ Atmosphäre Überdruck höchstens 112° C. erreicht.

Bestimmung der einzelnen Teile einer Dampfheizung.

§ 62.

1) **Dampfkessel.** Als Dampferzeuger für Heizzwecke werden die nämlichen Kessel wie für industrielle Anlagen verwendet. Da aber der Betrieb während des Tages erheblich schwankt, so verwendet man Kessel, die in kurzer

1) Die Spannung des Dampfes ermöglicht eine leichte und schnelle Bewegung auf weite Entfernungen, daher eignet sich die Dampfheizung für Distrikt- oder Städteheizungen. In der Stadt Lockport im Staate New-York wurden schon während des Winters 1878 gegen 200 Häuser nach dem Central-Dampfheizsystem von Mr. Birdsyll Holly von einer Centralstelle aus geheizt. Ähnliche Versuche wurden in New-York und Buffalo vorgenommen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zeit eine bedeutende Dampfmenge abgeben können, die sogenannten Großwasserraumkessel (Flammrohrkessel). Viel angewendet werden auch Röhrensicherheitskessel.

Hauptausrüstungsgegenstände jedes Kessels sind der Wasserstandsmesser, das Sicherheitsventil und das Manometer.

Nach der im dritten Kapitel vorausgeschickten Behandlung der Kesselfeuerungen kann eine eingehendere Besprechung an dieser Stelle füglich unterbleiben. Die Bestimmung der Kesseldimensionen findet der Leser in § 67 bei Berechnung der Dampfheizungen.

2) Die **Dampfleitung.** Die Disposition des Rohrsystemes ist derart zu treffen, daß das Hauptsteigrohr vom Kessel direkt nach dem Dachboden aufsteigt, daselbst den Dampf durch Zweigrohrleitungen verteilt und durch Vertikalstränge den Etagen und den daselbst aufgestellten Heizkörpern zuführt. Es fließt dann alles im Hauptrohre sich kondensierende oder aus dem Kessel mit fortgerissene Wasser an den Rohrwandungen zum Kessel zurück. Es ist aber auch Sorge zu tragen, daß das Kondenswasser der horizontalen Zweigleitungen vor dem Dampfe durch die Vertikalstränge abfließt, denn wenn sich dasselbe nicht so schnell wie der Dampf, oder womöglich in entgegengesetzter Richtung bewegt, dann wird es vom Dampfe mit fortgerissen und gegen die Rohrwandung geschleudert, wodurch das sogenannte „Knattern" in der Rohrleitung hervorgerufen wird. Aus diesem Grunde ist überall für gutes Gefälle zu sorgen, damit das Kondenswasser schnell abfließen kann.

Ist die Verteilungsleitung so lang, daß das erforderliche Gefälle nicht erreicht wird, so ordnet man dieselbe in „Sägeform" an, d. h. der Dampf wird eine Strecke mit Gefälle geführt und am tiefsten Punkt der Strecke ein „Wasserabscheider" eingeschaltet, hinter welchem die Leitung wieder senkrecht ansteigt.

Fig. 208.

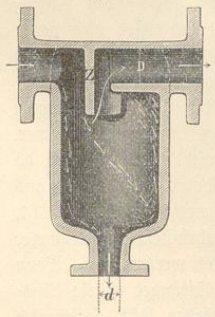
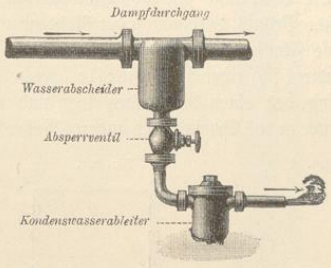


Fig. 208 stellt den Wasserabscheider von **Bopp und Reuter** dar. Die mit den Dampfe bei D einströmenden Wasserteilchen schlagen an die segmentförmig gekrümmte Zunge Z, fließen daran abwärts und werden von hier an die Wandungen des Abscheiders geschleudert, an denen sie herunterrieseln und durch das Rohr d in die Kondensleitung gelangen. Der von Wasserteilen befreite trockene Dampf geht sodann in der Pfeilrichtung bei D weiter.[1])

Fig. 209 stellt im Zusammenhange die Entwässerung einer Dampfleitung mittels eingeschaltetem Wasserabscheider, Absperrventil und Kondenswasser-Ableitung dar.

Fig. 209.



Als Material zur Rohrleitung empfiehlt sich Kupfer oder, wo der höhere Preis desselben in Betracht kommt, Schmiedeeisen, letzteres auch verzinkt. Geradlinige Leitungen fertigt man der Billigkeit wegen auch aus Gußeisen. Der Durchmesser der Leitungsröhren soll nicht zu eng sein, um unnötige Reibungswiderstände zu beseitigen, jedenfalls dem zu leitenden Dampfvolumen entsprechen und den Abfluß des Kondensationswassers gestatten. Damit jedoch die Bildung von Kondenswasser auf ein geringes Maß beschränkt werde, sind alle Rohre, die nicht Wärme abgeben, gut zu umhüllen, d. h. entweder mit Strohseilen und einem Mantel von Haarlehmmörtel oder mit Kieselguhrerde, Korkschalen u. s. w. zu bekleiden.

Rohrverbindungen. Gußeiserne Röhren erhalten gewöhnlich Flanschenverbindungen. Zwischen dieselben wird ein Ring von weichem Kupferdrahte, der im Querschnitte zickzackförmig ist, eingelegt. Durch das Anziehen der Flanschen drückt sich der Kupferdraht zusammen und bringt die dauerhafteste Dichtung hervor; jedenfalls ist solche metallische Dichtung derjenigen mit Kitt erheblich vorzuziehen. — Schmiedeeiserne, gezogene Rohre erhalten bis zu 52 mm Durchmesser Muffenverbindung; zu stärkeren Rohren werden Flanschen oder Verbindungsmuffen angewendet, wie solche schon bei der Verbindung der Perkinsrohre auf Seite 141 besprochen und dargestellt sind. Diese Muffen haben rechts- und linksgängiges Gewinde, und das eine der beiden Rohr-

1) Einen Wasserabscheider einfacher Konstruktion hat der Ingenieur Käferle konstruiert, derselbe ist abgebildet im Handbuch der Hygiene IV. Band, 2. Teil, S. 357.

enden ist kegelförmig zugeschärft oder, wie der technische Ausdruck es nennt, mit „Schweinsrücken" versehen. Beim scharfen Anziehen der Verbindungsmuffe findet gegenseitige Verdrückung der Rohrenden statt.

Manche Konstrukteure versehen beide Rohrenden mit Zuschärfung und legen zwischen dieselben einen Ring von weichem Kupfer, in welchen sich die zugeschärften Enden eindrücken, wenn die Muffe angezogen wird.

Die Flanschen schmiedeeiserner Rohre werden entweder aufgelötet oder mit den Rohrenden vernietet oder verschweißt. Die Bundringe am Rohrende werden ebenfalls aufgeschweißt. Behufs Verbindung der Rohrenden legt man entweder lose Flanschen hinter die Bundringe (Fig. 210), oder man bedient sich einer Rohrschelle, welche sich hinter den Bundring des einen Rohrendes legt und mit ihrem Muttergewinde in das Gewinde des anderen Rohres eingreift.

Fig. 210.

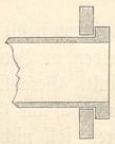


Fig. 211.

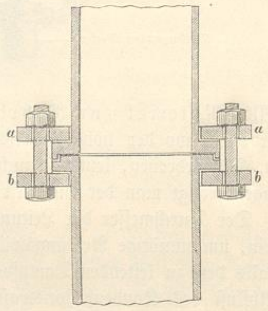


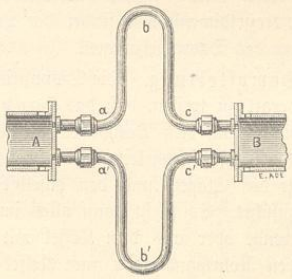
Fig. 211 zeigt eine Verbindung der mit Bundringen versehenen Rohrenden mittels „lose aufgeschobener" Flanschen a und b, welche durch Schraubenbolzen zusammengezogen werden; in die Dichtungsfuge ist ein Ring von Kupferdraht eingelegt.

Wo Abzweigungen schmiedeeiserner Rohre erforderlich werden, da bedient man sich, wie bei der Heißwasserheizung, sogenannter Façonstücke oder ⊤ Stücke. Geht die Leitung in veränderter Richtung weiter, so sind Bogenstücke erforderlich; ist dann der Krümmungshalbmesser nicht kleiner als der dreifache Rohrdurchmesser, so kann die Krümmung auch durch Biegen der Rohre hergestellt werden.

Die Abzweigungen der gußeisernen Rohre werden durch Stutzen oder besonders eingelegte ⊤ Stücke gebildet. Falls die im Handel vorkommenden gußeisernen Bogenstücke für vorkommende Ablenkungen oder Krümmungen nicht ausreichen, werden dieselben eigens für den Bedarf gestaltet und gegossen.

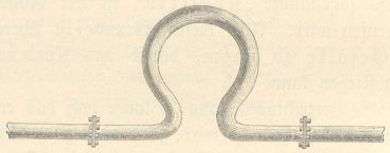
Die Längenausdehnung der Rohrleitungen wird durch untergelegte Rollen erleichtert. Zu gleichem Zwecke ist es vorteilhaft, nur das eine Ende des Rohrstranges zu befestigen und das andere frei zu lassen. Geht dies nicht an, so muß — wenigstens bei längeren Strängen — eine Kompensationsvorrichtung eingeschaltet werden. Darunter versteht man Zwischenstücke von variabler Form, welche die zusammenstoßenden Rohrenden so verbinden, daß innerhalb geringer Grenzen eine Annäherung und Entfernung derselben möglich ist.

Fig. 212.



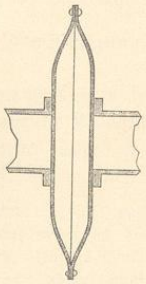
Einer der gebräuchlichsten Kompensatoren besteht aus zwei dünnen biegsamen Kupferröhren b und b' (Fig. 212), welche U förmig zwischen die Rohrenden A und B eingesetzt sind und infolge ihrer Elastizität der Bewegung der Enden

Fig. 213.



des Rohrstranges folgen. Das obere Rohr b dient für den Dampf, das untere b für das Kondensationswasser. Man kann indessen die Kompensationseinrichtung noch vereinfachen, wenn an Stelle der Röhren b und b' ein einziges gebogenes Rohr von größerem Durchmesser eingeschaltet und dieses nicht vertikal „stehend", sondern horizontal liegend angeordnet wird, damit Dampf und Kondenswasser durch dasselbe fließen können (Fig. 213). Wo das Anbringen krummer, biegsamer Rohre nicht angänglich ist, da verwendet man Kompensatoren aus biegsamen Platten nach Art der Fig. 214, welche in das Rohrsystem an geeigneter Stelle eingeschaltet werden. — Wenn die Länge des Stranges starke Ausdehnungen voraussehen läßt, lassen sich auch mehrere derartige tellerförmge Scheiben nebeneinander einfügen. Es ist allerdings auch bei dieser

Fig. 214.

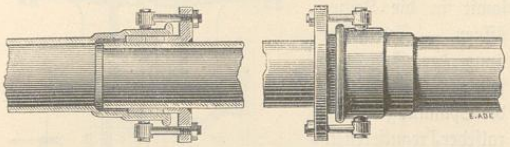


Gattung von Kompensatoren die Möglichkeit gegeben, daß die nie ganz zu vermeidenden Schmutzablagerungen hier eine von der Dampfströmung nicht betroffene Stelle finden, wo sie sich verdichten und die Elastizität der biegsamen Platten behindern. Ist für Plattenkompensatoren Raum nicht vorhanden, so bedient man sich wohl auch einer Stopfbüchse mit eingeschaltetem Kupfer- oder Messingrohre.

Weite Leitungsröhren, bei denen Muffverbindung zur Anwendung kommt, können leicht so verbunden werden, daß das biegsame Kompensationsstück fortfällt. Man läßt alsdann (vergl. Fig. 215) zwischen dem eingeschobenen Rohr-

Fig. 215.

(Durchschnitt.) (Ansicht.)

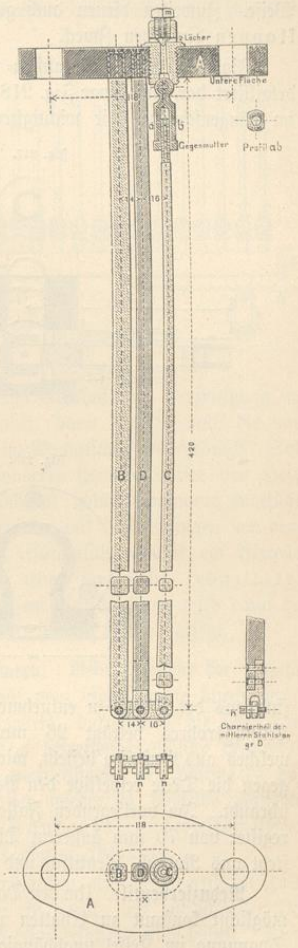


ende und dem Grunde der Muffe einen Spielraum für die Ausdehnung. Die Dichtung der hinteren Muffenfuge geschieht mit in Talg getauchten Hanfzöpfen. Sorgsame Ingenieure legen an der Bewegungsstelle die schon erwähnten Messingbuchsen ein.

3) Als **Kondensationsgefäße** (Heizkörper) werden — wie bei der Wasserheizung — Rohrspiralen und Rippenheizkörper verwendet (vergl. Abbildung Seite 135 u. 147). Der Zutritt des Dampfes in die Heizkörper wird durch Ventile geregelt und die Mäßigung der Wärmeabgabe geschieht entweder durch beliebige Anstauung des Kondenswassers im Heizkörper, wobei die wirksame Heizfläche vermindert wird, oder durch Ummantelung des Heizkörpers (Fig. 236 u. 238).

4) Lufthähne, Luftschrauben, **Luftventile** (reniflards).[1]) Bei Unterbrechung des Heizbetriebes muß Luft in die Kondensationsgefäße und die Verteilungsleitung eingelassen werden können und beim Anlassen des Dampfes muß diese Luft wieder vollständig entfernt werden. Denn es bildet sich, sobald der Dampf abgestellt ist, infolge Kondensation desselben überall da, wo früher Dampf war, ein luftverdünnter Raum und beim Wiederanlassen der Heizung würde nicht allein Dampf, sondern auch Wasser aus dem Kessel in die Leitung mit fortgerissen werden. Früher wurden derartige Lufthähne durch den Heizer oder durch die Insassen des Zimmers reguliert, wobei Unregelmäßigkeiten unvermeidlich waren. Bei Ausführung großer Heizanlagen in mehreren Etagen und in weitgedehnten Räumlichkeiten ist deren Besorgung durch den Heizer unstatthaft; es finden dann die selbstthätigen Lufteinlaß- und Auslaßventile Anwendung. Ein derartiges Ventil (Fig. 216) besteht aus einem gußeisernen Flansch A, unter welchem zwei Metallstangen B und D von gleicher Länge befestigt sind. Am Ende der Stange B ist der Stützpunkt, am Ende von D der Arm eines Hebelchens befestigt. Der Hebelarm trägt eine dritte Stange C, an deren oberem Ende sich ein Ventil befindet, das im Ventilsitz, welcher in der erwähnten Platte A eingesetzt ist, Führung hat. — Die Stangen B und C sind aus zinkreichem Messing hergestellt, die Stange D besteht aus weichem Stahl; die Scharnierbolzen N und das Kugelventil bestehen aus Rotguß. Wird nun Dampf in den Kondensationsapparat (Register) eingelassen, so verdrängt derselbe die Luft und diese bläßt aus dem Ventil aus. Der Dampf dehnt aber gleichzeitig die Metallstangen aus, und zwar (wegen der ungleichen Ausdehnung beider Metalle) die Messingstange mehr als die Stahlstange: erstere drückt daher auf den Hebelarm, hebt das Ventil empor und schließt die Öffnung. Wird der Dampf aber abgesperrt, so erkalten die Stangen, das Ventil öffnet sich wieder und gestattet der Luft den Eintritt. Der Eintritt des Dampfes in die Heizkörper erfolgt durch Ventile, welche auch zur teilweisen oder vollständigen Ausschaltung benutzt werden können; die

Fig. 216.



1) Es ist sogar zur Entfernung der Luft aus den Heizkörpern eine besondere Rohrleitung vorgeschlagen worden, in welche die Luft sämtlicher Heizkörper münden soll. Ein Hahn im Kesselhause sollte zur Regulierung des Lufteinlaß- und -Austritts dienen.

Ausschaltung ganzer Rohrstränge geschieht in gleicher Weise. Zuweilen dienen auch gut gearbeitete Drosselklappen demselben Zweck.

Fig. 219 stellt ein **Dampfein- und -Retourauslaßventil** detailliert dar, und zwar Fig. 218 im Querschnitt, Fig. 217 im Längenschnitt. Die wichtigsten Dimensionen desselben

Fig. 217.

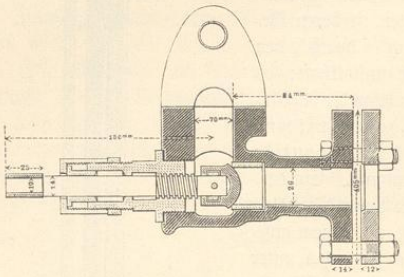
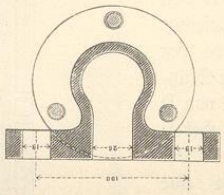


Fig. 218.



sind aus der Figur zu entnehmen; der Durchmesser des Leitungsrohres beträgt 26 mm. Das Ventilgehäuse, welches aus Gußeisen besteht, wird mit dem ovalen Flansch gegen die Decke respektive den Boden des Heizkörpers verschraubt. Im vorliegenden Falle ist derselbe ein Rippenregister von 70 mm äußerem Diameter. Das Ventil besteht aus Rotguß, Ventilsitz und Stoffbüchse aus Messing.

Reduzierventile. Um den Dampfdruck in den Leitungen möglichst konstant zu erhalten und von der wechselnden Spannung im Kessel unabhängig zu machen, wendet man Reduzierventile an. Dieselben wirken automatisch und lassen nur so viel Dampf in die Leitungen eintreten, als nötig ist, um die betreffende Dampfspannung zu erhalten. Da nun in den mit den Leitungen verbundenen Heizkörpern infolge Kondensation ein stetiger Dampfverbrauch eintritt, so nimmt die Spannung endlich ab und verschwindet, wenn zu wenig oder gar kein Dampf eingelassen wurde. Um nun in jedem Falle den Druck in den Leitungen ungemindert erhalten zu können, werden sogenannte „Reduzierventile" angebracht. Ein solches Ventil stellt Fig. 219 dar. In der beistehenden Zeichnung befindet sich das Ventil bei CDEF im geschlossenen Zustande und ist doppelsitzig. Der vom Kessel kommende Dampf strömt bei A ein und der Raum B steht mit der Ableitung in Verbindung. Nimmt dann auf dieser Seite die Spannung durch Dampfverbrauch ab, so verringert sich gleichzeitig der Dampfdruck auf die Membrane HH, und es wird durch Gegendruck der Spiralfeder J die Membrane und somit der Kolben herabgedrückt, wobei sich die Ventile bei CD und EF gleichzeitig öffnen und dem Dampf den Zugang in die Abteilung B und somit in die Leitung öffnen. — Durch Drehung der Schraubenspindel K läßt sich auch die Spannung der Spiralfeder J regulieren und dadurch die Dampfspannung erzielen, die in der Leitung seitlich von B vorschriftsmäßig stattfinden soll. Ist dann die Spirale J auf die richtige Dampfspannung eingestellt, so vermittelt das selbstthätige Ventil die Reduktion des Dampfdruckes in der Leitung und man pflegt dann zu sagen: es werde mit „reduziertem Dampfe" gearbeitet.

Fig. 219.

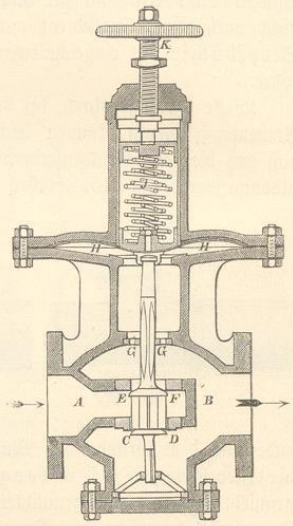
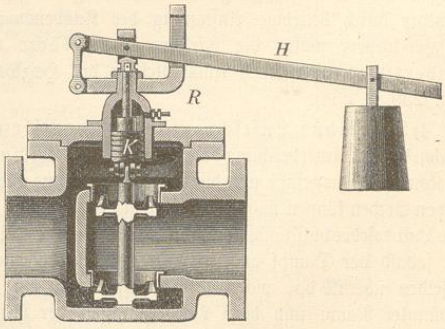


Fig. 219a.

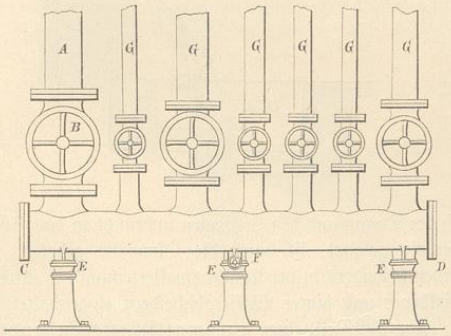


Bei dem in Fig. 219a dargestellten Dampfdruckreduzierventil erfolgt die Regulierung des Einströmungsquerschnittes durch den Kolben K. Auf diesen wirkt von unten der verminderte Dampfdruck, von oben ist derselbe durch ein am Hebel H wirkendes Gewicht belastet. Wird dann der Dampfdruck unter dem Kolben höher und so hoch, daß die Belastung des Hebels demselben nicht

mehr das Gleichgewicht halten kann, so hebt sich der Kolben und demzufolge auch das Doppelsitzventil und verengt den Einströmungsquerschnitt so lange, bis der eingestellte Dampfdruck wieder erreicht ist.

Der **Dampfverteiler.** Wie im Eingange dieses Kapitels bereits erwähnt wurde, führt das Hauptdampfrohr direkt zum Dachboden und wird dort mit Abzweigungen für die Fallrohre, an welche Heizkörper angeschlossen sind, versehen. Werden im Keller — wie dies häufig geschieht — in besonderen Heizkammern Register aufgestellt, die zur Erwärmung der Luft dienen, so führt auch zu diesen ein besonderes Dampfrohr mit seinen Abzweigungen. Zu diesem Zwecke führt man das Hauptrohr A (Fig. 220), einem

Fig. 220.

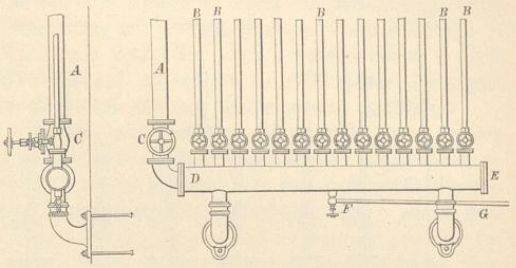


auf eisernen Untersätzen stehenden Dampfsammler CD, dem sogenannten „Verteiler", zu. Die Dampfzuströmung wird durch das Ventil B im Hauptrohre A geregelt.

Vom Verteiler zweigen (vergl. Fig. 220) sechs Rohre GG von verschiedener Weite ab, deren jedes durch ein besonderes Ventil reguliert und abgesperrt werden kann. Das im Verteiler CD angesammelte Kondensationswasser wird nach Bedarf mittels des Hahnes F abgelassen und dann dem Reservoir der Speisepumpe zugeleitet. Es verdient Erwähnung, daß bei der hier dargestellten Anlage die Rohre G größere Durchmesser haben, weil sie nicht einzelne Heizkörper, sondern Gruppen von Kondensationsgefäßen versorgen müssen. Der in Fig. 220 dargestellte Verteiler wird daher auch Hauptverteiler genannt und jeder der sechs Abzweige GG wird einem Nebenverteiler zugeführt.

Ein solcher „Nebenverteiler" ist in Fig. 221 u. 222 in Vorder- und Seitenansicht dargestellt. Der Abzweig A erhält ein Ventil C und mündet in den Verteiler DE, von dem 14 Rohre kleineren Durchmessers gespeist werden, die für dieselbe Anzahl von Heizkörpern den Dampf liefern. Das angesammelte Kondensationswasser wird ab und zu abgelassen und dem Reservoir der Speisepumpe zugeführt.

Fig. 221. Fig. 222.



Wenn, wie Eingangs erwähnt, die Verzweigung auf dem Dachboden stattfindet, dann werden auch die vorbeschriebenen Verteiler im Dachgeschoß untergebracht. Soll dagegen für Fälle besonderen Wärmebedarfes den Heizkörpern Dampf von möglichst hoher Spannung zugeführt werden, so sind zwei Verteiler mit Abzweigungen von demselben Zuströmungsrohr erforderlich, nämlich ein Verteiler für reduzierten und einer für nicht reduzierten Dampf. Durch angemessene Ventilstellung wird dann der eine oder der andere Verteiler in Betrieb gesetzt.

Kondensationskammern. Beim Betriebe der Dampfheizung zieht der Dampf vom Bodenraume durch irgend eines der Fallrohre abwärts, durchströmt die Öfen oder Register, welche mit dem betreffenden Rohre verbunden sind, und es fließt — nach Abgabe der Wärme — das verbliebene Kondenswasser wieder in dasselbe Fallrohr zurück. Dampf und Kondensationswasser fließen daher durch dasselbe Rohr abwärts.

Im Kellergeschosse münden alle diese vertikalen Fallrohre in Längsleitungen ein, welche das zur schnellen Beförderung des Abflusses erforderliche Gefälle haben. Diese Abflußrohre werden bei größeren Anlagen in eine Kondenskammer geführt. Dasselbe gilt von den Kondenswasserrohren derjenigen Heizkörper, deren Speisung mit direktem Dampfe erfolgt, ein Fall, der bei Aufstellung von Dampfregistern im Kellergeschoß vorkommt.

Die einzelnen, der Kondensationskammer zugeführten Rohre werden hier abwärts gebogen und geben Wasser und Dampf an die Kondenstöpfe ab. Dieselben vermitteln den Abfluß des Wassers und die Zurückhaltung des Dampfes; ihre Einrichtung ist später zu besprechen.

Nachstehend ist die Einrichtung einer Kondensationskammer in Ansicht und Querschnitt dargestellt. Die Ansicht (Fig. 223) zeigt vier Zuleitungsrohre A, von denen

zwei gabelförmig abgezweigt sind. Die Hähne B B dienen zur Absperrung für den Fall, daß der Mechanismus eines Topfes rektifiziert werden müßte. Da die Kondenstöpfe, wie erwähnt, nur heißes Wasser abzuführen haben, so er-

Es erübrigt nunmehr, nur die Konstruktion der vorher erwähnten **Kondensations-Wasserableiter** durch Zeichnung und Beschreibung zu erläutern. Der Zweck derselben, dem Wasser allein Abfluß zu gewähren und zu verhindern,

Fig. 223.

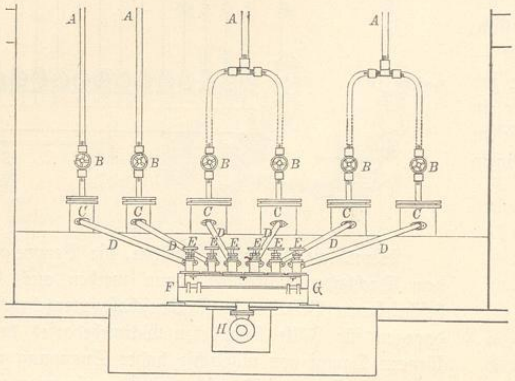
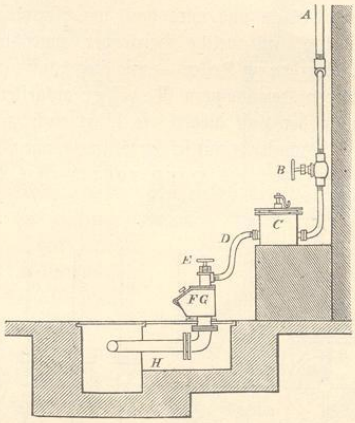
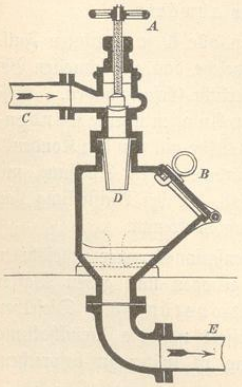


Fig. 224.



gießen die Rohre D D ebenfalls nur heißes Wasser in den Revisionskasten F G; von hier aus fließt das angesammelte Wasser nach dem Speisereservoir; der Revisionskasten kann durch eine Klappe geöffnet werden. Zeigt sich Dampf im Kasten, so gilt dies als Beweis, daß irgend ein Topf nicht richtig funktioniert, d. h. den Dampf nicht zurückhält. Durch probeweises Absperren der einzelnen Ventile wird bald herausgefunden, welcher Kondenstopf Abhilfe bedarf.

Fig. 225.



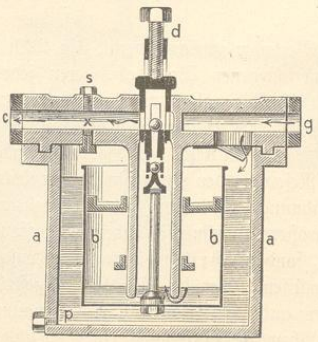
Die gabelförmige Abzweigung der beiden Stränge A A in der Kondensationskammer ist vorgesehen für den Fall, daß ein Topf für den berechneten Wasserzufluß nicht ausreicht.

Fig. 225 endlich giebt einen Durchschnitt des Revisionskastens F G im größeren Maßstabe. Jedes Zuflußrohr C endet in eine Düse D, damit beim Öffnen des Deckels B leichter ersehen werden kann, aus welchem Topfe etwa auch Dampf abgegeben wird. Das im Kasten angesammelte Kondenswasser fließt nunmehr nach dem Speisereservoir ab.

daß der Dampf aus den Leitungen unbenutzt in das Speisereservoir gelangt, ist durch die Ökonomie geboten. Sie werden besonders in der Kondenswasserleitung der einzelnen Heizkörper und hinter Wasserabscheidern eingeschaltet.

Fig. 226 stellt einen automatischen Kondenstopf oder Selbstleerer dar, der von Schäffer & Budenberg in Magdeburg fabriziert wird. Derselbe besteht aus

Fig. 226.



zwei Töpfen, einem äußeren a von Gußeisen der oben dicht verschraubt ist und einem inneren b aus Kupferblech, den Becherschwimmer oder Schwimmtopf, der oben offen ist. Der Deckel enthält die Ein- und Ausgangskanäle für das Kondenswasser und das senkrechte Steigerohr dient dem Schwimmtopfe als Führung. Die in den Deckel ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gesetzten Ventile werden durch Bügel und Druckschraube d fixiert. Wenn nun bei g Dampf und Kondensationswasser eintreten, so sammelt sich letzteres im Außentopfe und der Schwimmtopf b wird gehoben und schließt das Ventil. Steigt das Wasser höher über den Rand des Schwimmtopfes, so stürzt es in diesen hinein, bringt ihn zum Sinken und dadurch öffnet sich das Ventil. Der im Topfe statthabende Dampfdruck treibt dann das Wasser aus dem Rohre durch das Ventil und (durch C) weiter nach der Cisterne. Dem Dampfe jedoch ist in allen Fällen der Austritt unmöglich, denn es bleibt immer so viel Wasser im Schwimmtopfe, daß die untere Mündung des Steigerohres abgeschlossen ist. Zur Entfernung der Luft ist bei x eine Bohrung angebracht; p ist eine Ablaßschraube. Diese Kondenstöpfe werden überall da angewandt, wo das Niederschlagswasser ohne Dampfverlust abgeleitet werden soll, also auch hinter Wasserabscheidern (Fig. 209); sie schließen sich, sobald Dampf eintritt. — Der Schwimmtopf b kommt in ähnlicher Anordnung auch bei dem Reuterschen Selbstleerer zur Anwendung (vergl. Handbuch der Hygiene, IV. Band, 2. Teil, S. 308).

Fig. 227.

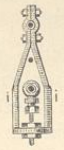
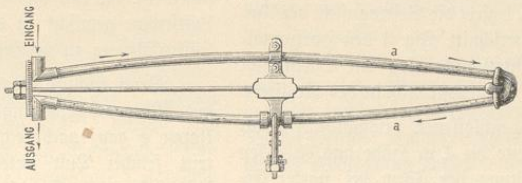


Fig. 228.



Bei größeren Anlagen, so in der städtischen Irrenheilanstalt zu Dalldorf bei Berlin, wird der automatische Kondensationswasserableiter (Patent Kusenberg) angewendet. Die Fig. 227 u. 228 veranschaulichen diesen Apparat, dessen Wirkung auf der Längenausdehnung der beiden gebogenen Messingrohre a a beruht, deren Enden durch eine in der Mitte durchgehende, schmiedeeiserne Stange gehindert werden, eine Längenbewegung zu machen. Wenn dann Dampf in der Richtung der Pfeile in die Messingrohre eintritt, so werden dieselben erwärmt, ausgedehnt und müssen — da die massive Eisenstange von der Wärme nicht alteriert wird — sich auseinander biegen. Da nun das mit dem mittleren Joche i verbundene Ventil seine Lage beibehält, so wird dasselbe in den Sitz gehoben, also geschlossen. Tritt hierauf Kondensation ein, so füllen sich die Röhren bis zum Ventil mit Wasser, ziehen sich infolge der Abkühlung zusammen, öffnen das Ventil und gestatten dem Wasser so lange Abfluß, bis wiederum Dampf eintritt und der Vorgang sich wiederholt. — Dieser Apparat arbeitet sicher unter jedem beliebigen Dampfdruck und wird von der Fabrik in drei Größen (10, 15 und 20 mm Lichtweite) ausgeführt.

Bei großen Bauanlagen erhält jeder Gebäudeflügel sein regulierbares Dampfabsperrventil und jedes dieser Systeme ein besonderes Kondensationswassernetz, dessen Hauptleitung mit je einem Kondensationswasserableiter in Verbindung steht. Die letzteren münden endlich in einen Einlauftopf, an den sich die zur Kondenswassercisterne im Kesselhause führende Kondensleitung anschließt.[1])

Es ist vorteilhaft, vor Eintritt des Kondenswassers in den Kusenberg'schen Apparat dasselbe einen Schlammfänger passiren zu lassen, d. h. eine (topfähnliche) Erweiterung in die Rohrleitung einzuschieben und — wie im Kondenstopf von Reuter — ein feinmaschiges Drahtgewebe einzulegen, das ab und zu gereinigt werden kann. Der Schmutz, der während des Legens der Röhren in die Leitung kommt, das Abblättern beim Warmbiegen und dergl. mehr, verunreinigen die Apparate auf lange Zeit, so daß wiederholte Kontrolle nötig ist. Diese und andere Schwierigkeiten sind zu überwinden, um spätere Betriebsstörungen, welche unbequemer sind, zu vermeiden.

§ 63.

Die Heizkörper für Dampfheizung können mit geringer Abweichung die Formen erhalten, welche man den Wasserheizkörpern giebt. Hiernach lassen sich unterscheiden: 1) ofenartige Heizkörper, 2) Register, 3) röhrenförmige Heizkörper mit und ohne Rippenarmierung.

1) Dampföfen älterer Form (vergl. Schinz, Wärmemeßkunst, Art. 352), sind nicht mehr in Gebrauch.

Cylindrische Dampföfen neuerer Gattung unterscheiden sich äußerlich nicht von den Säulenöfen für Warmwasserheizung, und werden wie jene voll, ringförmig oder mit vertikalen Cirkulationsröhren angefertigt. Während des Betriebes sind sie ganz mit Dampf gefüllt und es bleibt nur Wasser darin stehen, wenn man absichtlich, d. h. durch Schließen des Dampfauslaßventiles, Wasser darin ansammeln will.

1) Eine zusammenhängende Darstellung dieses Arrangements für die Irrenanstalt zu Düren findet man in Nr. 4, Jahrgang 1879 des „Rohrlegers".

Auch nach Art der Röhrenöfen hat man die Heizkörper konstruiert, bestehend aus einer Anzahl vertikal gestellter Röhren von Kupfer oder Schmiedeeisen, die oben und unten in gußeisernen Sammelkästen dichtschließend eingesetzt sind. Die von Prof. J. Durm für das Vierordtbad in Karlsruhe entworfenen Dampföfen[1]) bilden einreihige vertikale Röhrenöfen mit Sockel und dekorativer Krönung. Die 1,1 m hohen Dampfröhren sind unbekleidet.

2) Dampfregister sind (abweichend von den Registern für Warmwasserheizung) prismatische oder cylindrische Hohlräume. Sie werden zur Vermehrung der Wärmefläche mit Strahlungsrippen und — aus ästhetischen Gründen — mit einer Ummantelung versehen, für deren dekorative Ausschmückung dem Architekten mannigfacher Spielraum gelassen ist.

Auf Tafel 47 geben wir die Anordnung eines gußeisernen Rippenregisters für Dampfheizungen mit zugehöriger Metallummantelung, letztere nach dem Patent von **H. Röfike**. Fig. 1 giebt die Seitenansicht der Ummantelung, Fig. 2 den Querschnitt, Fig. 3 den Horizontalschnitt in Höhe des Ventilationskanales mit Oberansicht des Registers, Fig. 4 den Längendurchschnitt des Registers.

Das Register ist als geschlossener, prismatischer Hohlraum von 50 mm Lichtweite bei 1 m Höhe aus Gußeisen konstruiert und zur Erhaltung der Form bei starker Erwärmung der Flächen mit sechs Versteifungen versehen. An der oberen Decke bei v tritt der Dampf durch das in Fig. 217 u. 218 dargestellte Einlaßventil in das Register ein, treibt die darin enthaltene Luft vor sich her und zwingt dieselbe, durch das bei u angebrachte selbstthätige Luftein- und Auslaßventil zu entweichen. (Vergl. Fig. 216.) Die kurze Zwischenwand s verhindert das Austreten des Dampfes auf kurzem Wege beim Anlassen desselben. Der nicht kondensierte Dampf und das Kondenswasser strömen bei w nach den in Kanälen unter der Kellersohle angebrachten Kondensationswasserableitungen, welche dieselben zu einer automatischen Vorrichtung führen, also zu einem Kondensationstopf von Robinson, Budenberg, oder zu einem Kusenberg'schen Apparat, der das Wasser in die Sammelcisterne entläßt, aus welcher dasselbe durch die Dampfpumpe in den Kessel zurückgedrückt wird.

Der dreiseitige, an die Zimmerwand sich anlehnende Metallmantel ist oben offen und — sofern die um o drehbare Cirkulationsklappe g die in Fig. 2 angenommene Lage hat — unterhalb geschlossen. V ist der für ein bestimmtes Ventilationsquantum berechnete vertikale Kanal in der Zimmerwand, welcher frische Luft zuführt. Dieser Frischluftkanal wird — durch Drehung der Klappe g nach rechts — geschlossen, wozu der außerhalb des Mantels liegende Hebel dient. Bei dieser Klappenstellung tritt die Zimmerluft unterhalb des Registergehäuses ein, wobei Cirkulation stattfindet.

Der obere Mantelraum ist durch das Blech i verengt. Auf der Wand aa ist ferner, um O_1 drehbar, die Mischklappe h in ganzer Mantelbreite angebracht; sie kann äußerlich durch Drehung des oberen Hebels derart eingestellt werden, daß nach Erfordern die äußere oder die innere Kammer geschlossen wird. Da nun die Heizfläche des Registers für hohe Kältegrade berechnet ist, wird an warmen Heiztagen eine Reduktion der ins Zimmer gelangenden Wärme nötig sein. Dies geschieht durch Drehung der Mischklappe nach rechts, wobei der Austritt warmer Luft aus der hinteren Kammer verringert, gleichzeitig aber der Austritt frischer Luft aus der vorderen Kammer gestattet ist. Wenn die Klappe vertikal steht, treten beide Luftströme gemischt in das Zimmer, ohne das Maß der Luftzuführung zu verringern.

Wenn endlich Ventilation nicht erforderlich ist, wie des Morgens beim Anheizen, dann wird die Cirkulationsklappe g ganz nach rechts gedreht, und dadurch der Eintritt frischer Luft unterbrochen. Auch die Temperatur läßt sich durch Handhabung der Mischklappe nach Bedarf regeln. Die Dampfabsperrventile bleiben dabei geöffnet.

3) Röhrenförmige Kondensationsapparate. Hierher gehören die sogenannten **Gourney**'schen Batterien, hohle Cylinder, nach Art der in Fig. 5 auf Tafel 34 dargestellten, auf welche eine große Anzahl ebener Platten aufgereiht sind. In diesen Batterien läßt man Dampf kondensieren und erwärmt dadurch die Luft der zu heizenden Räume. In Lokalen von untergeordneter Bedeutung liegen derartige Heizkörper unbekleidet in den Fensterbrüstungen und wirken genau wie die auf Tafel 34 dargestellten Rippenrohröfen.

Röhrenförmige Rippenheizkörper mit Metallverkleidung und innerer Ummantelung aus schlecht wärmeleitendem Material nach dem System der Ingenieure Bechem und Post zu Hagen in Westfalen findet der Leser beschrieben und dargestellt in § 65 des Werkes. Im Übrigen ist die Form der zur Transmission des Dampfes benutzten Heizkörper eine so mannigfache, daß es genügen mag, hier die Hauptformen angedeutet zu haben.

1) Mitgeteilt in Klasen, Hochbau-Konstruktionen in Eisen, Fig. 963.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 64.

Kombinierte Dampfwasserheizung.

Schon im Eingange wurde ein Nachteil der Dampfheizungen hervorgehoben, welcher aus der geringen Reservationskraft der Heizkörper entspringt und diese Heizmethode daher nicht zur Anwendung empfiehlt, wo eine gleichmäßige Temperatur nach Einstellen des Feuers erfordert wird, oder wo man gezwungen ist für einzelne Räume in demselben Gebäude etwa auch während der Nachtzeit Wärme zu reservieren. — Es konnte nicht fehlen, daß man auf den Gedanken kam, das Kondensationswasser in den Gefäßen anzusammeln und durch zuströmenden Dampf auf Höhe der Temperatur des Dampfes zu erhalten. Wird alsdann der Dampf abgesperrt, so tritt durch Wärmeabgabe zwar sofortige Kondensation desselben ein, aber das Kondenswasser hat mindestens die Temperatur, welche bei Niederdruckheizung als die höchste angenommen wird, und indem es erkaltet, wird — wie in den Wasseröfen der Niederdruckheizung — die reservierte Wärme an die Luft abgegeben.

Die in den Heizkörpern aufzuspeichernde Wassermenge kann hier geringer sein, als bei Wasseröfen für Niederdruck, weil man mit Dampfheizung schon bei $^1/_2$ Atmosphäre Überdruck die Temperatur von 112° C. erreicht. In der Regel wird es genügen, das zur Wärmereservation benutzte Wasser auf die Hälfte desjenigen Quantums zu reduzieren, welches bei Niederdruckheizung gebraucht wird.

Grouvelle stellte bei seiner Heizanlage für die Männerabteilung des Hospitals La Riboisière in der Achse der Krankensäle Metallcylinder auf, die ganz mit Wasser gefüllt und durch ein schlangenförmig gewundenes Dampfrohr erwärmt wurden. Diese Methode war deshalb außerordentlich wirksam, weil die Wärmekapacität des Wassers eine sehr viel größere ist, als diejenige der Luft.

Anm. Setzt man nämlich Wasserdampf von 100° C. in einem Schlangenrohr der Luft aus, so lehrt die Erfahrung, daß bei einer Temperaturdifferenz T — t = 75° C. zwischen Dampf und Luft pro Stunde und Quadratmeter 1,5 Kilogr. Dampf kondensiert werden. Nach Formel 3) des § 61 sind aber in jedem Kilogramm gesättigten Dampfes enthalten 536,5 Wärmeeinheiten.

Der Wert des Transmissions-Koeffizienten K ergiebt sich daher aus der Gleichung:

$$536{,}5 \times 1{,}5 = K \,.\, 1 \text{ qm} \,.\, 75°,$$

woraus folgt:

$$K = 10{,}73 \text{ Wärmeeinheiten}$$

pro Quadratmeter und Stunde bei 1° Temperaturdifferenz.

Wird dagegen das Schlangenrohr in Wasser getaucht, so beträgt die Kondensation für jeden Grad Temperaturdifferenz der beiden Medien 2 kg pro Stunde und Quadratmeter, man hat daher zur Berechnung von K' die Gleichung:

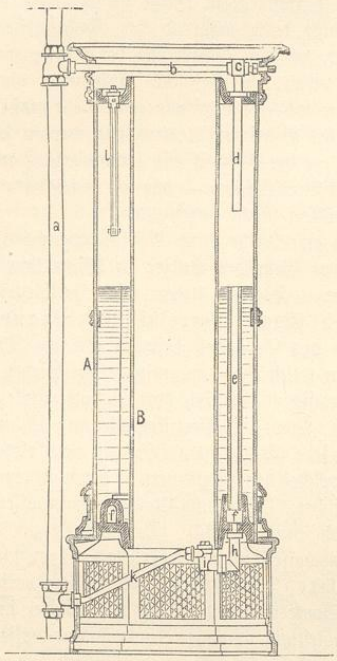
$$K' = \frac{536{,}5 \times 2}{1 \text{ qm} \,.\, 1°} = 1073 = \text{Wärmeeinheiten} = 100 \text{ K}.$$

In Hospitälern und ähnlichen Anstalten, wo Kesselfeuerungen bereits anderweitig nötig oder vorhanden sind, kann das in den Öfen enthaltene Wasser ständig auf einer ziemlich gleichmäßigen Temperatur gehalten werden, und der Dampf wird erst abgesperrt, wenn die Erwärmung des Raumes in hinreichendem Maße stattgefunden hat. Das Wasser strahlt dann während der Nachtstunden so viel Wärme aus, um die Temperatur der Wände nicht herabsinken zu lassen, so daß die Anheizung am nächsten Morgen nur wenig Dampf erfordert. Für große Anlagen, welche in der Beheizung centralisiert werden sollen, hat man daher in der Neuzeit die kombinierte Dampfwasserheizung mit Vorliebe und — wie wir hinzufügen dürfen — auch mit vollem Recht angewendet.

Durch eine Reihe guter Ausführungen hat sich das System der **Gebrüder Sulzer** in **Winterthur** (Schweiz) eingebürgert. Hierbei stehen die Heizkörper in den verschiedenen Etagen vertikal übereinander. Im Souterrain des Gebäudes befindet sich die Dampfkesselanlage, von welcher das Hauptsteigerohr wieder bis unter das Dach aufsteigt und sich dort in horizontaler Richtung verzweigt. Von der Verteilungsleitung ist im Bodenraume für jede Gruppe von Öfen ein vertikales Rohr abgezweigt, welches den Heizkörpern an deren oberem Teile den Dampf zuführt; Dampf und Kondensationswasser fließen in dieselbe Rohrleitung zurück. (Der Strang zur Abführung des Kondenswassers wird also bei dem Sulzer'schen System ganz entbehrt.) Die vertikalen Rohrstränge vereinigen sich dann im Souterrain und führen das Wasser in einer der Verteilungsleitung analogen Kondensationswasserleitung in den Kessel zurück. Um jedoch zu verhindern, daß auch Dampf durch den unteren Abzweig in die Heizkörper eintritt, ist in diesem ein Rückschlagventil eingefügt, welches sich nur gegen den Rohrstrang hin öffnet. Die Fig. 229 u. 230 werden diese Konstruktion des Ofens klar machen und zwar ist a das vertikale Zuführungsrohr, aus welchem der Dampf nach Öffnung des Absperrventiles c durch den Abzweig b in den Ofen gelangt. Der Ofen selbst besteht aus zwei konzentrischen Cylindern von Eisenblech, welche mit dem gußeisernen Deckel und Boden verbunden sind. Der Dampf gelangt durch das Rohr d in den ringförmigen Hohlraum, der bis zur halben Höhe mit Wasser gefüllt ist, strömt durch das Rohr e hinab, gelangt in den ringförmigen Kanal f am Boden und steigt durch die vier vertikalen Röhren g (Fig. 230) wieder in die Höhe. Ein Teil des Dampfes kondensiert sich dabei durch Wärmeabgabe an das Wasser und sammelt sich in der Röhre h an. Bei i ist das Rückschlagventil eingesetzt, welches sich nur nach oben öffnet und für gewöhnlich durch den in k herrschenden Dampfdruck geschlossen gehalten wird. Kommt aber von der anderen Seite zum Dampfdruck noch das Gewicht einer

Wassersäule hinzu, so öffnet sich das Ventil, und Dampf und Wasser entweichen durch das Rohr k in das vertikale Rohr a.

Fig. 229.



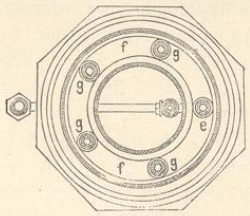


Fig. 230.

Endlich ist ein automatisches Luftventil e angebracht, wie solches schon durch Fig. 216 erläutert wurde: es soll dadurch das Zusammendrücken des Ofens verhindert werden, wenn nach erfolgter Kondensation des Dampfes sich im Innern ein Vacuum bildet. Die Funktion dieser Öfen ist einfach und sicher.

Resumé. 1) Wo von einer Wärmequelle her ausgedehnte Bauanlagen versorgt werden sollen, erweist sich die Dampfwasserheizung der Wassercirkulationsheizung überlegen, da die Ausdehnung der Rohrleitung über 200 m hinaus bei der Cirkulationsheizung zu manchen Inkonvenienzen führt.[1])

2) In Gebäuden von 4 bis 5 Geschoß Höhe ist der hydrostatische Druck in den Heizkörpern der untersten Geschosse schon recht bedeutend und müssen die Öfen daher, um dicht zu halten, sehr solid konstruiert werden. Wird dagegen jede Etage des Gebäudes für sich behandelt, werden die Öfen nur als Wärmereservoire resp. der Dampf als Wärme führendes Medium benutzt, so fällt diese Rücksicht fort.

3) Die Schnelligkeit, mit welcher Dämpfe an den Ort ihrer Verwendung geleitet werden können, ist eine fast momentane, während in einem weit verzweigten Niederdrucksystem mehrere Stunden vergehen, ehe eine ausreichende Wärmetransmission beginnt. (Vergl. Anmerkung.)

4) Grenzen sind der Dampfverwendung kaum gezogen, es können beliebig viele, in weiter Entfernung und in den verschiedensten Niveaus belegene Heizkörper mit Dampf versorgt werden.

5) Auch die der reinen Dampfheizung anhaftenden Fehler werden durch das kombinierte System der Dampfwasserheizung vermieden, denn es wird das Reservationsvermögen der Kondensationsapparate erhöht und demzufolge eine weit gleichmäßigere Wärmeabgabe erzielt, als sie die Dampfheizung gewährt.

Anwendungen.

§ 65.

I. Auf Tafel 42 bis 46 geben wir die Dampfheizungs-Anlage des Physiologischen Institutes der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin, entworfen und ausgeführt von dem inzwischen verstorbenen Ingenieur **H. Rösike.** Die kleineren Hörsäle, Sammlungen, Laboratorien und sonstigen Arbeitsräume der Anstalt gruppieren sich im wesentlichen um das große Auditorium (Nr. 15), welches sich in der Achse des Haupteinganges an den imposanten Langflügel des Institutes legt, der sich in einem Souterraingeschoß, zweien Hauptetagen und einem Obergeschoß aufbaut.

Tafel 43 stellt den Grundriß vom Kellergeschoß dar; daraus ist einerseits die Bestimmung der einzelnen Räume und andererseits die Gesamtdisposition der Centralheizanlage deutlich zu ersehen. Hierbei fällt der Kesselanlage eine doppelte Funktion zu, nämlich die Speisung der in den Geschossen aufgestellten, in den Grund-

1) Es wird hierbei wiederholt, daß bei dem in § 59 bezeichneten Beispiel einer Niederdruckwasserheizung die Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers pro Stunde nur rot. 280 m betrug!

rissen entsprechend charakterisierten Dampfheizregister und ferner auch diejenige der zur Erwärmung der Luftheizkammern dienenden großen Register. In jenen Kammern wird die unter der Kammersohle eingeführte frische Luft erwärmt, wie Tafel 42 im Detail verdeutlicht und tritt sodann in die Warmluftkanäle W der Etagen. Auf solche Weise werden die Zimmer 7, 10, 13, 24 im Erdgeschoß, Zimmer 26, 27, 28, 29, 30, 32 im I. Stockwerk und das große Auditorium Nr. 15 mittels Dampfluftheizung erwärmt. Die entsprechenden Zimmernummern, welche durch die resp. Kammern versorgt werden, sind denselben mit arabischen Ziffern beigefügt (vergl. Tafel 43).

Das hier angeordnete Heizsystem ist also eine Kombination der Dampfheizung mit der Dampfluftheizung, und es war dabei in erster Linie der Gesichtspunkt maßgebend, daß alle Räume, welche starke Ventilation erfordern — wie die chemischen Arbeitsräume, die beiden Hörsäle, der Saal für Vivisektionen und das Bibliothek-Lesezimmer — mit Dampfluftheizung, die übrigen Räume behufs direkter Erwärmung der Zimmerluft dagegen mit Dampfheizung zu versehen seien. Zum Zweck der Zimmerventilation sind aber auch für diese letztere Kategorie von Zimmern Luftzuführungskanäle in den Mauern ausgespart, aus denen die frische Luft, wie in § 63 beschrieben, in die Registergehäuse unterhalb ein- und oberhalb erwärmt austritt. (Vergl. Tafel 47, Fig. 3.)

Nur das Aquarium (Nr. 14) im Erdgeschoß ist, zur Erzielung einer vollkommen gleichmäßigen Temperatur, mit Dampfwasserheizung versehen worden.

Zur Dampferzeugung dienen drei Wasserröhrenkessel (System Belleville). Jeder der drei Kessel hat 16 qm Feuerfläche und ist mit zehn Atmosphären konzessioniert. Geheizt wird im Durchschnitt mit $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Atmosphären Druck, unter Anwendung eines Reduzierventiles. Bei großer Kälte sind anfänglich alle drei Kessel thätig; sind die Register erst erwärmt, so genügen zwei Kessel reichlich. — Drei Dampfkessel-Speisepumpen b b und die Maschine zum Betriebe des Ventilators a arbeiten mit Hochdruckdampf, der als Retourdampf noch zur Heizung benutzt wird.

Der zur Heizung erforderliche Dampf gelangt teils vom Dampfreservoir im Souterrain an den Ort seiner Verwendung, indem er durch das Dampfventil c (Tafel 42, Fig. 1 u. 2) den Rippenregistern zuströmt, teils strömt er durch die Steigerohre nach den oberen Etagen. Derartige Stränge sind in größerer Anzahl vorhanden und in den verschiedenen Grundrissen durch eingeschriebene römische Zahlen bezeichnet. Alle Dampfzuführungsrohre sind mit Leroy'scher Patentmasse gegen Abkühlung geschützt; ihr Durchmesser wechselt selbstverständlich nach Erfordernis (zwischen 107 mm und 20 mm). — Auch das System der Dampfrückleitung ist in Tafel 43 entsprechend charakterisiert, und zwar gelangt das kondensierte Wasser durch die Kondenswasserleitung in den dazu angelegten Kanälen nach den Kondensationswasserableitern d.

Was die Zuführung der frischen Luft anbelangt, so tritt dieselbe durch zwei große Einfallschächte vom Hofe her in unterirdischen, gewölbten Kanälen in das Gebäude und im Winter in der Regel direkt, d. h. durch Ansaugen, in den unter der Kellersohle des Korridors hinlaufenden Kanal für frische Luft, nachdem sie vorher eine Filtervorrichtung passiert hat, in deren Gewebe der mitgerissene Staub zurückgehalten wird. Ist des Morgens schnelle Erwärmung der Luft in den Heizkammern bei starkem Frost geboten, so wird auch der Ventilator in Bewegung gesetzt, von diesem die Luft aus dem Zweigkanal angesaugt, dann durch Druck in die Kammern für frische Luft getrieben, um von hier aus in die eigentlichen Luftheizkammern zu gelangen und endlich erwärmt in den Heizkanälen aufzusteigen. In den Monaten, in denen die Heizung ruht, findet die Zuführung der Luft nur mit Hilfe des Ventilators statt. Letzterer hat 2 m Durchmesser und macht in der Regel pro Minute 120 Touren, wobei stündlich 12000 bis 14000 cbm Luft in das Gebäude geschafft werden. Berechnet ist derselbe auf eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 180 Touren pro Minute mit etwa 20000 cbm einzuführender Frischluft.

Die verschiedenen Zustände der Luft, als: frische Luft, erwärmte Luft und verbrauchte Luft sind durch charakterisierende Farben im Grundriß der einzelnen Geschosse (Tafel 42 bis 46) und im Querschnitte Tafel 46 angedeutet, auch in der Farbenerklärung Tafel 43 erläutert. Darin ist die abzuführende Luft durch einen blauen Farbenton, frische Luft durch grüne und erwärmte Luft durch rote Färbung kenntlich gemacht.

Tafel 46 stellt den Querdurchschnitt nach der Linie AB des Grundrisses dar. Man ersieht daraus: 1) die Konstruktion des Langflügels, 2) des Lüftungsschachtes mit dem darin aufsteigenden eisernen Schornsteinrohr, 3) des großen Auditorii mit seiner amphitheatralischen Sitzanordnung, der Zuschauergallerie und der Oberlichtkonstruktion; endlich 4) die Einrichtung der den großen Hörsaal umgebenden einetagigen Anbauten.

Erklärung der Tafel 46. — I. Der Langbau. Im Souterrain ist die Wohnung des Hausdieners sichtbar; sie wird, wie die Portierwohnung, mit Kachelöfen geheizt. Dahinter liegt die Luftheizkammer zur Versorgung des Zimmers Nr. 30. — Heizregister, Zuführungskanal für frische Luft, Mischkanal und Heizkanal (letzterer mit Ausströmungsöffnung im I. Stockwerk) sind im Durchschnitte ersichtlich.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Instrumentensammlung im Erdgeschoß ist mit reiner Dampfheizung versehen, ebenso der Raum für Photographie im II. Stockwerke. Im Instrumentenraume wird das Dampfheizregister nebst Bekleidung im Durchschnitt sichtbar; im II. Stockwerk giebt R die Ansicht desselben. Hiernach ist im Durchschnitte des Langflügels nur der chemische Arbeitsraum Nr. 30 im I. Stock mit Luftheizung versehen.

Für Lüftung ist in sämtlichen Räumen gesorgt (vergl. die Grundrisse Tafel 44 u. 45). Die Lüftungskanäle haben je eine Abzugsöffnung am Fußboden und eine dergleichen nahe der Decke erhalten.

II. Das große Auditorium und seine Ventilation. Die durch Saug- oder Drucklüftung aus dem unterirdischen Kanal in die Luftkammern getriebene frische Luft strömt in sechs große Heizkammern ein, in welchen je drei Dampfheizregister aufgestellt sind. An diesen erwärmt sich die frische Luft und gelangt entweder direkt oder temperiert, d. h. als „Mischluft" in die Heizkanäle. Die Ausströmung findet statt durch vergitterte Öffnungen unterhalb des Galleriefußbodens, und zwar durch sechzehn kleinere und zwei größere Öffnungen in den Umschließungsmauern. Größe und Lage der Kanäle ist aus den Grundrissen Tafel 43 u. 44 zu entnehmen. — Da die Heizluft etwa in halber Saalhöhe ausströmt, wird dieselbe im Raume gleichmäßig verteilt. Damit aber auch eine normale Temperatur in den mit erwärmter Luft geheizten Räumen ermöglicht werde, ist in jedem derselben ein elektrisches Metallthermometer angebracht, welches den Zeiger des im Keller befindlichen Galvanometers zum Abweichen von der vertikalen Lage bringt, wenn die Temperatur über das Maximum gestiegen oder unter das Minimum gesunken ist. Dadurch wird der Heizer in den Stand gesetzt, die Mischklappe mittels der Stellstange I (Tafel 42) zu dirigieren, ohne die betreffenden Räume in den oberen Geschossen zu betreten. Die verbrauchte Zimmerluft wird unter den Stoßbrettern der ansteigenden Sitze, und zwar durch die aspirierende Wirkung des eisernen Rauchrohres, welche durch den großen Deflektor unterstützt wird, abgesaugt.

Um die Verbrennungsgase einer sehr intensiven Abendbeleuchtung ohne Belästigung der Zuhörer abzuführen, war der ganze Mechanismus der fahrbaren Gaseinrichtung und der Flammen oberhalb der Glasdecke verlegt. Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgte daher vom Dachboden aus in der Richtung des Pfeiles nach den beiden Ventilationsschächten hin. Die beiden Lüftungsschächte sind durch eine eingesetzte Metallwand der Breite nach geteilt und dient die vordere Hälfte zur Ventilation des großen Korridors im Souterrain, die hintere zur Ventilation des Auditoriums 15. In die vordere Abteilung tritt ferner die verdorbene Luft, welche in den ausgesparten Ventilationskanälen nach dem Dachboden des Langflügels aufsteigt, in der Richtung des Pfeiles ein, so daß die beiden Hauptschlote auch die sämtlichen, zu zwei Stockwerk Höhe aufgeführten Gebäudeteile, einschließlich der beiden Treppen, entlüften. Über den Zimmern 26 bis 28 und 34 bis 37, wo ein massiver Ausbau der Dachetage nicht nötig ist, sind die entsprechenden Luftabführungskanäle in Holz bis zur Drempelhöhe emporgeführt und dadurch ebenfalls in die Abzugssphäre der beiden großen Schächte gebracht.

III. Der einetagige Anbau. Es wird der Raum Nr. 21 für Wandbilder und Nr. 20 für physikalisch-physiologische Arbeiten im Durchschnitt sichtbar. Ersterer ist nicht geheizt, letzterer mit Dampfheizregister versehen, welches die frische Luft aus dem betreffenden unterirdischen Luftkanal empfängt.

Hier mag erwähnt werden, daß für einzelne Räume des Keller- resp. Erdgeschosses Zuführung frischer Luft durch an die Kellerkränze anschließende Kanäle bewirkt wird, so für den Kaninchenstall, den Hundestall und das Kanarium (sämtlich heizbar), ferner für ungeheizte: die Batteriekammer und Leichenkammer (vergl. Grundriß vom Kellergeschoß, Tafel 43). Eine weitere Erklärung überschreitet die Grenzen, welche diesem Werke vorgezeichnet sind: wir verweisen daher auf die eingehende Betrachtung der Zeichnungen und der tabellarischen Übersicht (S. 177), welche das befolgte Prinzip wohl erkennen läßt.

Bestimmung der erforderlichen Heizflächen.

1) Von Berechnung der stündlichen, durch Transmission der strahlenden Gebäudeflächen hervorgerufenen Wärmeverluste, können wir absehen, nachdem in § 47 ein ausführliches Beispiel gegeben worden ist. Wir begnügen uns, die von dem Ingenieur **H. Röstke** berechneten und in nebenstehender Tabelle eingetragenen Werte hier zu registrieren. Dasselbe gilt für die Wärmeverluste durch Ventilation, d. h. für die in der Ventilationsluft enthaltenen und mit dieser stündlich entweichenden Wärmemengen.[1]) Aus beiden Werten setzt sich aber der Gesamtwärmeverlust der mit Ventilation versehenen Räume zusammen. Spalte 1 dieser Tabelle enthält die Zimmernummer, welche der betreffende Raum im Grundriß (Tafel 43) führt; Spalte 2 die Bestimmung des Raumes; Spalte 3 die stündlich abzuführende Luftmenge in Kubikmetern; Spalte 4 und 5 die Wärmeverluste durch Transmission und Ventilation in Wärmeeinheiten ausgedrückt; Spalte 6 den stündlichen Gesamtwärmeverlust jedes einzelnen Raumes; Spalte 7 die in Quadratmetern ausgedrückte Heizfläche, welche den Wärmeverlust ersetzt. Die folgenden Spalten endlich enthalten die Größe der Rippenregister, resp. die Anzahl der Rippen, welche für die Beheizung der einzelnen Räume zur Verwendung gekommen sind.

1) Diejenigen Räume, deren Ventilationswärmeverlust in Kolumne 5 eingetragen ist, sind dem Programm gemäß im Winter und Sommer zu ventilieren, für die übrigen Lokale ist nur eine schwache Sommerventilation verlangt. Letztere haben daher Dampfregister erhalten, deren Heizfläche für den Maximalwärmeverlust berechnet ist. Tritt nun gelindere Witterung ein, so wird der Wärmeüberschuß zur Temperaturerhöhung der frisch eingeführten Luft benutzt, d. h. es findet auch hier während des größten Teiles der Heizperiode Luftwechsel, jedoch in geringerem Grade, statt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Übersicht des Wärmebedarfes und der Heizflächen der Dampf-, Dampfluft- und Dampfwasserheizungs-Anlage im Physiologischen Institut zu Berlin.

Nr. des Raumes	Bestimmung der Räume	Stündlich abgeführte Luftmenge	Stündlicher Wärmeverlust durch Transmission	Stündlicher Wärmeverlust durch Ventilation	Gesamtwärmeverlust	Transmissionsfläche des Heizkörpers	Anzahl der Heizkörper: Dampfregister Stück	Dampfregister Rippenzahl	Register für Dampfluftheizung Stück	Register für Dampfluftheizung Rippenzahl	Dampfwasseröfen Stück
		cbm	W.-E.	W.-E.	W.-E.	qm					
	Erdgeschoß.										
3	Modellraum	65	1490	—	1490	—	—	—	—	—	—
4	Raum für Instrumente	377	5741	—	5741	9,70	2 R. à	11	—	—	—
5	Garderobe	—	1495	—	1495	3,00	1 R. v.	$\frac{750}{1700}$ mm	—	—	—
6	Werkstatt	174	2712	—	2712	5,75	1 R.	13	—	—	—
7	Bibliothek	705	4165	8460	13888	27,3	—	—	3 R. à 15 1 R. 17	Rippen „	—
10	Amtliches Geschäftszimmer	99	3197	—	3197	13,2	—	—	2 R. à 15	„	—
11	Experimentierzimmer	161	3590	—	3590	6,6	—	—	—	—	—
12	Vorbereitungszimmer	—	1348	—	1348	3,0	1 R.	$\frac{800}{1700}$	—	—	—
12a	Vorzimmer zum amtl. Geschäftszimmer	—	898	—	898	1,5	1 Kondens.-Cylinder		—	—	—
13	Kleines Auditorium	600	4385	7200	11393	—	—	—	2 R. à 17 1 R. 15	Rippen „	—
14	Aquarium	144	4456	—	4456	11,2	—	—	—	—	2 à 5,6 qm
15	Großes Auditorium	4000	26298	48000	71827	128,0	—	—	14 R. à 17 4 R. à 13	Rippen „	—
16	Batteriekammer	159	133	1240	1510	ungeheizt	—	—	—	—	—
17	Privatlaboratorium	218	4956	—	4956	7,5	1 Kondens.-Rohr 1 R.	17	—	—	—
18	Privatlaboratorium	75	1716	—	1716	4,0	1 R.	9	—	—	—
19	Für physikal. und physiol. Arbeiten	277	6469	—	6469	11,4	—	—	1 R. 1 R.	11 15	—
20	Zimmer für Zeichner	52	1784	—	1784	3,0	1 R.	$\frac{750}{1000}$	—	—	—
22	Vorbereitungszimmer	139	3976	—	3976	7,5	1 R.	17	—	—	—
23	Sprechzimmer	35	960	—	960	1,6	1 Kondens.-Cylinder		—	—	—
24	Saal für Vivisektionen	831	6205	9972	17752	34,5	—	—	6 R. à 13	Rippen	—
25	Mikroskopische Demonstrationen	—	—	—	—	18,1	1 R. 1 R. 1 R.	11 13 17	—	—	—
	I. Stockwerk.										
26	Zimmer für Geübtere	420	3928	4940	9755	19,8	—	—	2 R. à 13 2 R. à 11	Rippen „	—
27	Verbrennungszimmer	237	2253	2787	5544	11,5	—	—	2 R. à 13	„	—
28	Präparatenzimmer	552	3520	6492	11013	21,6	—	—	2 R. à 17 1 R. 15	„ „	—
29	Zimmer für Analysen	582	2883	5480	9113	19,6	—	—	4 R. 1 R.	11 15	—
30	Dispensierzimmer	—	1748	3846	6153	12,3	—	—	1 R.	13	—
31	Zimmer für Spektralanalyse	134	3181	—	3181	6,6	—	—	—	—	—
32	Für Schwefelwasserstoffanalysen	327	2002	3846	6432	12,3	—	—	—	—	—
33	Klausurzimmer	194	3766	2282	6048	10,5	—	—	—	—	—
36	Brutofen	43	2019	—	2019	5,5	—	—	—	—	1
37	Raum für Injektionen	168	5434	—	5434	9,6	2 R. à	11 R.	—	—	—
38	Luftpumpenzimmer	105	3303	1235	4538	7,5	1 R.	17	—	—	—
39	Gaszimmer	118	3115	1388	4503	7,5	1 R.	17	—	—	—
40	Klosett und Garderobe	84	528	741	1269	3,0	1 R.	—	—	—	—
41	Garderobe	171	1638	1509	3147	4,0	1 R.	—	—	—	—
42	Mikroskopische Arbeiten	213	8689	—	8689	15	—	—	2 R. à 17	Rippen	—
	II. Stockwerk.										
43	Optisches Zimmer	85	1516	—	1516	3,0	1 R.	$\frac{800}{1700}$	—	—	—
44	Optisches Zimmer	85	1590	—	1590	3,0	1 R.	—	—	—	—
45	Zimmer für Photographie	74	2110	—	2110	4,0	1 R.	—	—	—	—
53	Vorraum	—	1132	—	1132	3	1 R.	—	—	—	—
55	Bodenkammer für Photographie	—	1914	—	1914	3	1 R.	—	—	—	—
	Keller.										
56	Krankenstall für Hunde	33	195	258	453	—	1 R.	—	—	—	—
57	Hundestall	417	1316	3253	4569	7,5	1 R.	17	—	—	—
58	Hundestall	72	491	562	1053	3,0	1 R.	—	—	—	—
59	Kaninchenstall	243	1040	1896	2936	5,75	1 R.	13	—	—	—
60	Hundestall	174	785	1357	2142	4,00	1 R.	—	—	—	—
62	Klosett	69	494	621	1115	2,00	1 Kondens.-Rohr		—	—	—

2) Bei Bestimmung der den ermittelten Wärmeverlust ausgleichenden Heizflächen wurde der Erfahrungssatz zu Grunde gelegt, daß ein Quadratmeter ummantelte, gerippte, gußeiserne Registerfläche bei Dampfheizungsanlagen im Mittel nur 600 Wärmeeinheiten abgiebt. — Bezeichnet daher W den Gesamtwärmeverlust des Raumes, so ist die zugehörige Heizfläche $F = \frac{W}{600}$ (ein Wert, der von anderen Heiztechnikern bis $\frac{W}{800}$ gesteigert wird). Kolumne 5 enthält die hiernach ermittelten Heizflächen.

Vertikale Dampfregister sind im § 63 unter 2) beschrieben und auf Tafel 47 dargestellt. Es enthält bei 1 m Höhe:

1	Register	mit	9	Rippen,	4,0 qm Heizfläche,
1	„	„	11	„	4,85 „ „
1	„	„	13	„	5,75 „ „
1	„	„	15	„	6,6 „ „
1	„	„	17	„	7,5 „ „

Heizflächen von weniger als 4 qm werden durch Verringerung der Registerhöhe oder durch Einstellung vertikal gerippter Rohre gedeckt, wie in den Räumen 12a und 23 des Erdgeschosses. — Die Anzahl der erforderlichen Heizkörper ist in den Kolumnen 6 bis 8 der Tabelle enthalten; ausgenommen hiervon sind die drei Treppenräume, welche sich nicht in derselben befinden. Es ist aber die Transmission in den beiden großen Treppenhäusern a und b gleichwertig und beträgt:

	der Wärmeverlust		die Heizfläche	Registergröße
in a und b	je 5484	W.-Einh.	je 7,5 qm	17 Rippen
„ g . .	6800	„	10,6 „	1 R. à 13 Rippen 1 „ „ 11 „

Die Ausführung der ganzen Heizungsanlage ist in der verhältnismäßig kurzen Zeit von drei Monaten zu stande gekommen und am 1. Oktober 1878 vollendet worden. Sie bewährt sich in jeder Beziehung. Die Kosten derselben betrugen einschließlich der Lüftungseinrichtung 66400 Mark.

§ 66.

Niederdruck-Dampfheizung.

Während noch vor zwei Decennien die Anwendung der Dampfheizung nur auf öffentliche Gebäude größeren Umfanges und auf Gebäudekomplexe, wie die vorerwähnten rheinischen Provinzial-Irrenheilanstalten, die städtische Irrenheilanstalt zu Dalldorf bei Berlin u. a. beschränkt blieb, sind die renommierteren Ingenieure der Heizbranche bemüht gewesen, diese Heizmethode zu verbessern und sie insbesondere auch für die Beheizung von Wohnhäusern, Hotels, Villen und sonstigen Gebäuden geringeren Umfanges nutzbar zu machen.

Bei diesen neueren Heizanlagen hat man indessen die Anwendung hochgespannter Dämpfe, die zur Erwärmung von Wohnräumen wenig geeignet erscheinen, verlassen. Denn die hohe Temperatur der Heizkörper ist unbequem und wegen des Versengens von Staubteilen zu verwerfen, auch sind die Geräusche des unter hohem Druck einströmenden Dampfes, sowie diejenigen bei Veränderungen in der Dampfspannung störend. Endlich ist die erforderliche Entlüftung der Heizkörper beim jedesmaligen Anlassen — schon wegen des Austretens unreiner Luft in die Wohnräume — nicht zu empfehlen.

Diese Übelstände werden zum größeren Teil durch Anwendung von Niederdruckdampf zur Heizung vermieden. Der im Keller stehende Kessel muß dann laut gesetzlicher Bestimmung mit einem offenen, in den Wasserraum hinabreichenden Standrohr von nicht über 5,0 m Höhe und mindestens 8 cm Weite versehen werden, wodurch jeder Explosionsgefahr vorgebeugt wird. Da nur Dämpfe bis zu 0,3 und höchstens $^1/_2$ Atmosphäre Druck entwickelt werden, ist die Temperatur der Heizkörper entsprechend niedriger. Die Heizung arbeitet auch geräuschlos, wenn man nicht wesentlich über einen Dampfdruck von 0,15 Atmosphären hinausgeht.

Die Kessel werden mit Schüttfeuerung ausgeführt und mit Vorrichtungen zu selbstthätiger Regulierung des Brennprozesses versehen, derart, daß beim Überschreiten der zulässigen Dampfspannung der Zutritt von Luft zum Feuerraum entweder unmittelbar verhindert oder der Abzug der Verbrennungsgase durch Einlassen von Luft in den Schornstein gehemmt wird. Häufig werden beide Regelungsarten in Anwendung gebracht, doch ist die unmittelbare Einwirkung auf den Luftzutritt der letzterwähnten Methode vorzuziehen. — Für die Praxis empfehlen sich selbstthätige Regulatoren, welche möglichst wenig bewegliche Teile besitzen, weil diese sich rasch abnutzen oder auch ganz versagen.

Ist die Kesselfeuerung zur Aufnahme einer genügenden Menge Brennmaterial eingerichtet, so kann der Betrieb auch ohne besondere Bedienung bei Nacht fortgesetzt werden.

Die Heizkörper, welche bei Hochdruckheizung zur Verwendung kommen, sind auch bei Niederdruckheizung in Gebrauch, wobei der Dampf entweder von unten her oder am oberen Ende des Heizkörpers eintritt. Letzteres ist der Fall, wenn besondere Leitungsrohre für Dampf und Kondenswasser vorhanden sind, d. h. bei dem sogenannten Doppelrohrsystem (vergl. Fig. 235). Soll das Kondenswasser aber durch die Dampfzuleitung zurückfließen, so führt man den Dampf von unten ein und der Heizkörper muß für das „Anlassen“ mindestens ein (selbstthätiges) Entlüftungsventil (Fig. 216) erhalten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Wärmeabgabe der Heizkörper wird durch Isoliermäntel oder durch Ventile geregelt. Bei Ventilregelung muß ein elastisch oder tropfbar flüssiger Körper (Luft oder Wasser) im Heizregister vorhanden sein, der durch den eintretenden Dampf verdrängt wird und der Dampfdruck soll genügen, um aus dem Heizkörper die gesamte Flüssigkeit zu verdrängen. Wird das Ventil gedrosselt, so sinkt die Dampfspannung im Heizkörper und die Flüssigkeit tritt, der Drosselung entsprechend, bis zu einem bestimmten Maße in denselben zurück, wodurch ein Teil der vom Kondenswasser berührten Fläche außer Wirkung kommt.

Je nach der Höhe der Wassersäule, die den Gegendruck bedingt, ist der Dampfdruck bei Anwendung von Wasser als Flüssigkeit zu 0,2 bis 0,3 Atmosphären anzunehmen. Die Anordnung der Rohrleitung wurde bereits in § 62 unter Absatz 2 besprochen und gilt dafür dasselbe, wie bei der Hochdruckdampfheizung, so daß hierauf verwiesen werden kann. Die Rohrweiten richten sich nach der Spannung des durchströmenden Dampfes: je höher die Spannung, desto größere Dampfgeschwindigkeit kann erzielt werden und um so geringere Durchmesser sind zur Beförderung desselben Dampfvolumens erforderlich.

Die Berechnung der Dampfrohrleitung für die Ausführung muß sehr sorgfältig und geschickt durchgeführt werden. Man geht bei der Bestimmung der Rohrdurchmesser von dem entferntest gelegenen Heizkörper aus und der Weg bis zum Kessel wird in so viele Teilstrecken geteilt, als Rohrleitungen vorhanden sind, welche bestimmte Dampfmengen zu fördern haben. Die einzelnen Teilstrecken werden dann nacheinander berechnet. Als Unterlage für die Rechnung ist zu ermitteln:

1) die Summe von Wärmeeinheiten, welche stündlich am Endpunkt einer Teilstrecke verlangt wird,
2) die Länge dieser Leitung in Metern,
3) der lichte und der äußere Durchmesser der Leitung in Metern,
4) die Geschwindigkeit des Dampfes pro Sekunde in Metern,
5) die Dampfspannung am Anfange der Leitung in Kilogramm pro Quadratmeter,
6) die Spannung, welche zur Überwindung sämtlicher Widerstände in der Leitung (Richtungsänderungen u. s. w.) verbraucht wird,
7) die Dichte des Dampfes.

Die ausführliche Methode der Berechnung findet der Spezialtechniker in Rietschels Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Heizungs- und Lüftungsanlagen, 2. Aufl., Bd. I, S. 211 u. ff.

I. Das System der Central-Niederdruckdampfheizung von **Bechem & Post** ist dargestellt durch Fig. 231 bis 233. Als Dampferzeuger wird ein stehender, cylindrischer Kessel, Fig. 231, verwendet, dessen Füllrohr b im Centrum liegt und durch einen Deckel e mit Sandverschluß luftdicht geschlossen werden kann. Unter dem Füllrohre und über der Aschengrube i liegt der Klapprost d mit pendelnden Roststäben. Aschengrube i und Schüröffnung k sind mit eisernen Thüren dicht abschließbar: die Verbrennungsluft kann daher nur durch den Zuleitungskanal m unter den Rost gelangen. Dieser Kanal ist durch ein Tellerventil n, welches mit dem selbstthätigen Druckregulator in Verbindung steht, abschließbar.

Fig. 231.

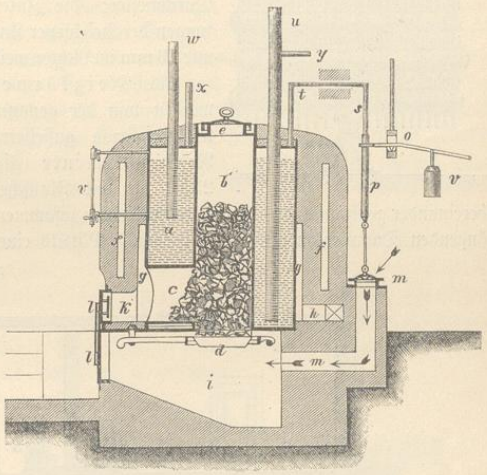
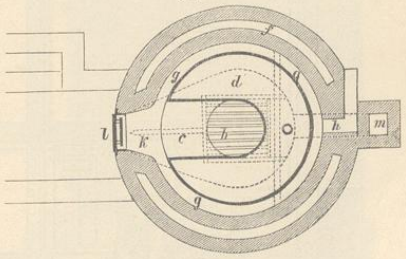


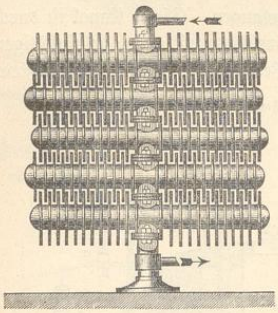
Fig. 232.



Letzterer besteht aus einem festen, vertikalen, unten offenen Rohre s, das in den Dampfraum des Kessels hineinragt, und aus einem weiteren Rohre p, das, an einem astatischen Hebel o aufgehängt, sich frei auf und nieder bewegen läßt. Das bewegliche Rohr ist so weit mit Quecksilber gefüllt, daß die Öffnung des Rohres s stets unter Verschluß bleibt. Am beweglichen Rohre hängt der Teller des den Kanal m abschließenden Ventiles, und sobald die Dampfspannung auf die Quecksilbersäule drückt, sinkt das bewegliche Rohr, während der Teller den Luftkanal schließt.

Der Dampferzeuger zählt zu den offenen Kesseln, da der Dampfraum durch ein 5 m hohes, oben offenes Standrohr u mit der Atmosphäre kommuniziert. v ist der Wasserstandsanzeiger, Rohr w dient zur Speisung des Kessels und das Rohr y leitet das Kondensationswasser zurück; x endlich ist das Hauptzuleitungsrohr von 40 mm Lichtweite.

Fig. 233.



Sämtliche Leitungsrohre bestehen aus Schmiedeeisen und haben einen im Verhältnis zu x abnehmenden, lichten Durchmesser; die Zuleitungen der Heizkörper sind nur 13 mm im Lichten weit.

Als Heizkörper werden von der genannten Heizfirma gußeiserne Rippenelemente (Fig. 233), die mit Flanschen übereinander geschraubt werden und dadurch einen zusammenhängenden Dampfraum bilden, verwendet. Mittels eines Absperrventiles kann jeder Heizkörper aus der Leitung ausgeschaltet werden; am unteren Ende des Heizkörpers strömen Dampf und Kondensationswasser in das Rückleitungsrohr ab und münden sodann in das Standrohr. Um zu verhindern, daß auch Dampf entweiche, bildet das Rückleitungsrohr einen syphonähnlichen Abschluß.

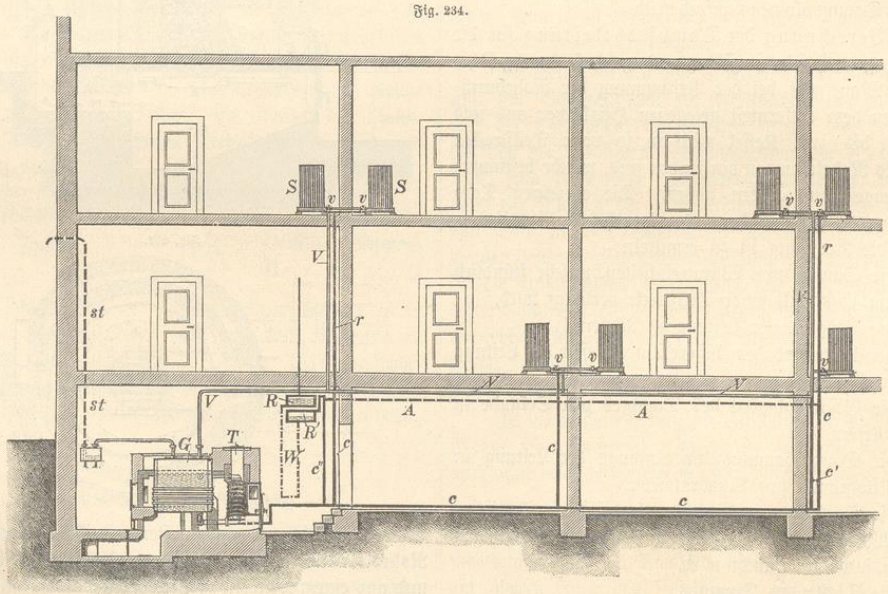
Dem Auge wird das Rippenregister mittels eines doppelwandigen Metallmantels, dessen Hohlraum mit Isoliermaterial gefüllt ist, entzogen; der Deckel desselben ist beweglich und gestattet das Austreten der vorgewärmten Frischluft.

Bedienung. Zur Feuerung des Kessels wird Coaks verwendet. Tritt erhöhter Dampfdruck ein, so sinkt das bewegliche Rohr p und die Luftzuführung zur Feuerung hört auf, wodurch die lebhafte Verbrennung und dadurch die Dampfentwickelung gemindert wird. Nimmt aber der Dampfdruck ab, so wird auch die Quecksilberfläche entlastet und nun öffnet das Laufgewicht am freien Hebelsarm selbstthätig das Tellerventil. In der Regel wird mit $^1/_{10}$ Atmosphäre Überdruck gearbeitet.

Die Bedienung ist eine einfache, da der Füllcylinder in der Regel innerhalb eines Tages nur einmal mit Coaks zu versehen ist; bei dieser Gelegenheit muß auch der Rost von Asche und Schlacken befreit werden. Nach 3 bis 4 Wochen ist im Kessel Wasser nachzufüllen.

II. Das Schema einer Dampfniederdruckheizung mit Syphon-Luftregulierung nach **Körtings** Patent Nr. 66058 stellt Fig. 234 dar. G ist der auf tiefer Sohle im Keller befindliche Niederdruckdampfkessel; das Brennmaterial wird durch den Füllschacht T aufgegeben und verbrennt in einem Schachtrost (Patent Körting), st ist das ins Freie mündende „Standrohr." Der Dampf wird den Heizkörpern S durch Dampfverteilungsrohre (V) zugeführt und verdrängt beim Anheizen die

Fig. 234.



in der Leitung enthaltene Luft. Werden hier auch die Dampfeinlaßventile v v geöffnet, so wird — nach Maßgabe des Wärmebedarfes — die in den Öfen angesammelte Luft in das Syphon-Luftgefäß R^I gedrängt, aus dem sie — nach Schluß der Ventile — durch den im Gefäß R herrschenden Wasserdruck wieder in die Heizkörper zurückkehrt. Hiernach kommen auch die oben beschriebenen Luftein- und -Auslaßventile (Fig. 216) bei der Syphon-Luftregulierung in Fortfall.

Die Öfen sämtlicher Geschosse erhalten zum Keller hinab führende Kondenswasserrohre c c, auch die Verteilungsleitung ist an die Kondenswasserleitung angeschlossen (c').

Vorteile des Körting'schen Systemes.

1) Die im Heizsystem enthaltene Luft steht außer Verbindung mit der Atmosphäre, wodurch das Entlüften der Öfen in Fortfall kommt.
2) Die Heizung mit Syphon-Regulierung kann bei entsprechender Abwartung vom Keller her reguliert werden.
3) Die Bedienung ist höchst einfach und der Brennmaterialverbrauch relativ gering.

Als Dampferzeuger benutzen die Gebrüder Körting neuerdings den auf Tafel 48 in Fig. 1 bis 3 dargestellten Schachtrostkessel mit eigenartig gestaltetem Zugregulator (Fig. 4). Aus der Zeichnung geht der Schachtrost in seiner Verbindung mit dem Kessel deutlich hervor. Die einzelnen senkrechten Rostelemente sind im Grundriß Fig. 1 oval gestaltet (und oberhalb an einen Sammelkasten angeschlossen, der mit dem Dampf- und Wasserraume des Kessels durch den in Fig. 3 sichtbaren Stutzen in Verbindung steht. Durch diese Anordnung wird eine sehr lebhafte Wassercirkulation in den Rostelementen, welche sich nach unten hin frei ausdehnen können, hervorgerufen; Spannungen in den Elementen des Rostes werden vermieden. Der Rost erhält auch keine Einmauerung, sondern wird vorn und seitlich durch Isolierplatten i gegen Wärmeverluste geschützt. Die Auswechselung eines schadhaften Elementes ist hiernach leicht und in kurzer Frist zu bewirken.

Der selbstthätig wirkende Zugregler ist in Fig. 4 detailliert dargestellt (Maßstab 1:10). Das in dem U förmig gebogenen Rohre befindliche Gefäß A wird mit Quecksilber gefüllt, das obere dagegen, an das die Dampfleitung anschließt, mit Wasser. Sobald das Eckventil der Dampfleitung geöffnet ist, wird das Quecksilber und demzufolge auch der Schwimmer im Gehäuse S unter Dampfdruck gesetzt derart, daß derselbe je nach dem Dampfdruck steigt oder fällt. Der Schwimmer wirkt auf den oberen Hebelsarm H, an dessen Ende zwei Klappen befestigt sind. Die obere Klappe K regelt den Zutritt der Verbrennungsluft zum Feuerraum; sie ist geschlossen, wenn die gewünschte Dampfspannung erreicht ist. Steigt sie noch höher, so öffnet sich die untere Klappe und läßt aus dem gemauerten Kanal V kalte Luft in den Schornstein treten, wodurch der Zug vermindert wird. Das Feuer stagniert dann so lange, bis durch Druckverminderung, also veränderte Klappenstellung, neue Verbrennungsluft eintreten kann. Gewöhnlich ist der Regulator mittels des Gewichtes G so eingestellt, daß bei 0,15 Atmosphären Druck die Luft vom Rost abgeschlossen wird.

Für kleinere Anlagen verwendet die Firma Körting jetzt gußeiserne Schachtkessel mit Elementen, ähnlich denjenigen der Schachtroste auf Tafel 48. Dieselben können sich ebenfalls nach unten frei ausdehnen und sind oberhalb an einen Sammelkasten angeschlossen, der gleichzeitig den Dampfraum bildet. — Diese Kessel erhalten gar keine Einmauerung und nehmen daher wenig Raum ein.

In der schematischen Darstellung des Systemes Körting (vergl. Fig. 234) sind die Heizkörper als Radiatoren dargestellt: es werden aber auch vielfach Körting'sche Patent-Batterieelemente mit ovalem Querschnitt und geringem Wasserinhalte verwendet. Solche Elemente liefern die größtmöglichste Heizfläche auf geringem Raume und sind leicht zu reinigen.

Fig. 235.

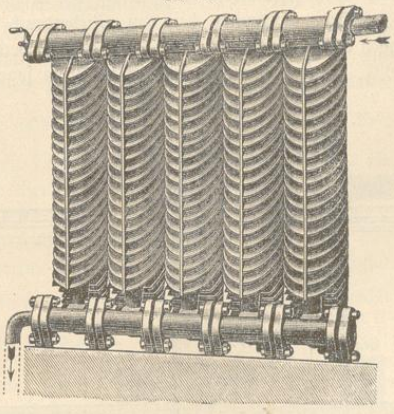


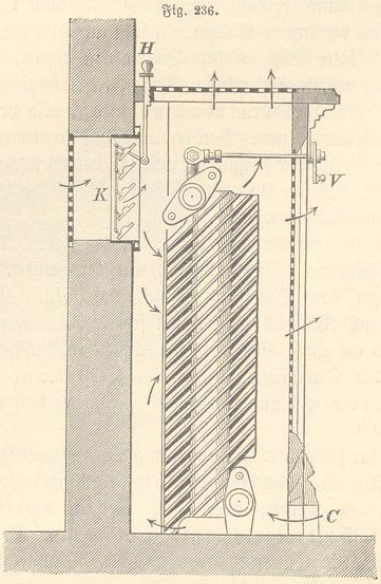
Fig. 235 stellt einen aus fünf Elementen kombinierten Dampfheizkörper dar; das obere Rohr desselben dient zur Zuleitung des Dampfes, durch das untere Rohr steht er mit dem Reguliergefäß in Verbindung.

Fig. 236 zeigt die Aufstellung eines derartigen Heizkörpers nebst Verkleidung mit hölzernem Mantel und Ausstrahlungsgittern für die vorgewärmte Ventilationsluft.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei K befindet sich eine Jalousieklappe zur Einführung frischer Luft in den Mantelraum. Die Dampfzuströmung

Fig. 236.

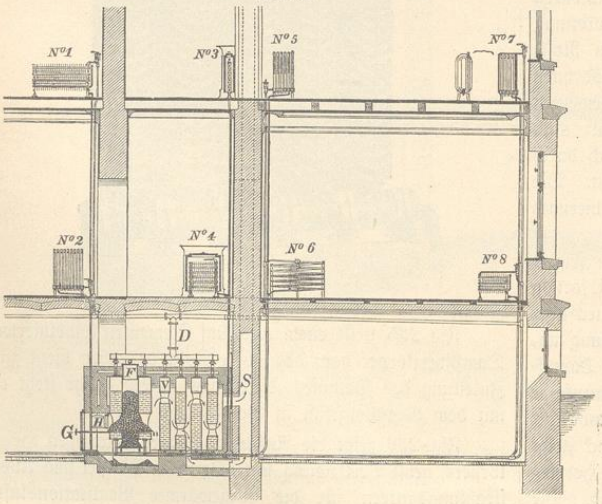


reguliert man durch die Kurbel V, die Jalousieklappe K wird durch den Hebel H bewegt.

III. Eine schematische Darstellung der Rohrführung und Heizkörperanordnung bei den Niederdruck-Dampfheizungen der **Gebr. Poensgen** in Düsseldorf verdeutlicht Fig. 237. — Zur Dampferzeugung wird ein sogenannter Vertikalgliederkessel mit Füllschacht F, Feuerthür G und Hängerost H verwendet. Dieser Centralofen besteht aus einer durch die Größe der Heizfläche bedingten Anzahl von Gefäßen ovalen Querschnittes, sogenannten Scheibenelementen V, die abwechselnd mit einem oberen resp. unteren Flammrohr versehen sind. R ist die Rostplatte, auf welcher sich Asche und Schlacken ablagern und nach Bedarf in den Aschenraum durchgestoßen werden. Zur Regelung der Verbrennung im Feuerraum und Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Dampfspannung im Kessel ist seitlich an dessen Gemäuer ein „Regulator" angebracht und mit dem Wasserraume des Kessels durch ein Rohr verbunden. Auch dieser Regulator beruht auf den Niveauschwankungen des Quecksilbers in einem mit dem Kesselraum in Verbindung stehenden Glockenrohr, doch sind Hebelmechanismen, welche leicht zu Störungen Veranlassung geben, hierbei vermieden. S ist der Schornstein mit Fuchs und Schieberverschluß, D das Hauptdampfrohr zur Weiterleitung an die Heizkörper. — Als solche kommen zur Anwendung: 1) Rippenheizkörper, 2) vertikale Dekorationselemente (Radiatoren), 3) Rohrspiralen aus 25 mm weitem Dampfrohr mit Rechts- und Linksgewinde.

Die Rohrführung erfolgt bei dem System Poensgen teils mittels Einrohrsystem, teils mittels Doppelrohrsystem; im ersten Falle findet die Regelung der Heizkörper durch Einschaltung von Isoliergehäusen, d. h. einer Ummantelung mit schlechten Wärmeleitern Regelung des Luftumlaufes am Heizkörper statt. Im zweiten Falle kommt das Doppelrohrsystem mit Ventilregulierung in Anwendung. Beide Systeme sind in Fig. 237 zur Darstellung

Fig. 237.



gebracht, und zwar das Einrohrsystem im Mittelkorridor des Gebäudes, das Doppelrohrsystem in den Zimmern. Bei den Dekorationselementen Nr. 2, 5, 7 erfolgt die Einführung des Dampfes von unten, bei den Rippenheizkörpern Nr. 1, 4, 8 und der Spirale Nr. 6 von oben; das Kondenswasser und die in den Heizkörpern eingeschlossene Luft fließen in der Richtung, wie der Dampf einströmt, ab. Die Luft entweicht durch automatische Entlüfter.

Fig. 238.

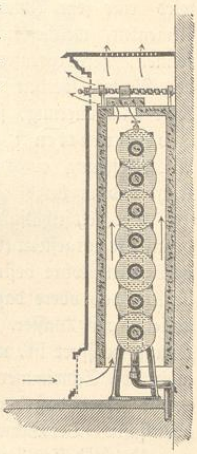


Fig. 238 giebt den Durchschnitt eines sogenannten Isoliergehäuses;

dasselbe ist kastenähnlich konstruiert und wird über den Heizkörper hier (ein Rippenrohrregister) gestülpt. Die Decke desselben hat eine schlitzähnliche Öffnung, die mittels eines Schiebers geschlossen werden kann. Der Sockel des Metallgehäuses ist für den Zutritt der Zimmerluft geöffnet; letztere erwärmt sich an dem Heizkörper und tritt durch die verstellbare Schieberöffnung in den Mantelraum und durch die Öffnungen im Ziergehäuse in der Richtung der Pfeile aus.

Bei geschlossenem Schieber hört die Luftbewegung und somit die Wärmeabgabe an den zu heizenden Raum ganz auf, da die isolierende Korkmasse nicht wärmedurchlässig ist. Es wird dadurch aber auch die Zugänglichkeit zum Heizkörper und die Reinigung desselben sehr erschwert, was die Anwendung dieser Regulierungsmethode beschränkt.

§ 67.

Berechnung der Dampfheizungen.

Größe der Kondensationsflächen. Wir haben aus den Anwendungen des § 13 unter 1) erfahren, daß die Wärmeabgabe von horizontalen, eisernen, auf 100° erwärmten Dampfheizröhren, welche in einem Raum von 15° C. aufgestellt sind, von deren Durchmesser abhängig ist und für 0,05 m weite Rohre pro Quadratmeter und Stunde 802 Wärmeeinheiten beträgt, während dieselbe für für Rohre von 0,10 m Diameter nur 753 Wärmeeinheiten ergiebt.

Bei vertikalen Cylindern von 1 m Höhe beträgt dagegen unter gleichen Verhältnissen nach Anleitung des § 14

$$W = 128{,}4 \,.\, 3{,}36 + 132 \,.\, 2{,}90 = 814 \text{ W.-Einh.}$$

Für vertikale glatte Registerflächen von 1 m Höhe ist endlich (nach Beispiel 3):

$$W = 128{,}4 \,.\, 3{,}36 + 132 \,.\, 2{,}4 = 748 \text{ W.-Einh.}$$

In diesem Falle haben wir die Annahme gemacht, daß Gefäße, in denen Dampf kondensiert wird, durch den zuströmenden Dampf auf konstanter Temperatur gehalten würden, und daß — wie bei stagnierenden Flüssigkeiten — beide Seiten des Kondensationsgefäßes im Beharrungszustande isothermische Flächen bilden.

Sicherer als die vorstehenden Zahlen sind die Resultate, welche Péclet bei direkten Versuchen über die Kondensation von Wasserdampf in horizontalliegenden, gußeisernen Röhren erhielt, die einer Temperatur von 15° ausgesetzt waren.[1]) Die Spannung des Dampfes betrug wenig über eine Atmosphäre und es ergab sich hierbei, daß die pro Quadratmeter und Stunde kondensierte Dampfmenge wiederum abhängig ist vom Durchmesser des Rohres.

1) Péclet, Tome II, No. 1668.

Es betrug nämlich das kondensierte Dampfgewicht pro Quadratmeter und Stunde für horizontale Rohre von Gußeisen: bei 0,05 m Diameter = 1,50 kg
„ 0,10 m „ = 1,44 „
„ 0,15 m „ = 1,34 „

Von weiterem Einfluß ist das Material der Kondensationsgefäße. Nach Tredgolds Versuchen beträgt das Gewicht des pro Quadratmeter und Stunde kondensierten Dampfes in Röhren verschiedenen Materiales, welche einer Temperatur von 15° C. ausgesetzt waren:

für Weißblech	1,07 kg
„ Glas	1,76 „
„ rostfreies Eisenblech . .	1,80 „
„ oxidiertes Eisenblech . .	2,10 „

1) In der Praxis rechnet man gewöhnlich bei glatten Kondensationsrohren von 7 bis 20 cm Durchmesser aus Gußeisen auf eine stündliche Kondensation von 1,8 kg Dampf pro Quadratmeter und Stunde bei einer Temperaturdifferenz von 85° C. zwischen den Heizkörpern und der Zimmerluft. Der Transmissionskoeffizient[1]) ist daher:

$$K = \frac{536{,}5 \,.\, 1{,}8}{85} = 11{,}36 \text{ W.-Einh.}$$

für 1° Temperaturdifferenz.

Nach dem in der Anmerkung des § 51 mitgeteilten Péclet'schen Versuch würde jedoch nur zu setzen sein:

$$K = \frac{536{,}5 \,.\, 1{,}5}{73} = 10{,}73 \text{ W.-Einh.}$$

für 1° Temperaturdifferenz.

2) Bei ummantelten Heizregistern ist die Temperatur der Cirkulationsluft wärmer als 15°, sie bildet etwa das arithmetische Mittel aus der eintretenden Cirkulationsluft und der austretenden Heizluft $\frac{10 + 40}{2} = 25°$; auch wird nicht selten Dampf von höherer Spannung benutzt, was die Verhältnisse wesentlich verändert. — In allen Fällen wird es demnach auf genaue Bestimmung der Temperaturdifferenz T — t ankommen, wobei auch der Wärmeverlust in den Leitungsröhren zu berücksichtigen ist.

1) Redtenbacher, der Maschinenbau I, S. 374, fand für Übergang von Dampf durch einfache Wandungen von Gußeisen R = 12. Die neueren Arbeiten über die „Wärmeabgabe von Heizflächen an Luft" rühren von H. Fischer her (Dingler, Polyt. Journal, Jahrg. 1878, Bd. II). Er fand als Mittel aus einer Reihe von Versuchen mit Dampfheizröhren den Transmissionskoeffizienten (für 1° Temperaturdifferenz zwischen der Luft und der Wärme abgebenden Röhre) bei einer Dampftemperatur von 132 bis 134° C. wie folgt:

für gerippte vertikale Rohre	K = 10,77,
die Wärmetransmission der Rippenfläche allein . .	K = 7,6,
die Wärmeabgabe glatter vertikaler Röhren bei 18 bis 19° Lufttemperatur	K = 17,
bei einer Haag'schen Heizschlange, welche von Dampf durchströmt wurde, fand man	K = 13,7,

Setzt man mit Redtenbacher die Temperatur des Dampfes T = 110° C.

t = 20° und K wie oben = 11,36,

so findet man die Wärmeabgabe glatter Rohre pro Quadratmeter und Stunde: W = 90 . 11,36 = 1022 W.-Einh., ein Wert, der jedenfalls sehr hoch ist, und in der Praxis mit Sicherheit nur da zu Grunde gelegt werden sollte, wo die strahlende Wärme der Heizfläche vollständig ausgenutzt werden kann.

Nach Valerius (Les applications de la chaleur) geben Dampfheizkörper, welche im Fußboden liegen, resp. ummantelt oder in Heizkammern aufgestellt sind, pro Quadratmeter und Stunde nur 8 bis 10 Wärmeeinheiten für 1° Temperaturdifferenz ab (also für 100° Temperaturdifferenz 800 bis 1000 Wärmeeinheiten. Freistehend strahlende Kondensationsgefäße geben dagegen bei 1° Temperaturdifferenz pro Quadratmeter und Stunde 10 bis 14 Wärmeeinheiten ab. Wird nun die Luft mit etwa 0° genommen und bis 20° erwärmt, so daß die mittlere Temperatur 10° beträgt, so erhält man für Dampf von 105° eine stündliche Transmission von 950 bis 1330 Wärmeeinheiten. Diese Koeffizienten würden im großen ganzen auch für Dampfwasseröfen maßgebend sein, weil das Wasser in diesen Heizkörpern offenbar dieselbe Temperatur hat, wie der Dampf, solange derselbe auf dem Wasser steht.

Zur theoretischen Bestimmung der Abmessungen von Dampfheizkörpern verschiedener Gattung kann auch nachstehende Tabelle von H. Rietschel benutzt werden:

Tabelle I über Wärmeabgabe von Heizkörpern bei Dampfheizung.

Nr.	Heizkörper	Transmissionskoeffizient	Berechnete Wärmeabgabe eines Quadratmeters Heizfläche bei Niederdruckdampfheizung: Luft wird erwärmt von 20° C. auf	Niederdruckdampfheizung: Abgegebene Wärmemenge	Hochdruckdampfheizung: Luft wird erwärmt von 20° C. auf	Hochdruckdampfheizung: Abgegebene Wärmemenge
1	Freistehende glatte Rohre	K = 15	50°	980 W.-Einh.	60°	1050 W.-Einh.
2	Ummantelte glatte Standrohre	K = 12	60°	720 „	70°	780 „
3	Freiliegende glatte Rohre, nicht über 150 mm weit	K = 15	40°	1050 „	50°	1125 „
4	Desgl. ummantelt	K = 12	50°	780 „	60°	840 „
5	Schmiedeeiserne Heizkörper mit geringem Dampfraum	K = 15	55°	940 „	65°	1010 „
6	Desgl. ummantelt	K = 12	60°	720 „	70°	780 „
7	Gußeiserne Rippenregister mit geringem Dampfraum und niedrigen Rippen	K = 11	50°	720 „	60°	770 „
8	Desgl. ummantelt	K = 9	60°	540 „	70°	580 „
9	Luftrohre außen von Dampf umgeben bis 100 mm weit	K = 9	70°	500 „	80°	540 „
10	Desgl. bis zu 200 mm weit	K = 9,5	60°	570 „	70°	620 „
11	Desgl. über 200 mm weit	K = 10	50°	650 „	60°	700 „

In der Praxis werden gewöhnlich die Werte der Tabelle II zu Grunde gelegt:

Tabelle II.

Nr.	Heizkörper	Stündlich abgegebene Wärmemenge auf 1 qm Heizfläche: Niederdruckdampfheizung	Hochdruckdampfheizung
1	Glattes Rohr, stehend	700 bis 750	850 bis 900
	liegend	750 „ 800	900 „ 950
2	Rohrspiralen	650 „ 700	800 „ 850
3	Rippenregister, gußeis.	400 „ 500	500 „ 600

Anm. Bei verkleideten Heizkörpern ist je nach Art der Verkleidung bis 25 Proz. weniger Wärmeabgabe in Ansatz zu bringen.

Bestimmung des Dampfkessels. Nimmt man an, daß der Dampf gesättigt mit 100° C. in den Kondensationsgefäßen ankommt und das Kondenswasser mit 100° C. abfließt, dann werden durch die Kondensation von jedem Kilogramm gesättigten Dampfes 536,5 Wärmeeinheiten frei. — Beträgt nun der Maximalwärmeverlust des Gebäudes pro Stunde W_x Wärmeeinheiten, so sind stündlich zu erzeugen:

$$P = \frac{W_x}{535{,}5} \text{ kg Dampf.}$$

Die Dampfproduktion bei Kesseln mit äußerer und innerer Feuerung beträgt aber pro Stunde und Quadratmeter = 15 bis 25 und im Mittel 20 kg:

die totale Heizfläche des Kessels ist daher:

$$F = \frac{P}{20} = \frac{W_x}{536{,}5 \,.\, 20} = \frac{W_x}{10730}.$$ [1])

Wasserraum. Nach Morin soll folgendes Verhältnis stattfinden: Bezeichnet

V den Rauminhalt des Kessels,

V_w den Wasserraum eines Kessels von n. Pferdekraft, dann soll

V gewählt werden zwischen 0,66 n. cbm und 0,59 n. cbm,
V_w „ „ „ 0,40 n. cbm „ 0,36 n. cbm.

In der Praxis wird die Dampfproduktion in Pferdekräften angegeben, ohne Rücksicht auf die Verwendungsart, und ist ein Kessel von drei Pferdekräften ein solcher, der stündlich 3 . 33 kg Dampf produziert.

Auch der Brennmaterialkonsum kann empirisch bestimmt werden. Da nämlich 1 kg Steinkohle, auf dem Rost verbrannt, 6 bis 8 kg Dampf erzeugt, so nimmt man im Mittel eine 7fache Verdampfung an.[2])

Ist nun

p das Gewicht des Brennmateriales,

P die Anzahl Kilogramm gesättigten Dampfes, die stündlich erzeugt werden sollen, so hat man

$$p = \frac{P}{7} = \frac{W}{7 \,.\, 536{,}5} \text{ kg Kohlen.}$$

Da auf einem Quadratmeter Rostfläche stündlich 40 kg Kohle verbrannt werden, so ist die totale Rostfläche:

$$\varphi = \frac{p}{40}$$ und die freie Rostfläche $= {}^1/_4\ \varphi = \frac{p}{160}$.

Kosten der Dampfheizung.

Auch hier variieren die Kostenbeträge je nach Größe der Räume und Ausstattung der Heizkörper ganz erheblich. — In den Schulhäusern der Stadt Kiel betrugen nach Hesse die Anlagekosten der Dampfheizung pro Kubikmeter Heizraum nur 1,55 Mk.; die täglichen Heizkosten stellen sich pro 100 cbm auf 9,155 Mk. Dagegen belaufen sich die Anlagekosten einer Dampfheizung in Magdeburg (bei welcher 10940 cbm Raum mit 226 qm Heizfläche erwärmt werden) pro Kubikmeter auf 3,03 Mk. und die täglichen Heizkosten pro 100 cbm zu erwärmenden Raum auf 0,225 Mk.

Kosten der Dampfwasserheizung.

1) Eine sehr vollkommen eingerichtete Anlage ist in der Irrenheilanstalt zu **Düren**[1]) zur Ausführung gelangt. Die Dampfkesselanlage besteht aus vier Kesseln nach Dupuis'schem System mit $3 \,.\, 60 + 22{,}5 = 202{,}5$ qm feuerberührter Fläche, wovon etwa 170 qm durch den Betrieb der Dampfwasserheizung absorbiert werden. Es werden erwärmt:

22000 cbm Raum auf 16° R. durch 730 qm Dampfwasseröfen,
12000 „ „ „ 10—11° R. „ $\begin{cases} 40 \text{ „} \\ 200 \text{ „} \end{cases}$ „ Dampfheizkörper,
also 34000 cbm Raum durch 970 qm Heizfläche,

so daß auf jeden Quadratmeter feuerberührte Fläche der Dampfkessel 5,7 qm Fläche der Heizkörper entfallen. Zur Bedienung der Dampfwasserheizung und der sonstigen maschinellen Einrichtungen der Irrenanstalt sind ein Maschinist und zwei Kesselheizer angestellt.

Die täglichen Betriebskosten haben sich pro 100 cbm Heizraum auf etwa 0,085 Mk. gestellt.

2) Im Polytechnikum zu **Zürich**, in welchem diese Heizung sich nunmehr seit fast 30 Jahren bewährt hat, werden 48227 cbm Heizraum durch vier Kessel erwärmt, die in zwei Gruppen aufgestellt und von einem Heizer bedient sind. Die Anlagekosten stellen sich auf 1,32 bis 2,40 Mk. für den Kubikmeter zu heizenden Raum.

Die täglichen Betriebskosten betragen pro 100 cbm Heizraum im Durchschnitt 0,14 Mk.

§ 68.

Kombinierte Centralheizsysteme.

Auch die Dampfwasserheizung wird in der Regel zu den kombinierten Heizsystemen gezählt. Wir hielten uns berechtigt, sie im Zusammenhange mit der Dampfheizung zu besprechen: 1) weil sie im Prinzip nur dadurch von letzterer abweicht, daß das Wärme tragende Medium nach beiden Aggregatzuständen, d. h. in elastisch flüssiger Form als Transportmittel und in tropfbar flüssiger als Reservationsmittel für Wärme benutzt wird und 2) weil für beide Methoden auch der Wärmerecipient derselbe bleibt, nämlich ein Dampfkessel oder ein System von solchen.

1) Nach Redtenbacher $F = \frac{W_x}{10400}$.

2) Die Durchschnittsleistungsfähigkeit der besten Röhrenkessel ist allerdings eine höhere; sie ist auch keine gleichmäßige, sondern ändert sich mit dem größeren oder geringeren Druck. Nach den Betriebsresultaten der Dampfdistriktsheizung zu Lockport wurden bei 241° F. = 116° C. durch 1 Pfd. Kohle 9,36 Pfd. Wasser verdampft, und bei 25 Pfd. Dampfdruck ist eine neunfache Verdampfung garantiert. Vergl.: Auszug aus dem Bericht des Ingenieurgeneral Haupt in Nr. 14 des „Rohrlegers", Jahrg. 1877.

1) Zum Studium dieser vortrefflichen Heizanlage mit den Einrichtungen der Koch- und Waschanstalt, der Wasch- und Badeeinrichtungen u. s. w. verweisen wir auf den beachtenswerten Artikel in Nr. 1 bis 11, Jahrg. 1879 des „Rohrlegers". Die Nr. 3 der Zeitschrift enthält den Lageplan der Irrenheilanstalt.

I. Kombination der Heißwasserheizung mit der Luftheizung.

Ein anderes Verhältnis findet statt bei den in neuerer Zeit zur Ausführung gekommenen Centralheizungen mit Ventilation. Die frische Luft wird dann in einer Heizkammer erwärmt und den zu beheizenden Räumen zugeführt. Außerdem aber sind — um die Wärmeverluste durch Transmission auszugleichen — in den verschiedenen Räumen besondere Heizkörper aufgestellt.

Ein Beispiel dieser Art bildet die auf Tafel 40 dargestellte Heizanlage der Realschule zu Darmstadt. — Die Ventilationsluft wird durch Heißwasserspiralen, welche in Kanälen unter der Decke des Souterrains liegen, auf 20° C. vorgewärmt (vergl. S. 150), zu welchem Zweck zwei besondere Heißwasseröfen im Souterrain aufgestellt sind. Wir haben hier eine kombinierte Heißwasserluftheizung vor uns, während die nebenher bestehende „Wasserheizung mit Mitteldruck" bestimmt ist, an kälteren Tagen die Verluste durch Transmission zu decken. Die Luftheizkammer kann, wie es eben die Verhältnisse gestatten, in der Grundform langgestreckt oder aber hoch angelegt werden: es kommt thatsächlich nur darauf an, in derselben die dem verlangten Wärmebedarf entsprechende Heizrohrfläche unterzubringen. Die Berechnung ist wieder zu führen nach Anleitung der §§ 14 und 60, wobei die Abkühlung der Heizkammer und der Warmluftkanäle nicht außer acht zu lassen ist.[1])

Kombinierte Wasserluftheizungen sind mehrfach von der Firma Johannes Haag in Augsburg ausgeführt worden und haben sich im allgemeinen gut bewährt, insbesondere diejenigen Modifikationen des Systemes, bei welchen nicht allein die Luft der Heizkammern mit Perkinsröhren erwärmt wird, sondern auch noch außerdem Heizschlangen in den zu erwärmenden Räumen verwendet sind. Die Behandlung der ganzen Anlage ist dann eine einfachere, denn die Wärmeentwickler gehören einem und demselben Centralheizsystem an.

In größeren Gebäuden ist man mit Rücksicht auf die höchste, zulässige Länge der Rohrführung beim System Perkins (welche 200 m nicht wesentlich überschreiten soll), gezwungen, mehrere Feuerstellen anzulegen. Beträgt die Anzahl der Heizstellen 3 bis 4, so bleibt das System immerhin noch vorteilhaft und billig in der Anlage: bei größeren Baukomplexen aber dürfte es nach neueren Erfahrungen angemessener sein, sich für die der Centralisation fähigere Dampf- oder Dampfluftheizung zu entscheiden, welche in ihrer gegenwärtigen Ausbildung allen Anforderungen gerecht werden kann.

1) Dieser Wärmeverlust, obwohl er teilweise dem Hause wieder zu statten kommt, ist nicht zu unterschätzen; einzelne Ingenieure veranschlagen denselben auf 10 Proz. der produzierten Wärme des Heizapparates.

Anm. Indessen finden sich auch großartige und weitverzweigte Baulichkeiten, welche vor circa drei Dezennien entstanden, mit Heißwasserluftheizung versehen; als hervorragendes Beispiel nennen wir:

Die **Strafanstalt** am **Plötzensee** bei Berlin, erbaut in den Jahren 1869 bis 1876. Nach der Publikation des Geheimen Oberbaurat **Herrmann** in der „Zeitschrift für Bauwesen"[1]) sind außer dem Verwaltungsgebäude, dem Isoliergebäude und dem I. Gefängnis — welche eine Heißwasserheizung nach Haag'schem System erhielten — folgende Gebäude mit Heißwasserluftheizung versehen:

a) Das **II. Gefängnis** für 450 Erwachsene.[2]) Die erforderlichen Heißwasserapparate sind an sechs verschiedenen Stellen des Gebäudes und in 28 Rohrsystemen untergebracht. Man beabsichtigte dadurch die dem Winde ausgesetzten Zellen unabhängig und stärker zu heizen, als die entgegengesetzt liegenden. Die Zuführungsrohre für erwärmte Luft münden nach der Decke, die Abführungsrohre für verbrauchte Luft liegen jenen diametral gegenüber, steigen bis zum Fußboden des Dachgeschosses auf und münden dort in schwach geneigte, mit Zinkblech ausgefutterte Holzkanäle, welche mit den vertikalen Abzugsschloten kommunizieren. Letztere sind nur durch eine Blechwand von dem Schornstein des Heizapparates getrennt (Drucklüftung). Die frische Luft wird durch drei Maschinenventilatoren nach den sechs Heizkammern gedrückt (Drucklüftung).

b) Das **Krankenhaus** für 120 Betten.[3]) Zwei van Heck'sche Ventilatoren, welche durch eine Maschine von $3^1/_2$ Pferdekraft getrieben werden, drücken die frische Luft in die beiden langen Heizkammern. Nachdem sie sich dort an den aufgestellten Heizschlangen erwärmt hat, gelangt sie in die Mischkammer und tritt, auf 30° erwärmt, in die zu heizenden Räume nahe der Decke ein. Die verdorbene Luft wird am Fußboden abgeführt. Die stündliche Lüftung pro Bett beträgt 80 bis 100 cbm.

II. Die Verbindung der Warmwasserheizung mit der Luftheizung.

Eine solche hatte zuerst Léon Duvoir im Irrenhause Prefargier bei Neufchatel[4]) zur Anwendung gebracht. Der Wärmerecipient ist ein in der Heizkammer aufgestellter Wasserkessel mit Steigerohr und Rücklaufrohr. Alle entfernteren Räume werden mit Wasseröfen geheizt, die näher liegenden Haupträumne mit erwärmter Luft aus der Heizkammer.

Der Luftraum für jeden Kranken ist reichlich auf 65 cbm bemessen und die Anstalt faßt 130 Kranke, so daß 8450 cbm Raum zu erwärmen sind.

Die Gesamtkosten der Heizung betrugen 50000 Frcs. = 40000 Mk.

Demnach entfallen auf je 100 cbm Heizraum 475 Mk. Anlagekosten, die täglichen Betriebskosten betragen 0,134 Mk. für 100 cbm Heizraum.

1) Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1877, Heft 8 bis 12, und Jahrg. 1878, Heft 4 bis 12.

2) Ebenda, Jahrg. 1878, Blatt 21 und 22.

3) In den großen Krankensälen, welche eine starke Abkühlungsfläche darbieten, wird der größere Wärmebedarf noch außerdem durch aufgestellte Heizschlangen gedeckt, unter Beibehaltung des obigen Evakuationsquantums pro Bett und Stunde.

4) Vergl. Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen 1873, Seite 437.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Anm. Im städtischen allgemeinen Krankenhause zu Berlin, welches durch die Architekten Gropius und Schmieden in den Jahren 1868 bis 1874 ausgeführt und in Erbkams Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1875 und 1876, publiziert wurde, ist das System der Wasserluftheizung im ausgedehntesten Maßstabe zur Beheizung und Ventilation von drei einstöckigen und vier zweistöckigen Pavillons zur Anwendung gelangt. Diese mit vortrefflichen sanitären Einrichtungen versehene Anstalt ist für 600 Kranke errichtet, die in zehn Pavillons und zwei Isoliergebäuden untergebracht sind. Zur Erwärmung und Ventilation der Krankenpavillons[1]) dienen langgestreckte, 1,5 m breite und 2,8 m hohe Heizkammern, die sich fast in der ganzen Länge des Krankensaales dicht unter dem Fußboden des Erdgeschosses hinziehen. In diesen Kammern ist eine Rohrleitung von schmiedeeisernen Patentrohren aufgehängt, an denen sich die durch eine große Anzahl von Öffnungen eintretende frische Luft erwärmt, um sogleich in die Krankenräume durch im Fußboden des Erdgeschosses angebrachte Einströmungsöffnungen, welche mit tischähnlichen Registern überbaut sind, zu treten. Nach den entlegeneren Einzelzimmern gelangt die Luft durch vielfach verzweigte Kanäle. Die Abführung der schlechten Luft erfolgt dagegen durch 16 mit Stellklappen versehene Öffnungen am Fußboden, welche mit zwei, zu den Seiten der Heizkammer sich hinziehenden Ventilationskanälen kommunizieren und ihrerseits durch den hohen Absaugeschacht entlüftet werden.

Als Wärmeerzeuger dienen zwei Warmwassermitteldruck-Heizapparate, wie solche auf Tafel 50 dargestellt sind, und zwar dient ein Apparat als Wärmerecipient für die Wasserröhren der Luftheizkammern, aus welchen stündlich für jeden Kranken 77,29 cbm frische, auf 16° erwärmte Luft zugeführt werden; der zweite Apparat erheizt die in den Krankenzimmern aufgestellten Röhrenregister und liefert dadurch auch die strahlende Wärme, welche in Krankenräumen so ungern vermißt wird.

Der durchschnittliche, tägliche Kohlenverbrauch eines Pavillons betrug bei mittlerer Winterkälte 375 kg, wovon 150 kg als Verbrauch für die Luftheizung zu rechnen sind; das stündlich zu erneuernde Luftquantum eines einstöckigen Pavillons berechnet sich auf 3636 cbm.

III. Die Kombination der Dampfheizung mit der Luftheizung.

Dieselbe ist in den letzten beiden Decennien vielfach zur Anwendung gekommen und namentlich da, wo man von einer Aufstellung der Kondensationsapparate in den zu heizenden Räumen Abstand nehmen mußte und gleichzeitig weit verzweigte Anlagen von einem Centralherde aus geheizt werden müssen, oder wo — wie bei Anlage großer Versammlungssäle — auch eine starke Lufterneuerung notwendig ist, die mit Sicherheit in der Regel nur durch maschinellen Betrieb erreicht werden kann. Hierzu tritt die Notwendigkeit, daß nach Eintritt des Publikums in die Räume nicht nur die Wärmeproduktion ganz aufhören, sondern die durch Menschen und Beleuchtungsstoffe entwickelte Wärme auch abgeführt werden muß.

Solche Verhältnisse treten ein in den Sitzungssälen politischer Körperschaften, den Auditorien höherer Unterrichtsanstalten, namentlich aber in Konzertsälen und Theatern mit ihren weitverzweigten Nebenräumen; dieselben werden jedoch allgemein verständlich nur im Zusammenhange mit den Grundzügen der Lüftung, welche im VII. Kapitel behandelt wird.

Auf den Tafeln 42 bis 46 haben wir die Gesamtdisposition einer im größeren Maßstabe angelegten Dampf- und Dampfluftheizung in den Räumen des physiologischen Institutes zu Berlin dargestellt und in § 65 eingehend erläutert.

Tafel 42 giebt die Einrichtung einer kleineren Heizkammer für Dampfluftheizung; a ist das Dampfregister, b das Dampfzuleitungsrohr, bei c befindet sich das Dampfeinlaß-, bei d das Dampfauslaßventil. Mittels der Stellstange r kann die Mischklappe beliebig eingestellt werden, je nachdem die Temperatur des geheizten Raumes solches bedingt. Der Rapport für den Heizer wird, wie erwähnt, durch Metallthermometer, in Verbindung mit dem im Keller angebrachten Galvanometer, hergestellt.

Als weitere Beispiele der Anwendung einer kombinierten Dampfluftheizung nennen wir an dieser Stelle:

a) den Saal des Abgeordnetenhauses in Berlin[1]) (Fig. 242). Die frische Luft gelangt direkt von außen in die Heizkammer, wird durch aerostatischen Druck in einen Gang unter dem Saal getrieben, tritt durch eine Anzahl kleiner Schächte unter den terrassierten Fußboden und strömt auf 16 bis 18° erwärmt durch zahlreiche Öffnungen in den Stoßbrettern der Stufenabsätze in den Saal.

Die verbrauchte Luft steigt empor, entweicht durch eine Anzahl von Scheibenöffnungen des Deckenoberlichtes in den darüberliegenden Dachraum, um von hier ins Freie zu gelangen.

b) In dem nun abgebrochenen provisorischen Reichstagsgebäude[2]) zu Berlin wurde die frische Luft mittels zweier Ventilatoren in die Souterrainkorridore, die sich unterhalb des Sitzungssaales hinziehen, gedrückt und gelangte hierauf in zwei langgestreckte Heizkammern, welche mit Dampfröhren erwärmt wurden. Sie strömt von hier in eine Art von „Mischkammer“ und endlich in vertikalen Kanälen aufwärts, um nahe der Decke in der Höhe von 9,4 m Durchmesser in den Saal einzuströmen.

Die Temperatur der Heizluft wurde durch Metallthermometer kontrolliert, sie durfte bei Beginn der Sitzung nur 13½° R. betragen. — Die einströmende Heizluft bewegte sich abwärts und gelangte durch zahlreiche Öffnungen der vertikalen Stufenabsätze unter den Fußboden und sodann in den Aspirationsschacht.

c) Das Wiener Opernhaus ist mit einer vorzüglichen Heizungs- und Ventilationseinrichtung nach Angaben des Professor Dr. K. Böhm daselbst versehen. Die Erwärmung erfolgt durch Dampfluftheizung; das durchdachte Lüftungssystem mit seiner Ankunfts-, Erwärmungs-, Mischungs- und Verteilungskammer ist eingehend erst im Zusammenhange mit dessen Ventilationseinrichtungen zu besprechen.

---

1) Vergl. Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen 1875, Tafel 42 und 43.

1) und 2) nach Häsecke, Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.

§ 69.

Vergleich der gebräuchlichsten Heizsysteme.

Es erübrigt am Schluß dieses Kapitels noch, die Vorteile und Nachteile der im V. und VI. Kapitel des I. Abschnittes besprochenen Heizsysteme im kurzen zu charakterisieren.

I. Ofenheizung.

Die Konstruktion der Zimmeröfen ist einfach, dieselben sind leicht zu bedienen und leicht auszuwechseln; die einzelnen Räume eines Gebäudes können unabhängig von einander — und dennoch befriedigend — bei geringsten Anlagekosten geheizt werden.

Dagegen ist ihr Betrieb verhältnismäßig teuer und auch zeitraubend wegen des Kohlen- und Aschentransportes.

Indiziert ist die Ofenheizung für Landhäuser und gewöhnliche städtische Wohngebäude immer dann, wenn die Mittel zur Anlage einer guten Centralheizung fehlen. Auch für gewöhnliche Mietswohnungen bleibt — schon aus finanziellen Gründen — die Ofenheizung dauernd in Gebrauch. Anderer Art liegen die Verhältnisse für mehrgeschossige moderne Kaufhäuser mit großen Glasflächen, bei denen — wegen der bedeutenden Abkühlung — durch diese Heizmethode der Beharrungszustand fast nie erreicht wird und die Heizung mit eisernen Öfen mit Rücksicht auf Feuersicherheit ausgeschlossen ist.

Kachelöfen, welche eine eigentliche Wärmeregelung nicht zulassen, sind daher nur für Räume anwendbar, in denen sich wenige Personen dauernd aufhalten (für Wohnzimmer, Bureaus), für stark besetzte Räume (Schulen) sind sie nicht zu empfehlen. In Krankenräumen, kleineren Privatschulen und Wohnzimmern, wo zwar eine gleichmäßige Temperatur erfordert wird, aber zuweilen auch verhältnismäßig schneller Wechsel in der Wärmeabgabe bedingt ist, da sind eiserne Füllöfen mit ununterbrochenem Betriebe, welche gegenwärtig in großer Vollkommenheit fabriziert werden, am Platz.

II. Luftheizung.

Dieselbe erfordert bei mäßiger Ausdehnung des Gebäudes die geringsten Anlagekosten. — Bei rationeller Konstruktion ist das System einfach, gefahrlos und leicht zu bedienen und es kann dadurch auch ein starker Luftwechsel erzielt werden. Die Erwärmung geht schnell von statten; die Aufstellung von Heizkörpern in den Zimmern fällt fort.

Bei größerer Ausdehnung des Gebäudes ist die Anlage mehrerer Feuerstellen geboten und wird daher der sichere Effekt zuweilen vom Grundriß des Gebäudes abhängen. In alten Gebäuden ist die Anlage in der Regel mit baulichen Schwierigkeiten verbunden.

III. Warmwasserheizung mit Niederdruck.

Durch Regulierbarkeit und Absperrbarkeit der Heizkörper ist dies System das vollkommenste, indem es zugleich die relativ größte Ausnutzung des Brennstoffes gestattet; dagegen sind die Anlagekosten bedeutend. — Die Bedienung ist einfach, erfordert aber Verständnis; Ventilation ist mit der Heizung leicht zu verbinden. Das System ist gefahrlos und bei solider Ausführung fast gar nicht reparaturbedürftig. — Die Reservation der Wärme ist bedeutend, aber die Erwärmung tritt erst nach längerem Feuern ein. — Sehr große Gebäude verlangen die Herrichtung mehrerer Feuerstellen.

IV. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

Die Regulierbarkeit des Effektes, Ausnutzung des Brennstoffes und Ausdehnungsfähigkeit hat dieses System mit der Niederdruckheizung gemein; auch Lüftung ist bequem damit zu verbinden. — Die Heizkörper sind kleiner und stärker strahlend, besitzen aber weniger Reservationskraft. — Anlagekosten: geringer als bei Niederdruckheizung.

V. Heißwasserheizung.

Das System ist auch in alten Gebäuden leicht und schnell zu installieren. Die Anlagekosten sind gering; der Betrieb ist einfach und im Preise gleich demjenigen der Luftheizung. Der Effekt tritt schnell ein.

Dagegen ist eine ausreichende Ventilation nicht leicht mit der Perkinsheizung zu verbinden; wird solche zur Bedingung, so ist Heißwasserluftheizung vorzuziehen. Der Effekt ist schwer nach der Außentemperatur regulierbar. — Wärmereservation ist wenig vorhanden, daher die Gefahr des Einfrierens nicht ausgeschlossen.

VI. Dampfheizung.

1) Dieselbe gestattet die größte Ausdehnung in horizontaler und vertikaler Richtung: es können sogar eine Anzahl von Gebäuden von einer Feuerstelle, die außerhalb ihrer Umfassungen liegt, geheizt werden (vergl. Schluß des § 65).

2) Die Wirkung tritt schnell und intensiv ein.

3) Mit der Dampfheizung kann auch Lüftung leicht verbunden werden, da der Dampf den Betrieb von Maschinenventilatoren gestattet.

4) Wo abgehende Dämpfe verwendet werden, ist der Betrieb billig; dient dagegen der Dampf nur Heizzwecken, so wird die Anlage teuer durch Beschaffung der Kessel. Letztere unterliegt polizeilicher Konzession.

5) Reservationsvermögen ist bei diesem System nur vorhanden, wenn in den Kondensationsgefäßen Wasser stehen bleibt. Dadurch wird aber die Anlage (der größeren Gefäße wegen) verteuert.

6) Zur Bedienung ist ein geübter Heizer erforderlich, dem das Verständnis der Kesselheizung nicht mangelt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Siebentes Kapitel.

Lüftung der Gebäude.

§ 70.

Die Lüftung der Gebäude bezweckt die Erneuerung der Luft der Innenräume, d. h. die regelrechte Abführung der verdorbenen Luft und der in ihr enthaltenen schädlichen Gase und die Zuführung eines den Prinzipien der Gesundheitspflege entsprechenden Quantums frischer Luft. Denn die Existenz der organischen Wesen verlangt als das dringendste Bedürfnis „reine Luft zum Atmen". Wer, wie die Städtebewohner, selten nur in den Genuß einer ganz reinen Luft gelangt, weiß ihren Wert für das Wohlbefinden zu schätzen!

Erst in neuerer Zeit hat man — in Beobachtung der hohen Sterblichkeitsziffer der auf engen Raum zusammengedrängten Bevölkerung der Großstädte — es als ein Bedürfnis anerkannt: Arbeitsräume, Bureaus, Schul- und Versammlungssäle, Schlaf- und Krankensäle, Gefängnisse und Kasernen u. s. w. mit rationellen Lüftungsanlagen zu versehen. — Erst spät hat sich die öffentliche Aufmerksamkeit und die Gesetzgebung mit diesem wichtigen Erfordernis des Wohlbefindens und Gedeihens der Menschen beschäftigt.

Geschichtliche Vorbemerkungen. Im Mittelalter, selbst bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts hin, fühlte man das Bedürfnis künstlicher Lüftungseinrichtungen nicht. Gebäude zu zahlreicher Ansammlung von Menschen waren — mit Ausnahme der Kirchen — kaum vorhanden, und in diesen letzteren machte sich wegen ihrer Großräumigkeit ein Luftmangel nicht fühlbar. In den Wohnungen der Städte aber war, wegen der engen Straßen und Höfe, für Luftwechsel gar nicht gesorgt: die verheerenden Seuchen vergangener Jahrhunderte dürften daher zum Teil der Insalubrität der Wohnungen und ihrem Mangel an reiner Luft zuzuschreiben sein!

Als theoretischer Begründer der Lüftung kann der französische Gelehrte N. Gauger angesehen werden, der 1714 eine Abhandlung über die Mechanik des Feuers schrieb; wenigstens gab er dem bekannten Physiker Désaguliers, einem Refugié, die Anregung, auf diesen Prinzipien weiter zu bauen. Dieser übersetzte das Werk Gaugers ins Englische und brachte im Jahre 1723 dessen Erfindung im Hause der Gemeinen zur Anwendung, indem er in der Decke mehrere Luftschächte anlegte und (um 1736) eine mechanische Vorrichtung hinzufügte, welche er Centrifugalrad nannte. Der Mann, der dasselbe drehte, wurde „Ventilateur" genannt.

Bekannter als diese Versuche und von greifbareren Erfolgen begleitet, waren die künstlichen Lüftungseinrichtungen, welche im Jahre 1750 auf Veranlassung der englischen Regierung durch Dr. Hales getroffen wurden, um der Sterblichkeit im Gefängnis von Newgate Einhalt zu thun. Trotz der sehr primitiven Vorkehrungen minderte sich die Sterblichkeit in der Folge so bedeutend, daß monatlich nur noch ein Mann dem Gefängnisfieber erlag, während dasselbe vorher täglich ein Opfer gefordert hatte.

Diese wichtigen Erfahrungen blieben indessen Jahrzehnte hindurch unbeachtet, bis die Anwendung des Dampfes zu Heizzwecken (vergl. § 61) und die Heizung mit erwärmter Luft nach dem System des Prof. Meißner in Wien[1]) die Frage der künstlichen Lüftung aufs Neue in den Vordergrund stellten (1823). — Tredgold und Whitwell[2]) behandelten den Gegenstand eingehend und stellten die „Theorie der Ventilation" fest. Tredgolds Werk führt den Titel: Grundsätze der Dampfheizung und Lüftung aller Arten von Gebäuden. Nach der englischen Ausgabe bearbeitet von Kühn, 2. Aufl., 1837. Im großen Maßstabe kam die künstliche Lüftung erst beim Bau des englischen Parlamentshauses in den Jahren 1845 bis 1847 zur Anwendung, und zwar wurde hier die Luft nach den Vorschlägen des Dr. Reid in Edinburg durch mechanische Ventilatoren eingeführt. Dies System der „Pulsion" (insufflation) wirkte aber so gewaltsam, daß Dr. Reid infolge vieler

1) Meißners System wurde in Deutschland angefeindet, in England dagegen sind seine Prinzipien in Armenhäusern und Gefängnissen vielfach verwertet worden.

2) Whitwell, on warming and ventilating houses and buildings by means of large volumes of attemperéd air. London 1834. 4.

Beschwerden die Ventilatoren beseitigte und durch ein System der „Aspiration" ersetzte, welches sich auch in der Folge bewährt hat.

Auf Grund der in den Jahren 1857 und 1860 vom Parlament veranstalteten Enquêten, welche sich mit der Lüftung und den hygienischen Einrichtungen der Kasernen und Militärhospitäler beschäftigten, kamen die höchst mangelhaften sanitären Zustände dieser Gebäude zur Sprache, und müssen fortan, auf Grund von Parlamentsbeschlüssen, alle öffentlichen Gebäude Englands mit Lüftungseinrichtungen versehen werden. Der Krystallpalast zu Sydenham, das Guy-Hospital, das Thomas-Hospital zu London, viele Konzertsäle und Theater wurden damals in rascher Aufeinanderfolge zu ebenso vielen Objekten, an denen die neuen Vorschriften mit mancherlei Modifikationen zur Anwendung kamen.

In Frankreich sind die umfassendsten Versuche über Lüftung und Heizung durch den Artilleriegeneral Arthur Morin gemacht und bei den großartigen Anlagen der Pariser Hospitäler Lariboisière, Necker und Beaujon zur Anwendung gebracht worden. Letztere sind nach den Systemen der französischen Ingenieure Léon Duvoir, Thomas & Laurens resp. Grouvelle und van Hecke ausgeführt und 1854 in Thätigkeit gesetzt worden.[1]) Das Conservatoire des arts et métiers, die Deputiertenkammer, der Palast des Senates, ferner das Théâtre lyrique und du Châtelet wurden in den Jahren 1854 bis 1862 ebenfalls nach Morins Angaben geheizt und gelüftet, und die Methode so vervollkommnet, daß deren Anwendung sich schnell in die Nachbarstaaten verbreitete.

Eine wahrhaft wissenschaftliche Basis erhielt die Lüftungstechnik aber erst durch Professor Dr. Max v. Pettenkofer in München. Seine Ansichten sind niedergelegt in dem epochemachenden Werke: Versuche über den Luftwechsel in Wohngebäuden, München 1858. Diese analytischen Forschungen gaben Hilfsmittel an die Hand, um exakte Erhebungen über den Grad der Luftverderbnis anstellen zu können, wie solche Grassi für die obengenannten Pariser Hospitäler und Professor Dr. Karl Böhm am Garnisonshospital in Wien anstellte und 1862 veröffentlichte.

Während aber auf dem von Professor v. Pettenkofer geschaffenen, streng wissenschaftlichen Wege rüstig weiter geschritten wird, sind alle wichtigen Kulturvölker der Erde bemüht, die Fortschritte der Wissenschaft auch für das öffentliche Leben und die Gesundheitspflege nutzbar zu machen, und diese neueren Bemühungen sind zum Teil in einer Reihe von Broschüren und Abhandlungen niedergelegt, von denen wir nachstehend die wichtigeren chronologisch geordnet mitteilen.

Litteratur über Lüftung und Heizung.

Peclet, Traité de la chaleur considerée de ses application, 3e édit. Paris 1860 bis 1861.

Morin, Études sur la ventilation, 2 vol. Paris 1863.

Morin, Manuel pratique du chauffage et de la ventilation. Paris 1864.

D. B. Reid, On venlilation in american dwellings. New-York 1873.

V. C. Joly, Traité pratique du chauffage etc., 2e edit. Paris 1873.

B. de Benedictis, Sulla ventilatione naturale delle caserne. Roma 1875.

Lewis W. Leeds, A treatise on ventilation, 2e edit. New-York 1876.

Wolffhügel, Über die Prüfung von Ventilationsapparaten. 1876.

G. Lunge, Zur Frage der natürlichen Ventilation mit Beschreibung des minimetrischen Apparates zur Bestimmung der Luftverunreinigung. Zürich 1877.

E. Lang, Über natürliche Ventilation und die Porosität der Baumaterialien. Stuttgart 1877 nach Morins Manuel etc. Deutsche Bearbeitung.

E. Haesecke, Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Luftheizung. Berlin 1877.

C. Munde, Zimmerluft, Ventilation und Heizung. 2. Auflage. Leipzig 1877.

Degen, Ventilation und Heizung. München 1878.

Stäbe, Preisschrift über die zweckmäßigsten Ventilationssysteme. Berlin 1878.

Valerius, Les applications de la chaleur. Paris 1879.

M. A. Wazon, Rapports sur l'exposition universelle de 1878. VI. Chauffage et ventilation des édifices publiques et privés. Paris 1879.

Friedrich Paul, Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Wien 1885.

Rietschel, Lüftung und Heizung von Schulen. Berlin 1886.

Ed. Deny, Die rationelle Heizung und Lüftung (Preisgekrönte Schrift). Deutsche Ausgabe von Haesecke. Berlin 1886.

Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme. Deutsch von Schröter. Jena 1887.

Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. II. Auflage. Mit einem Anhang. Leipzig 1887.

Dr. F. Fischer, Feuerungsanlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke. 1889.

H. Fischer, Heizung und Lüftung der Räume. III. Teil. IV. Band des Handbuches der Architektur. Berlin 1890.

E. Haesecke, Die Schulheizung. 1893.

1) Sorgfältige, vergleichende Versuche mit den beiden, in diesem Hospital eingerichteten Systemen der Ventilation in Verbindung mit Heizung, nämlich Leon Duvoir (Aspiration) und Thomas & Laurens (Pulsion), sind von Dr. Grassi angestellt und veröffentlicht in dessen „Etude comparative de deux systémes de chauffage et ventilation établis à l'hôpital Lariboisière". Paris 1856.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

S. John, Buildings ventilation and haeting. New-York 1893.
Wolffhügel, Die Lehre vom Luftwechsel. München 1893.
H. Rietschel, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen. 2. Auflage. Berlin 1894.
G. Recknagel, Lüftung des Hauses: Siehe „Handbuch der Hygiene". 1. Teil, 2. Abt. Leipzig 1894.
H. Fischer, Heizung der Theater und Versammlungssäle. Darmstadt 1894.
D. Grove, Ausführung von Heizungs- und Lüftungsanlagen. 1895.
Karl Schmidt, Heizung und Ventilation. Siehe „Handbuch der Hygiene". IV. Bd., 2. Lief. Jena 1896.
Konrad Hartmann, Heizung und Lüftung der Gebäude. I. Bd., 2. Teil der „Baukunde des Architekten".
J. Denfer, Chauffage et ventilation. Paris 1896.

Zahlreiche Abhandlungen sind endlich in folgenden Fachzeitschriften enthalten:

Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege;
Zeitschrift für Biologie;
Annalen der Chemie und Pharmacie;
Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden;
Abhandlungen der naturwissenschaftlich-technischen Kommission der Münchener Akademie der Wissenschaften;
Landwirtschaftliche Jahrbücher;
Der Gesundheits-Ingenieur. Organ des Vereins für Gesundheitstechnik; endlich die
Zeitschriften der Architekten- und Ingenieurvereine zu Hannover und Wien; „Zeitschrift für Bauwesen" und „Allgemeine Bauzeitung", Wien; „Centralblatt der Bauverwaltung"; „Zeitschrift für Lüftung und Heizung", Jahrgang 1895 bis 1898; „Zeitschrift für Heizungs-, Lüftungs- und Wasserleitungstechnik".

§ 71.

Notwendigkeit des Luftwechsels.

Reine atmosphärische Luft ist bekanntlich — wo immer man sie auch untersuchen möge — in der Zusammensetzung fast überall gleich, nämlich ein Gemenge von 21 Proz. Sauerstoff und 79 Proz. Stickstoff, mit einer variablen Quantität Wasserdampf. Außerdem enthält sie stets eine gleichmäßige[1]) Beimischung von Kohlensäure (0,0004 bis 0,0006 vom Volumen der Luft), geringe Quantitäten von Ammoniak, Salpetersäure und Spuren von Jod. — Reine Luft enthält auch zuweilen Ozon,[1]) wie es scheint eine Modifikation des durch chemische Aktion erregten Sauerstoffes, welcher eine Rolle in der Zerstörung der Miasmen spielt. Endlich sind in der Luft Myriaden kleiner Organismen, Gärungserreger, sogenannte Vibrionen, enthalten und Bakterien, Pilze, welche bei der Übertragung ansteckender Krankheiten einen wichtigen Einfluß ausüben. Auch die Sumpfluft der Niederungen (Malaria) enthält gewisse krankheitserregende Ursachen, deren Übertragung sich zur Zeit der Kenntnis entzieht.

Gewöhnlich wird nun angenommen, daß die Zimmerluft um so reiner und atembarer sei, je weniger Kohlensäure sie enthält, weil mit der letzteren im gleichen Verhältnis auch die übrigen Ausatmungsprodukte, d. h. Wasserdampf und organische Bestandteile, welche letztere sich chemisch nicht nachweisen lassen, zunehmen. Diese werden durch Schweiß und Ausdünstung aus dem Körper ausgeschieden und tragen zur Verderbnis der Zimmerluft bei. Dr. med. Karl Munde[2]) in seiner Abhandlung über Zimmerluft sagt darüber etwa folgendes: „Bringen drei Personen acht Stunden in einem gänzlich unventilierten Schlafzimmer zu, so wird die Luft am Morgen 1,25 kg ausgedünstete Auswurfsstoffe und 0,5 cbm Kohlensäure enthalten, und solche Luft hat unsere Jugend Tag für Tag in den Schlaf-, Schul- und Wohnzimmern einzuatmen!" Aber selbst tödlich kann die vergiftete Luft eines kleinen Raumes wirken, wenn viele Personen in ihm zusammengedrängt sind. Außer älteren, bekannten Thatsachen aus dem Kriege der Engländer in Indien und den 300 gefangenen Österreichern nach der Schlacht bei Austerlitz, von denen in einer einzigen Nacht 260 an Luftmangel starben, sei folgende Mitteilung von Henry Lewis[3]) erwähnt.

1) Durch Mr. Thomas Walter, Professor Henry und Dr. Wheterell wurden dem Kongreß der amerikanischen Freistaaten Tabellen überreicht, welche Luftanalysen aus allen Teilen der Erde enthalten, angestellt zu allen Tages- und Jahreszeiten, innerhalb und außerhalb der Häuser. Als Mittel der Schätzung galt (nach Pettenkofers Vorgang) der Gehalt an Kohlensäure. — Die Luft wurde in der Zusammensetzung gleichmäßig befunden, selbst in Manchester, wo jährlich zwei Millionen Tons Kohlen verbrannt werden, deren Rauch die Luft erfüllt. Hier glaubte daher die Gesundheitskommission den Faktor zu finden, der die Luft verschlechtert. Aber man war enttäuscht: der Kohlensäuregehalt betrug zwar an einigen Stellen 10, 12, sogar 15 Teile auf 10 000, im Durchschnitt aber nur 0,00075 (während reine Luft 0,0004 bis 0,00045 Kohlensäure enthält). Dieser Kohlensäuregehalt der Luft ist äquivalent demjenigen eines Zimmers von 75 cbm Inhalt, in welchem sich eine Familie von fünf Personen und eine Gasflamme während sieben Minuten ohne Lufterneuerung befinden. Die übrigen Luftanalysen von London, Paris, Madrid, Genf, Washington und vom atlantischen Ozean u. s. w. ergaben den gleichmäßigen Kohlensäuregehalt von 0,0004 bis 0,0006. Als Basis für die Rechnung kann 0,0005 für alle Fälle als ausreichender Mittelwert angesehen werden.

1) Ozon ist ohne Zweifel eine der Hauptursachen der Heilsamkeit der Landluft. Bei Südwestwind enthält die Luft das größte Quantum Ozon.

2) Zimmerluft, Ventilation und Heizung von Dr. Karl Munde. Leipzig 1876.

3) Vergl. H. Lewis, Physiologie des täglichen Lebens. I.

Am 2. Dezember 1848 wurden am Bord des Dampfers Londonderry in einer stürmischen Nacht durch Unwissenheit des Kapitäns 150 Personen in die Kajüte der Hinterdeckpassagiere eingesperrt. Diese Kajüte war nur 18 englische Fuß lang, 11 Fuß breit und 7 Fuß hoch. Der Kapitän ließ die Luken schließen und die unglücklichen Passagiere waren verurteilt, die verdorbene Luft immer aufs Neue zu atmen. Als es endlich vor Tagesanbruch einem der Passagiere gelang, sich mit Gewalt einen Weg auf das Verdeck zu bahnen, um den Steuermann zu alarmieren, waren bereits 72 Passagiere tot, viele im Sterben, ihre Körper krampfhaft gewunden, das Blut war ihnen aus Augen, Nasen und Ohren getreten. Es läßt sich rechnerisch nachweisen, daß bei dem geringen Luftraum von 40 cbm, abzüglich 10 cbm für das gesamte Körpervolumen der 150 Passagiere, auf eine Person nur

$$\frac{30}{150} = 0{,}2 \text{ cbm Luftraum}$$

entfielen. Nach nebenstehender Tabelle werden erzeugt pro Person stündlich im Mittel 20 l oder 0,02 cbm Kohlensäure, d. h. es war nach einstündigem Atmen der Gehalt an Kohlensäure auf

$$\frac{0{,}02}{0{,}2} = 0{,}1 \text{ cbm} = 10 \text{ Proz.}$$

gestiegen, eine Luftmischung, bei welcher der Mensch nicht leben kann.

Ursachen der Luftverschlechterung bewohnter Räume.

Die Luft unserer Wohnräume erleidet bekanntlich verschiedene nachteilige Veränderungen; als deren hauptsächlichste Ursachen zu nennen sind:

Der Lebensprozeß der Menschen, die in diesen Räumen wohnen, der Einfluß der künstlichen Beleuchtung, nicht selten auch mangelhaft funktionierender Heizanlagen,

Staubablagerungen aller Art.

Zersetzungsvorgänge in den Mauern und Zwischendecken, sowie in den Mobilien und sonstigem Hausrat können auch zur Verschlechterung der Luft beitragen. [1])

I. Verschlechterung der Luft durch den Lebensprozeß der Menschen.

Durch den Lebensprozeß, insbesondere durch die Lungenatmung, zum Teil auch durch die Hauptporen werden aus dem menschlichen Körper Stoffe ausgeschieden, welche die Zusammensetzung der zum Atmen benutzten atmosphärischen Luft nachteilig verändern. So sind enthalten in:

	der atmosphärischen Luft	der ausgeatmeten Luft
	Volumprozente	
Sauerstoff . . .	20,96	16,03
Stickstoff	79,02	79,02
Kohlensäure . . .	0,03	4,38 (im Mittel).

Der Stickstoffgehalt bleibt also unverändert, während die Kohlensäure um mehr als das Hundertfache zunimmt und der Sauerstoff um $^1/_5$ vermindert wird.

Die Menge Kohlensäure, welche die Individuen ausatmen, wechselt je nach der Individualität, dem Alter, der Thätigkeit und der Art der Ernährung. Prof. v. Pettenkofer und Voit [1]) konstatierten eine größere stündliche Kohlensäureausscheidung bei Tage als bei Nacht und höhere Ausgabe bei stattfindender Muskelarbeit und zwar in folgenden Verhältnissen:

bei Arbeit	bei Ruhe	des Nachts
36,3 l	22,6 l	16,7 l

Aus Scharlings [1]) Beobachtungen ergaben sich folgende Zahlen:

Individuen	Alter Jahre	Körpergewicht kg	Stündliche Kohlensäureabgabe l
Knabe	9¼	22,00	10,3
Mädchen	10	23,00	9,7
Jüngling	16	57,75	17,4
Jungfrau	17	55,75	12,9
Mann	28	82,00	18,6
Frau	35	65,50	17,0

Breiting [2]) fand gelegentlich seiner Untersuchungen der Luft in Schulzimmern folgende stündliche Kohlensäureausgabe:

Bei Mädchen von 7—8 Jahren 10,5 Proz. während des Schulunterrichts,
„ „ „ 8—9 „ 12,0 „ „ „ „
„ „ „ 7—9 „ 16,7 „ „ der Singstunde,
„ Knaben „ 12—13 „ 13,0 „ „ des Schulunterrichts,
„ „ „ 12—13 „ 17,0 „ „ der Singstunde.

Auch der Einfluß, den die Krankheiten auf den Atmungsprozeß ausüben, ist hier zu erwähnen, denn er steht in direktem Verhältnis zu der Luftmenge, welche in Krankenhäusern pro Kopf und Stunde verlangt wird. Leyden und Liebermeister konstatierten, daß alle Fieberzustände eine stärkere Kohlensäureentwickelung hervorrufen, deren Quantität sich zu derjenigen des gesunden Menschen verhält wie 1,5 : 1.

1) G. Wolffhügel, Archiv für Hygiene, 18. Bd., Heft 3 (1893).

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. II, S. 546.
2) E. Lang, Über natürliche Ventilation, S. 27.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Im allgemeinen ist also die Größe der Kohlensäureausscheidung durch vorstehende Zahlenangaben festgestellt. Um sicher zu gehen, wird man aber nach C. Lang gut thun, in Lehranstalten schon für Schüler von 13 Jahren die Kohlensäureausscheidung Erwachsener anzunehmen und für Lokale, in denen Personen von verschiedenem Alter und Geschlecht sich aufhalten, die Zahlen zu benutzen, welche sich nach v. Pettenkofer und Voit für kräftige Männer ergaben (22,6 l), weil ein auf diese Rechnung basierter, mäßiger Überschuß stets willkommen sein wird. Für Turnhallen, Fechtböden und Tanzsäle ist die Ausscheidung kräftiger Männer bei starker Muskelarbeit = 36,3 l anzunehmen. [1])

Nun ist zwar durch Erfahrung bestätigt, daß man sich ohne Störung des Wohlbefindens einige Stunden in einer Luft aufhalten kann, welche 10‰ an Kohlensäure enthält. Die Kohlensäure ist also kein Bedenken erregendes Moment an sich, aber mit ihr im gleichen Verhältnis nehmen auch die übrigen Ausatmungsprodukte, nämlich der Wasserdampf und gewisse andere, noch nicht näher bekannte Stoffe, die man als Atemgift (Anthropotoxin) bezeichnet, zu. Diese letzteren scheinen es aber gerade zu sein, [2]) welche — wenn sie sich zersetzen — das Wohlbefinden der Menschen stören, denn lange ehe der Kohlensäuregehalt eine bedenkliche Höhe erreicht, bemerkt man durch die Geruchsorgane, daß die Luft verunreinigt ist. Für jeden Raum, der gesund erhalten werden soll, muß daher die durch die Atmung und Ausdünstung resp. Beleuchtung verdorbene Luft ersetzt werden.

Alle diese Veränderungen vollziehen sich proportional zur Zahl der im Raume atmenden Menschen und — in ungelüfteten Räumen — auch proportional zur Stundenzahl, während welcher die Personen im Raume eingeschlossen sind.

Es ist nun die Frage, ob nicht die Analyse der Luft des geschlossenen Raumes ein Maß für die Luftverschlechterung abzugeben vermag. Da aber eine quantitative Bestimmung der obengenannten Ekelstoffe, die das Atemgift bilden, zur Zeit nicht ausführbar ist und der Wasserdampf kein sicheres Zeichen für die Verunreinigung ist, so begnügt man sich mit einer partiellen Luftanalyse und benutzt — nach Pettenkofers Vorschlag — die im Raume enthaltene Kohlensäure als Maßstab der Luftverschlechterung, da diese sich am leichtesten genau bestimmen läßt und die Annahme berechtigt ist, daß die Stoffe, welche die Luft eines Raumes ekelerregend machen, im gleichen Verhältnis mit der CO^2 zunehmen.

v. Pettenkofer erklärte jede Luft als schlecht für dauernden Aufenthalt, welche — infolge von Atmung und Ausdünstung — mehr als 1 Proz. Kohlensäure enthält; gute Zimmerluft hat nach seinen Angaben [1]) höchstens 0,7 Proz. Kohlensäuregehalt! Da aber die Kohlensäureproduktion je nach Alter und Geschlecht verschieden ausfällt, so gilt dasselbe auch für den Lüftungsbedarf. Um dieses Luftquantum theoretisch zu ermitteln, bezeichnen wir mit:

C den stündlichen Ventilationsbedarf pro Kopf; ferner sei:
l die stündliche Kohlensäureproduktion,
p der Grenzwert der Verunreinigung der Luft,
a der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure,

dann ist:

$$C = \frac{l}{p - a}.$$

Ausgeatmete Luft enthält nach Vierordt 43,34‰ Kohlensäure, sie muß also mit so viel frischer Luft gemischt werden, daß die Kohlensäure nach der Mischung höchstens den Grenzwert (0,0007) erreicht. Die atmosphärische Luft kann daher, um gut zu bleiben, nur 0,0002, höchstens 0,0005 an Kohlensäure aufnehmen, d. h. man bedarf für jedes Volumen ausgeatmeter Luft nach umstehender Formel

$$\frac{43{,}34}{0{,}7 - 0{,}5} = \frac{43{,}34}{0{,}2} = 216{,}7$$

Volumina frischer Luft.

Die stündlich pro Kopf ausgeatmete Luftmenge beträgt bei 1050 Atemzügen à 0,05 l zusammen = 525 l, mithin die theoretische Luftzufuhr pro Kopf und Stunde:

$$525 \times 216{,}7 = 113{,}8 \text{ cbm.}$$

Beispiel. Ein erwachsener Schüler erzeugt stündlich 19,3 l Kohlensäure (nach Voit und v. Pettenkofer).

1) für den Grenzwert $p = 0{,}0007$ ist

$$C = \frac{0{,}0193}{0{,}0007 - 0{,}0005} = 95{,}5 \text{ cbm,}$$

2) für $p = 0{,}001$ ist dagegen

$$C = \frac{0{,}019}{0{,}001 - 0{,}0005} = 38{,}6 \text{ cbm,}$$

und zwar ohne Rücksicht auf die durch Flammen hervorgerufene Verunreinigung.

II. Einfluß der Beleuchtung auf die Verschlechterung der Zimmerluft. Der Grenzwert p ist nach v. Pettenkofer auch für größere Räume 0,0007 bis 0,0010. Für beleuchtete Räume ist ein sicherer Grenz-

1) Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung. Zeitschrift für Biologie, Bd. XII.

2) Vergl. die Untersuchungen von Lang und Wolffhügel im „Archiv f. Hygiene", 18. Bd. 1893.

1) Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858.

wert noch nicht festgestellt;[1]) es bleibt also kein anderer Ausweg, als die Kohlensäureproduktion der gegebenen Anzahl Flammen von bestimmter Lichtstärke zu berechnen und diesen Betrag mit dem durch die Bewohner erzeugten Grenzwert in Verbindung zu bringen. Um in der Praxis einen Überschlag zu machen, kann nachstehende, aus den Versuchen von Erismann herrührende Tabelle dienen:

Tabelle I. **Über die Entwickelung von Kohlensäure durch verschiedene Beleuchtungsmaterialien (nach Erisman).**

Beleuchtungsmodus	Materialverbrauch für eine Stunde	Kohlensäureproduktion per Stunde in Litern
Petroleumspaltbrenner . . .	35,5 g = 0,045 l	56,8 —
Petroleumrundbrenner . . .	5,05 g = 0,064 l	61,6 —
Öllampe	22,4 g = 0,025 l	31,2 —
Kerze	20,7 g	11,3
Steinkohlengasschnittbrenner .	140 l	92,8
Steinkohlengasflachbrenner . .	127 l	86,0

Ein Gasschnittbrenner, der stündlich 140 l Gas verbraucht, erzeugt also in dieser Zeit 92,8 l Kohlensäure, d. h. etwa so viel als vier erwachsene Personen.

Der Kohlensäuregehalt a der zuströmenden Luft kann nach Lang und Wolffhügel in Städten zu 0,0005 angenommen werden, wodurch sich der Ventilationsbedarf bei Aufstellung des Programmes eher zu groß als zu klein ergiebt.

Bei Berechnung von C aus der Formel $C = \frac{l}{p-a}$ ist nun nach obiger Anleitung zu verfahren. Als Beispiel für derartige Berechnungen diene folgender Fall:[2])

Ein Zimmer, welches durch zwei Gasschnittbrenner beleuchtet ist, wird bewohnt von einem Manne, zwei Frauen, einem Jüngling, 16 Jahre alt, einem Mädchen von 9 Jahren. Es ist die stündliche Kohlensäureabgabe bei sitzender Thätigkeit und daraus der Ventilationsbedarf zu bestimmen.

Es beträgt die stündliche Kohlensäureabgabe

des Mannes	22,6 l
der zwei Frauen à 17 l .	34,0 l
des Jünglings	17,4 l
des Mädchens	12,0 l
zusammen	86,0 l.

Dazu die Kohlensäureproduktion von zwei Schnittbrennern à 92,8 l . . . . . 185,6 l.

Die gesamte im Raume bei Gaslicht erzeugte Kohlensäuremenge beträgt daher . . . . . 271,6 l = 0,2716 cbm.

I. Um bei dieser Kohlensäureproduktion die Luft völlig rein zu erhalten, d. h. den Grenzwert a = 0,0007 nicht zu überschreiten, braucht man stündlich bei Gaslicht

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0007 - 0{,}0005} = 1385 \text{ cbm frische Luft;}$$

wenn man aber die Zahl a = 0,0010 als Grenzwert dulden will, sind nur erforderlich:

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0010 - 0{,}0005} = 543 \text{ cbm;}$$

II. Der Lüftungsbedarf bei Tage für den Grenzwert a = 0,0007 beträgt dagegen nur:

$$\frac{0{,}0860}{0{,}0007 - 0{,}0005} = 430 \text{ cbm;}$$

und für den Grenzwert 1,0 pro Mille = 0,001 sogar nur

$$\frac{0{,}0860}{0{,}0010 - 0{,}0005} = 172 \text{ cbm.}$$

Anstatt wie oben, die durch Leuchtstoffe erzeugte Kohlensäure wirklich zu bestimmen, kann man in der Formel auch einen **Zuschlag** zum Grenzwert einführen, welcher nach v. Pettenkofer 1 Proz., nach Erismann 0,7 Proz. betragen soll. Dadurch findet man für den kleineren Grenzwert:

nach v. Pettenkofer

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0017 - 0{,}0005} = 226{,}3 \text{ cbm;}$$

nach Erismann

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0014 - 0{,}0005} = 301{,}8 \text{ cbm;}$$

und wenn der Grenzwert a = 0,001 geduldet wird:

nach v. Pettenkofer

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0020 - 0{,}0005} = 181{,}1 \text{ cbm;}$$

nach Erismann

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0017 - 0{,}0005} = 226{,}3 \text{ cbm.}$$

Rechnet man aber getrennt mit dem v. Pettenkofer'schen Grenzwerte, so erfordern die fünf Personen ohne Rücksicht auf Beleuchtung für den Grenzwert p = 001 . . . . . 172 cbm,

und für die Beleuchtung allein:

$$\frac{0{,}086}{0{,}0020 - 0{,}0005} = \quad . \; . \; . \; . \; 120 \text{ „}$$

zusammen 292 cbm.

1) Nach v. Pettenkofer ist es zulässig, einen Zuschlag zum Grenzwert p in der Formel einzuführen, welcher bis 1 Proz. betragen darf.

2) C. Lang, Über natürliche Ventilation. S. 31 u. 32.

Die für verschiedene Beleuchtungsarten stündlich erforderlichen Luftmengen stellen sich nun wie folgt:

1) Für Kerzenbeleuchtung. Eine Stearinkerze, welche stündlich 11 g konsumiert und nach umstehender Tabelle 15 l Kohlensäure entwickelt, bedarf, wenn der Grenzwert 1 pro Mille nicht überschritten werden soll, eine stündliche Zufuhr von

$$\frac{0{,}015}{0{,}001 - 0{,}0005} = 30 \text{ cbm Luft.}$$

Ein Kilogramm Stearinsäure erzeugt aber bei der Verbrennung 9715 Wärmeeinheiten und daher werden bei 11 g Konsum pro Stunde entwickelt: 106,5 Wärmeeinheiten.

Diese 106 Wärmeeinheiten genügen, um das stündlich erforderliche Lüftungsquantum von 30 cbm um

$$\frac{106}{30 \times 1{,}2 \times 0{,}237} = 12{,}4 \text{ Grad}$$

zu erwärmen, wobei der Faktor 0,237 die spezifische Wärme der Luft und 1,2 das Gewicht eines Kubikmeter Luft bei 20° bezeichnet.

2) Für Gasbeleuchtung. Ein Steinkohlengasflachbrenner von zwölf Meterkerzen Lichtstärke absorbiert stündlich 127 l Gas und erzeugt stündlich 86 l Kohlensäure (vergl. die Tabelle S. 194). Diese 86 l erfordern, wenn der Grenzwert p = 1 pro Mille nicht überschritten werden soll, eine Zuführung pro Stunde von

$$\frac{0{,}086}{0{,}0005} = 172 \text{ cbm Luft.}$$

Bei der Verbrennung von 1 cbm Leuchtgas werden erzeugt 6814 Wärmeeinheiten (ohne Kondensation); durch einen Schnittbrenner, der stündlich 127 l Gas konsumiert, werden daher stündlich 865 Wärmeeinheiten entwickelt, welche die einzuführende Luftmenge erwärmen um:

$$\frac{865}{172 \times 0{,}237 \times 1{,}2} = 17{,}9 \text{ Grad.}$$

3) Für elektrische Beleuchtung. Nach den Versuchen des Ingenieur Fontaine[1]) giebt eine elektrische Lampe ein gleichmäßiges Licht von der Stärke von 100 Schnittbrennern, wobei stündlich 5 cm Kohlenstäbe von 1 qcm Querschnitt verbrannt werden. Die Dichtigkeit der Kohle ist ungefähr 2,35, man verbraucht aber stündlich im Maximum 12 g Kohle, welche 44 g oder nahezu 22 l Kohlensäure erzeugen.

Um die Kohlensäure auf das zulässige Maß zu reduzieren, sind stündlich nötig nur

$$\frac{0{,}022}{0{,}0005} = 44 \text{ cbm Luft}$$

für 100 Flammen Lichtstärke! Vergleicht man dies geringe zur Verbrennung erforderliche Luftvolumen mit dem für gewöhnliches Leuchtgas zu beschaffenden, welches sich auf 172 cbm pro Flamme berechnet, also für 100 Flammen = 17200 cbm beträgt, so ergiebt sich: daß die Gasbeleuchtung ein Luftvolumen verlangt, welches $\frac{17200}{44} = 380$mal so beträchtlich ist, als das zur elektrischen Beleuchtung erforderliche.

Diese Zahlenresultate führen uns mit Notwendigkeit dahin, im Sinne der Zimmerhygiene nach Möglichkeit die elektrische Beleuchtung an Stelle der Gasbeleuchtung zu setzen.

Aus nachstehender Tabelle, welche F. Fischer in den „Jahresberichten der chemischen Technologie" veröffentlicht hat, ist das Maß der Luftverschlechterung durch verschiedene Beleuchtungskörper übersichtlich zusammengestellt:

Art der Beleuchtung	Stündlicher Verbrauch an Sauerstoff	Produzierte Kohlensäure pro Stunde u. cbm bei 0° C.
Leuchtgas, Argandbrenner . . .	0,8 cbm (bis 2)	0,46
„ Zweilochbrenner . . .	2,0 „ („ 8)	1,14
Petroleum, großer Rundbrenner .	0,28 kg	0,44
„ kleiner Flachbrenner . .	0,60 „	0,95
Wachs	0,77 „	1,18
Stearin	0,92 „	1,30
Elektrisches Bogenlicht	Spuren	Spuren
„ Glühlicht	Nichts	Nichts

III. Die Überhitzung der Luft durch Wärmeproduktion der Menschen.

Der Atmungsprozeß ist nichts anderes, als die langsame Verbrennung (Oxydation) des kohlenstoffreichen, venösen Blutes in den Lungen, wobei eine, im Verhältnis zu seiner Intensität gesteigerte Wärmemenge frei wird. Diese Wärmemenge beträgt nach Gavarets Versuchen 2,3 Wärmeeinheiten pro Kilogramm Körpergewicht und pro Stunde, und da das Gewicht des Menschen im Mittel 65 kg beträgt, so resultiert daraus eine mittlere Wärmeproduktion von 169,5 Wärmeeinheiten. Hirn[1]) fand die mittlere stündliche Wärmeproduktion nach direkten Versuchen:

bei einem sitzenden Manne = . . 170 Wärmeeinh.
„ starker Muskelarbeit = . . . 255 „
ein Fieberkranker von 65 kg Körpergewicht verlor . . . . . 308 „

Bei sitzendem, ruhigem Verhalten werden aber nach dem früheren 60 g Wasserdampf erzeugt, zu deren Verdampfung 37 Wärmeeinheiten erforderlich sind. Zieht man davon die durch Abkühlung des Dampfes von 37° auf 20° frei gewordene Wärme ab mit $17° \times 0{,}47 =$ rot. 8 Wärmeeinheiten,

1) Eclairage à l'électricité, pag. 63.

1) G. A. Hirn, Théorie mécánique de la chaleur, III. édit. Paris.

so findet man die gesamte, von einem sitzenden Manne produzierte Wärme $170 - 37 + 8 = 141$ oder rot. 140 Wärmeeinheiten.

Durch diese 140 Wärmeeinheiten werden per Stunde 40 cbm Ventilationsluft um

$$\frac{140}{40 \times 1{,}2 \times 0{,}237} = 12{,}3^0 \text{ C.}$$

in der Temperatur erhöht.

Aus diesen numerischen Resultaten ersieht man, daß trotz ausreichender Lüftung die abgeführte Luft eine ansehnliche Temperaturzunahme erleidet und daß die Temperatur des Zimmers unerträglich werden müßte, wenn man die Ventilation unterbrechen oder einstellen wollte.

So ist es auch erklärlich, daß in gefüllten Theatern und Versammlungsräumen Temperaturen bis zu 30° C. festgestellt worden sind. Selbstverständlich haben dann auch die Beleuchtungs- und Heizapparate zur Temperaturerhöhung wesentlich beigetragen.

Oben wurde nachgewiesen, daß unter allen künstlichen Beleuchtungsarten das elektrische Licht die geringste Wärmeproduktion hervorruft. Ihm nahe steht das Auer'sche Gasglühlicht, während die älteren Formen der Leuchtgasbrenner die größte Wärmeproduktion aufweisen. Bei den Regenerativbrennern von Siemens, bei denen die heißen Verbrennungsprodukte teilweis abgeführt werden, ist die Temperaturerhöhung der Zimmerluft gleichwohl bedeutend genug, wie aus nachstehender Tabelle hervorgeht, welche auf den Untersuchungen von Dicke und Renk[1]) beruht.

Art der Beleuchtung	Entwickelte Wärmeeinheiten pro Meter, Kerze u. Stunde
1) Leuchtgas.	
a) Zweiloch- und Schnittbrenner . . .	50
b) Argandbrenner	44
c) Siemens Regenerativbrenner . .	23
d) Auers Gasglühlicht	10,6
2) Petroleumrundbrenner	20
3) Elektrisches Glühlicht von 16 Kerzen Stärke	3

IV. Ausscheidung von Wasserdampf durch den Lebensprozeß der Menschen.

Wasserdampf als Produkt der Respiration und Perspiration ist in erheblicher Beimischung in der Zimmerluft enthalten: v. Pettenkofer und Voit fanden mit Hilfe ihres Experimentierkabinets: daß ein junger, kräftiger Mann bei ruhigem Verhalten stündlich im Mittel 58 g Wasserdampf erzeugt, wofür als Maximum 60 g zu setzen sind. Während der Arbeit steigerte sich die Zahl auf das Doppelte.

1) Renk, Pharmac. Centralhalle 1893, Nr. 25.

Wird der stündliche Bedarf von frischer Luft für einen Mann bei ruhigem Verhalten zu 40 cbm angenommen, so hat jedes Kubikmeter aufzunehmen nur $\frac{60}{40 \text{ cbm}} = 1{,}5$ g Wasserdampf, während die Sättigungskapazität bei + 20° C. 17,2 g beträgt.

Im allgemeinen ist anzunehmen, daß trockene Luft weniger nachteilig für die Gesundheit ist, als zu feuchte Luft. Bei vollem Lüftungsbetriebe wird man gut thun, Vorsorge zu treffen, daß im Winter ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von 50 höchstens 60 Proz. der absoluten Sättigung erreicht wird, da nach Annahme der Physiologen eine auf 17 bis 20° erwärmte und zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigte Luft der Gesundheit am zuträglichsten ist. Diese Temperatur und relative Feuchtigkeit (50 bis 60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit) findet man auch an schattigen Orten im Freien an schönen Sommertagen.

V. Verderbnis der Luft durch die Bauart des Gebäudes.

In neu errichteten Gebäuden, namentlich solchen, die vor vollständiger Austrocknung der Mauern, Deckenkonstruktionen u. s. w. bezogen werden, wird beim Betreten der Räume häufig ein modriger Geruch wahrgenommen. Hier ist die Verschlechterung der Luft auf den Einfluß der einschießenden Mauern, Fußböden und Decken, welche noch Baufeuchtigkeit enthalten, zurückzuführen. Es finden alsdann Zersetzungsvorgänge in den Mauern und Zwischendecken statt, derart, daß die aus den Mörtelfugen austretende Feuchtigkeit das Bindemittel zersetzt, mit welchem die Tapeten an die Mauer befestigt sind. Es entstehen dann pilzähnliche Wucherungen, die nur durch kräftiges Lüften, Entfernen der Tapeten, Reinigen der Wände und Tränken derselben mit antiseptischen Stoffen zu beseitigen sind.

Wo die Herstellung der Zwischendecken nicht mit Sorgfalt ausgeführt und zum Schütten unreines, mit organischen Stoffen beladenes Füllmaterial verwendet worden ist, da finden in den Zwischendecken — unter Abschluß von Luft und Licht — noch schwerer wiegende Zersetzungsvorgänge der Holzsubstanz statt, die man als „Trockenfäule“ und als „Hausschwamm“ (merulins lacrimans) bezeichnet. Die hierdurch entstehenden, widerlichen Gerüche teilen sich ebenfalls der Binnenluft der Wohnräume mit und sind definitiv nur durch rationelle Ausrottung der Schwammwucherungen und Entfernen des infizierten, modrigen Füllmateriales der Decken zu beseitigen.

Daß die Luft der unteren Stockwerke in die oberen Geschosse aufsteigt, wird verständlich, wenn man die leichte Konstruktion unserer Zwischendecken kennt. Da nun die Temperatur der Innenluft in der Regel höher ist, als die

der Außenluft, so sind die Umschließungsmauern einem Schlot vergleichbar, welcher die Luft der unteren Geschosse und des Kellers ansaugt. Daß aber die Erreger gewisser epidemischer Krankheiten (wie Pocken, Typhus u. s. w.) durch die angesaugte Luft in höhere Stockwerke übertragen würden, ist nach den neueren Theorien zu bezweifeln.[1])

VI. Verderbnis der Luft durch Staub.[2])

Der Staub bewohnter Räume ist entweder anorganischer Natur oder besteht aus niederen Organismen, welche als „Bakterien" bezeichnet werden. Die erstgenannten Staubteile gelangen mit der Atemluft in den Körper, reizen und verwunden die Schleimhäute und machen dieselben zur Aufnahme krankheiterregender Keime geeignet. Dies gilt namentlich von Kohlenstaub, dessen Aufnahme die Entstehung gewisser Formen von Lungenaffektion verursacht (vergl. Allgemeine und spezielle Gewerbehygiene). Von krankheiterregenden Bakterien sind im Zimmerstaub enthalten: Erreger der Wundkrankheit (Eitererreger), Erreger der Lungenentzündung und der Tuberkulose.

Wollte man den angesammelten Staub aus den Räumen durch kräftige Lüftung herausbefördern, so würde, wie Stern[3]) gezeigt hat, selbst bei dreimaligem Luftwechsel in der Stunde, die Luft nicht schneller keimfrei werden, als durch bloßes Absetzen des Staubes. Man bekämpft den Staub also nicht durch Lüftung, sondern durch Reinlichkeit, durch Haarbesen und Scheuertuch! Für den Heiztechniker aber ergiebt sich die Lehre: bei Herstellung neuer Lüftungsanlagen dafür Sorge zu tragen, daß die zur Ventilation benutzte Außenluft möglichst „staubfrei" in die Innenräume gelangt. Hierüber ist bereits in § 49 „Luftfilteranlagen" das nötige gesagt.

Die Temperatur als Maß der Luftverschlechterung.

Es mag noch Erwähnung finden, daß Rietschel (vergl. „Leitfaden zur Berechnung von Lüftungs- und Heizungsanlagen", 2. Auflage, 1. Bd., S. 9) vorgeschlagen hat, auch die Temperaturerhöhung, welche sich in bewohnten Räumen einstellt, als Maß der Luftverschlechterung zu benutzen. Nun fühlt sich in unserem Klima der Mensch, wenn er nicht besondere körperliche Arbeit verrichtet, im Winter am wohlsten bei einer Raumtemperatur von 18 bis 20° C.

In der sogenannten Beleuchtungszone der Theater, Konzertsäle, Fortbildungsschulen mit Abendunterricht u. s. w. werden aber — wie schon bemerkt — viel höhere Temperaturen beobachtet und sind, da der Aufenthalt doch nur vorübergehend ist, auch Temperaturen bis zu 23° C. zulässig. Es muß jedoch stets Sorge getragen werden, daß in der höheren Temperatur der Beleuchtungszone sich Menschen nicht aufzuhalten haben; ist letzteres der Fall, so können auch höhere Temperaturen daselbst gestattet werden.

Die Wärmemenge W, welche stündlich durch die Lüftungsanlage zu beseitigen ist, läßt sich — nach Rietschel — ausdrücken durch die Formel:

$$W = W_1 + W_2 \mp W_3$$

Hierin bezeichnet W_1 die Wärmemenge, welche stündlich durch die Anwesenden, W_2 diejenige, welche durch die Beleuchtung, W_3 diejenige, welche stündlich durch die Wände, Decken, Fußböden u. s. w. im Winter nach außen transmittiert, im Sommer nach innen übergeführt wird. Für die Heizmonate Oktober bis April gilt das — Vorzeichen, für den Sommer das + Vorzeichen.

Bezeichnet:

t^1 die Temperatur der eingeführten kühleren Ventilationsluft,

t die zulässige Temperatur des Raumes,

dann ist im Beharrungszustande und bei gleichmäßiger Verteilung der Wärme im Raume der stündliche Luftwechsel durch die Formel gegeben:

$$L = \frac{W\ (1 + \alpha^t)}{0{,}306\ (t - t^1)}$$

Nachstehende Tabelle enthält die Größe des erforderlichen Luftwechsels bezogen auf die stündlich abzuführende Wärmemenge von 100 Kalorien für verschiedene Raumtemperaturen.

Temperatur der einströmenden Luft	Zulässige Temperatur des Raumes in Graden Celsius								
	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	35°
15°	116 cbm	87	70	59	50	44	40	36	18
16°	174	117	88	70	59	51	44	40	19
17°	348	175	117	88	71	59	51	45	20
18°	—	350	175	117	88	71	59	51	22
19°	—	—	351	176	118	89	71	59	23
20°	—	—	—	352	177	118	89	71	25

§ 72.

Ventilationsbedarf.

Der Ventilationsbedarf ist das Volumen der für eine Person stündlich auszuwechselnden Luft. Dieser Bedarf ist bereits, unter Benutzung der v. Pettenkofer'schen Grenzwerte, für verschiedene Fälle theoretisch ermittelt worden, wobei sich — im Vergleich zu den auf Erfahrung gegründeten Angaben — in der Regel höhere Werte ergeben, als die nachfolgende Tabelle enthält. So verlangt Morin

1) Emmerich, Die Wohnung, in Pettenkofers Handbuch der Hygiene, 1. Bd., 2. Abt. (1894). Vergl. auch Nußbaum, Spez. Bauhygiene im Handbuch der Hygiene.

2) A. Wernich, Virchows Archiv, 79. Bd., und Th. Weyl, Handbuch der Hygiene, 7. Bd.

3) Stern, Zeitschrift der Hygiene, 7. Bd., 1889.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in Schulen für Erwachsene stündlich 25 bis 30 cbm Luft, während, wenn man von der Kohlensäureproduktion eines erwachsenen Schülers ausgeht, der Ventilationsbedarf für den Grenzwert p = 1 pro Mille gefunden wird:

$$\frac{0{,}0193}{0{,}005} = 38{,}6 \text{ cbm pro Stunde.}$$

Morins Zahlen sind aber für gewöhnliche Schulen noch ausreichend bemessen, da bei beschränkter Unterrichtsdauer und regelmäßigen Unterrichtspausen nachweislich 10 cbm genügen. Das Volumen von 12 bis 15 cbm kann daher als sehr reichlich erscheinen. In den älteren Kommunalschulen Berlins entfallen durchschnittlich nur 4 bis 5,5 cbm Luftvolumen für jeden Schüler und dennoch genügt dies meist, weil die Kinder während der stündlich angeordneten Pausen das Schulzimmer verlassen müssen.

Zwar haben die Anforderungen an ausreichende Luftzufuhr im Laufe der letzten 25 Jahre wesentliche Steigerungen erfahren, wie die von C. Häsecke gegebene Zusammenstellung in dessen „theoretisch-praktischer Abhandlung über Ventilation" erkennen läßt. Indessen sind die Zahlen des Morin'schen Ventilationsprogrammes so reichlich, daß man sie auch bei dem gegenwärtigen Stande der Lüftungstechnik noch als genügend ansehen kann, wenn im übrigen nur die Art der Luftzu- und -Abführung eine zweckmäßige ist.

Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde[1])
(nach Morin)

In Krankenhäusern für gewöhnliche Kranke .	60 bis 70 cbm,
„ „ „ Verwundete . . .	100 „
„ „ bei Epidemien . . .	150 „
„ Gefängnissen	50 „
„ gewöhnlichen Werkstätten	60 „
„ Kasernen bei Tage	30 „
„ „ „ Nacht	40 bis 50 „
„ Theatern	40 bis 50 „
„ Versammlungssälen je nach der Benutzungsdauer	30 bis 60 „
„ Schulen für Kinder	12 bis 15 „
„ Schulen für Erwachsene	25 bis 30 „
„ Schulanstalten für größere Schüler .	15 bis 20 „

Verhältnis zwischen dem Luftvorrat und dem Ventilationsbedarf.

Luftvorrat, Luftkubus, ist die Anzahl von Kubikmetern, welche auf jede einzelne der in einem Raume befindlichen Personen bei gleicher Verteilung trifft. Der Luftkubus wird also erhalten, wenn man mit der Personenzahl in den kubischen Raum dividiert. Daher ist Luftkubus und Ventilationsbedarf nie dasselbe. Bei mehrstündiger Benutzung eines Raumes kann man aber die in dieser Zeit notwendige Luftmenge gleichsetzen der Summe aus Luftvorrat und Ventilationsbedarf.

Die Ansichten über das Verhältnis zwischen beiden Zahlen gehen vielfach auseinander. Zuweilen findet man die Regel befolgt, daß Luftkubus und Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde 100 cbm betragen sollen. So werden in den englischen Kasernen stündlich pro Mann gerechnet 17 cbm Luftkubus und in dieser Zeit 83 cbm frische Luft eingeführt. Es frägt sich nur, ob das Ventilationsquantum hier nicht zu groß wird, ob durch die starke Ventilation nicht unangenehme Luftströmungen im Zimmer veranlaßt und dadurch — wie bei Wind im Freien — die Lufttrockenheit erhöht, außerdem die Betriebskosten unnötig vergrößert werden.

Als Regel dürfte sich ergeben: daß in Räumen von vorübergehender Benutzung und bei Anwendung natürlicher Ventilation der Luftkubus wichtig ist und der größere Raum als der günstigere angesehen werden kann. — Bei längerer Benutzungsdauer und Anwendung künstlicher Ventilationseinrichtungen kann der Luftkubus ganz außer Betracht bleiben.

§ 73.
Verschiedene Arten der Lüftung.

Man unterscheidet in der Heiztechnik zwei Hauptarten der Lüftung, die natürliche und die künstliche, und versteht unter der ersteren jeden Luftaustausch zwischen der atmosphärischen und der im Innern des Gebäudes eingeschlossenen Luft, soweit derselbe nur infolge des Temperaturunterschiedes beider oder durch die Kraft des Windes, und zwar durch mehr oder weniger direkte Öffnungen stattfindet. — Man spricht dagegen von künstlicher Ventilation, wenn die Bewegung der verunreinigten Luft durch erwärmte Ventilationsschächte oder Maschinen hervorgebracht wird. Die dazu verwendeten Maschinen nennt man „Ventilatoren", und zwar Saugventilatoren, wenn die verbrauchte Zimmerluft durch Maschinenkraft abgesaugt (aspiriert) wird, und Druckventilatoren, wenn die frische Luft in gleicher Art in die Räume hineingepreßt wird. Danach unterscheiden sich die schon mehrfach erwähnten Systeme der „Aspiration" und „Pulsion" oder Insufflation.

Während obige Definition das Wesen der natürlichen Ventilation nur auf die Motoren, d. h. den Temperaturunterschied und die saugende Kraft des Windes im

1) Nach der Anweisung vom 7. Mai 1884, betreffend Ausführung der Centralheizungsanlagen in fiskalischen Gebäuden ist pro Kopf und Stunde ein Luftwechsel von 80 cbm für Krankenzimmer, von 30 cbm für Gefangene in Einzelhaft, von 20 cbm für Versammlungssäle, Auditorien u. s. w. und 20 bis 10 cbm für Schulzimmer zu Grunde zu legen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Freien zurückführt und von den Wegen ganz absieht, welche e Lu t einschlägt, um ins Freie zu entweichen, muß im Sinne einer wissenschaftlicheren Bezeichnung noch unterschieden werden die natürliche Ventilation im engeren Verständnis, wobei der Luftaustausch nur durch die Poren, Fugen und Ritzen der Bauteile stattndet. Im Gegensatz hierzu würde jede mittels künstlicher Luftleitungen hervorgebrachte Lufterneuerung als künstliche Ventilation aufzufassen sein, gleichgiltig, ob die Luftbewegung durch zufällige oder eigens herbeigeführte Temperaturunterschiede, durch die Wirkung des Windes oder durch Maschinen veranlaßt wird.

A. Natürliche Ventilation.

§ 74.

Die Frage, ob die Verbesserung der Luft unserer Wo nungen auch ohne besondere Lüftungsanlagen möglich sei, ist in allen den Fällen von hoher Bedeutung, wo man von künstlichen Ventilationseinrichtungen absehen mu und — neben dem Lüften durch die Fenster — die Beschaffung reiner Luft nur durch die Poren der Baumaterialien, sowie durch die Ritzen und Fugen der Thüren und Fenster erwartet.

Es ist v. Pettenkofers Verdienst, in seiner „Abhandlung über den Luftwechsel in Wohngebäuden" auch diese Thatsachen hervorgehoben und die Anregung für weitere Arbeiten gegeben zu haben.

Als **Motoren** der natürlichen Ventilation können wir nun folgende Bewegungsursachen auffassen:

a) die Temperaturdifferenz der innerhalb und außerhalb des zu ventilierenden Raumes befindlichen Luft;

b) das Diffusionsbestreben der zwei durch die Wände des Hauses getrennten Luftmischungen;

c) die Stärke und Richtung des Windes im Freien.

Während in den meisten Fällen diese drei Motoren gleichzeitig auftreten und sich daher getrennt kaum beobachten lassen, ist im Grunde nur einer derselben, nämlich die Stärke und Richtung der Luftbewegung im Freien, von größerem Einfluß auf die natürliche Ventilation.

Zu a) Der Temperaturunterschied der beiden getrennten Luftschichten erzeugt einen Druck auf die Flächeneinheit der Wand, und zwar von außen nach innen, welche in gewissem Grade den Luftaustausch beeinflußt. So wurden nach v. Pettenkofer von dem Luftinhalt seines Zimmers ausgetauscht:

bei 20°	Temperaturunterschied . .	95 cbm,
„ 19°	„ „ . .	75 „
„ 4°	„ „ . .	22 „

Diese Schwankungen aber sind offenbar noch von anderen Bewegungsursachen abhängig gewesen.

In einem geschlossenen Raume strömt die Luft in der Regel in der Nähe des Fußbodens ein, während sie im oberen Teile des Raumes besonders durch die Decke wieder abströmt.

Diese Erscheinung brachte Recknagel zur Darstellung, indem er ein Kastengestell mit dünnem Papier beklebte und in demselben durch eine Flamme warme Luft erzeugte. Die dünnen Papierwände des Bodens und der Decke nahmen dann die in der Fig. 239 dargestellte Form an. Fig. 240 giebt ein schematisches Bild dieser Vorgänge. In

Fig. 239.

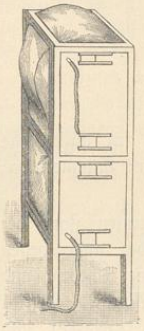
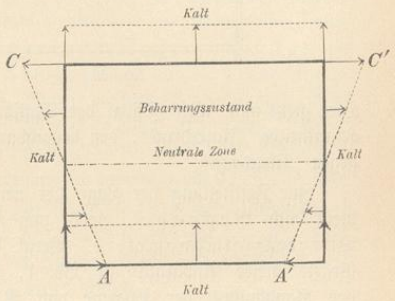


Fig. 240.



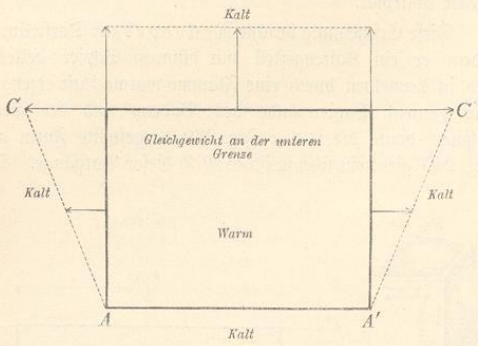
dem oberen Teil des Raumes herrscht Überdruck gegen die äußere Luft: die Innenluft drückt also das Papier nach außen, wie die punktierte Linie andeutet. In dem unteren Teile des Apparates herrscht dagegen Unterdruck: die Außenluft drückt also die Papierwände nach innen. Gegen die Mitte nehmen die Druckkräfte, deren Größe durch Pfeile dargestellt ist, ab und werden schließlich = 0. Die Ebene, in welcher der äußere und innere Druck einander gleich sind, nennt man die neutrale Zone. Die neutrale Zone trennt das Gebiet des Überdruckes von dem des Unterdruckes.

Wenn frische Luft durch Aspiration (Sauglüftung) in einen zu lüftenden Raum eingeführt wird, so herrscht in demselben Unterdruck und die neutrale Zone liegt dann nahe der Decke. Infolgedessen strömt durch Thürritzen und Fensterspalten, sowie durch zufällige Öffnungen am Fußboden Luft in den Raum ein. Es ist hierbei nicht zu umgehen, daß aus benachbarten Räumen, Küchen, Kellern, Aborten, in denen Unterdruck herrscht, die Luft mit unbequemen Gerüchen nach den entlüfteten Sälen und Zimmern abzieht. Wird dagegen den Räumen die frische vorgewärmte Luft durch „Pulsion" (Drucklüftung) zugeführt, so entsteht durch das Einströmen der Luft ein Überdruck und liegt die neutrale Zone, wie in Fig. 241 angedeutet, in der Nähe des Fußbodens.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diese Druckverhältnisse sind von besonderer Wichtigkeit bei Herstellung der Lüftungsanlagen von Krankenhäusern:

Fig. 241.



Hier giebt man allen Sälen der Station für ansteckende Krankheiten „Unterdruck", den benachbarten Räumen dagegen „Überdruck".

Zur Feststellung der Lage der neutralen Zone bedient sich Recknagel eines von ihm angegebenen Differenzialmanometers. Vergl. die Theorie und Praxis dieses Apparates in Bd. 1, Abt. 2, Heft 4 des Handbuches der Hygiene von Pettenkofer und Ziemssen.

Zu b) Die Diffusion durch poröse Wände geschieht nur sehr allmählich, und da die Differenzen der Mischungsverhältnisse und Spannungen der Gase, welche die Luft außen und innen bilden, sich als gering erwiesen haben, so kann der Einfluß der Diffusion im Verhältnis zu den sonstigen Einflüssen unberücksichtigt bleiben.

Zu c) Bei weitem wichtiger ist dagegen der Einfluß der Luftbewegung im Freien. Während Luftgeschwindigkeiten bis 3 m im Freien nicht unangenehm empfunden werden, resultiert aus derartigen Windströmungen ein zwar unbeständiger, aber nicht zu unterschätzender Motor der sogenannten spontanen Lüftung. Die Luft übt nämlich auf jede freistehende Wand von f Quadratmeter Inhalt einen Druck P aus, der sich bestimmen läßt für mittelgroße Flächen aus der Näherungsformel

$$P = 0{,}13\ v^2\ f \text{ Kilogramm},$$

wenn unter v die Geschwindigkeit des Windes pro Sekunde verstanden wird.

Auf einen Quadratmeter berechnet sich daher die Windpressung für mittelgroße Flächen wie folgt:

Bei 1 m	Geschwindigkeit	0,13 . 1^2	=	0,13 kg,
„ 2 „	„	0,13 . 4	=	0,52 „
„ 3 „	„	0,13 . 9	=	1,17 „
„ 4 „	„	0,13 . 16	=	2,08 „
Bei 5 m	Geschwindigkeit	0,13 . 25	=	3,25 kg,
„ 10 „	„	0,13 . 100	=	13,00 „
„ 20 „	„	0,13 . 400	=	52,00 „
„ 40 „	„	0,13 . 1600	=	208,00 „

Größere Geschwindigkeiten als v = 30 m kommen in Mitteleuropa, wenigstens in offener Gegend, nur selten vor. Da Apparate zur Messung der Stärke des Windes verhältnismäßig kostspielig sind, pflegt man dieselbe gewöhnlich annähernd abzuschätzen; die Stufenleiter, nach welcher dies geschieht, ist sehr verschieden.[1]) Die gebräuchliche Windstärkeskala zählt 6 Grade, exkl. Windstille; man nennt sie auch die Landskala; die Beaufortskala, welche zur See häufig angewandt wird, enthält 12 Grade.

Folgende Tabelle von Smeaton, welche von C. Lang für Metermaß umgerechnet ist, giebt die wichtigsten Windgeschwindigkeiten an.

Geschwindigkeit		Druck Kilogramm per Quadratmeter	Charakter des Windes
engl. Meile per Stunde	Meter per Sekunde		
1	0,448	0,0295	kaum fühlbar
2	0,894	0,1182	eben fühlbar
3	1,342	0,2602	
4	1,790	0,4672	angenehmer Wind
5	2,236	0,7274	
10	4,474	2,9096	frischer Wind
15	6,710	6,5467	
20	8,949	11,6387	sehr frisch
25	11,184	18,1854	
30	13,423	26,1930	starker Wind
35	15,659	35,6435	
40	17,287	46,5607	sehr starker Wind
45	20,133	58,9204	
50	22,372	72,7419	Sturm
60	26,846	104,7661	großer Sturm
80	35,795	186,2548	Orkan

Aus dieser Tabelle läßt sich entnehmen, daß der Einfluß des Windes auf die Ventilationsgröße von Bedeutung werden kann.

Märcker fand in einem Kuhstalle zu Weende das Ventilationsquantum in folgender Art vermehrt:

an einem windfreien Tage zu 1635 cbm,
bei Südwestwind erster Stärke „ 2439 „
also mehr: 804 cbm.

Wieviel auf zufällige Spalten und Ritzen entfiel, ist nicht angegeben.

1) Bei den meteorologischen Stationen des Binnenlandes pflegt die Aufzeichnung der Windstärken anemometrisch nicht gemessen zu werden. Man bestimmt hier für gewöhnlich außer Windstille nur drei Windstärken; Wind vierter Stärke ist Orkan.

Dagegen verzeichnet die deutsche Seewarte die mit Hilfe des Anemometers gefundenen Tagesmittel der Windgeschwindigkeiten in Metern per Sekunde für sämtliche Normalbeobachtungsstationen der deutschen Küste. So betrug das Tagesmittel der Windgeschwindigkeit am 1., 2. und 3. April zu Hamburg 11,0, resp. 12,2 und 11,6 m per Sekunde.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

d) Die Wege der natürlichen Ventilation im engeren Sinne. Alle zufälligen Spalten und Ritzen an Thüren und Fenstern entziehen sich der vergleichenden Beobachtung; ihren ungefähren Einfluß erkennt man jedoch aus v. Pettenkofers Beobachtungen. Bei 19° Temperatur betrug die Ventilation in dessen Arbeitszimmer 75 cbm per Stunde und, nachdem die Fugen sämtlich verklebt waren, bei gleicher Temperaturdifferenz nur 54 cbm, also 28. Proz. weniger.

Hieraus ist der Schluß zu ziehen: **daß die Poren der Baumaterialien mehr Wege für die Luft offen lassen, als die zufälligen Öffnungen.** Trotz alledem müssen letztere nach Möglichkeit vermieden werden, weil der Luftstrom durch Fugen wegen des geringen Querschnittes derselben mit größerer Geschwindigkeit eintritt, also Zug verursacht. Wo dagegen, wie bei durchlässigen Wänden, die Luft sich auf eine möglichst große Fläche verteilen kann, da wird sie nie eine große Geschwindigkeit erlangen. Nun ist nach Beobachtung von v. Pettenkofer, Märcker u. a. erwiesen, daß durchlässige Wände die Luft am oberen Teil aus-, am unteren Teil eintreten lassen (vergl. Fig. 240 u. 241) und da diese Bewegung nur sehr langsam vor sich geht, ist gleichzeitig der Vorteil geboten, daß bei dieser spontanen Ventilation die Luft auf ihrem Wege allmählich vorgewärmt wird und mit einer mittleren Temperatur in den Raum eintritt.

Außerdem haben poröse Baumaterialien den Vorteil, daß mit der Porosität die Wärmekapacität zu- und die Wärmeleitungsfähigkeit abnimmt.

Einfluß der Durchlässigkeit der Wände.

Die Permeabilität ganzer Wände ist in überraschender Weise durch v. Pettenkofer auf dem Wege des Versuches veranschaulicht[1]) und dadurch außer Zweifel gestellt worden. Aus den Resultaten dieser Untersuchungen zog dann Oberbaudirektor v. Pauli weitere Schlüsse auf die Ventilationsgröße des Pettenkofer'schen Arbeitszimmers. Schulze und Märcker endlich haben die Größe der Ventilation ganzer Mauern per Quadratmeter Wandfläche zu bestimmen versucht. Dabei hat sich folgender Luftwechsel für 1° Temperaturdifferenz pro Stunde ergeben:

bei Sandstein	0,089 cbm,
„ Kalkbruchstein . . .	0,225 „
„ Backstein	0,146 „
„ Tuffstein	0,238 „
„ Lehmstein	0,423 „

Anm. Diese Resultate sind jedoch wesentlich durch die Mörtelfugen veranlaßt, welche bei Bruchstein etwa zu $^1/_3$, bei Tuffstein zu $^1/_4$, bei Backstein zu $^1/_5$ bis $^1/_6$ und bei Quaderbau in Sandstein zu $^1/_6$ bis $^1/_8$ des ganzen Mauerkörpers veranschlagt werden können.

Auch an einzelnen Materialstücken hat v. Pettenkofer Versuche gemacht und die Permeabilitätsgröße nachgewiesen. Andere messende Beobachtungen rühren von Schürmann, Märcker und C. Lang her. Letzterer hat sein Verfahren eingehend in der oben zitierten Broschüre beschrieben.[1]) Es ergaben sich dabei folgende Erfahrungssätze:

1) Die durch poröses Material gehende Luftmenge ist direkt proportional der Druckdifferenz auf den gegenüberstehenden Seiten der porösen Wand und umgekehrt proportional der Dicke dieser Wand.

2) Die verschiedenen Baumaterialien ordnen sich rücksichtlich ihrer Durchlässigkeit nach einer Reihe.[2]) Am durchlässigsten ist Kalktuffstein.

3) Jede Mauerbekleidung vermindert die Durchlässigkeit; Mauern aus Luftsteinen mit Luftmörtel verputzt, sind stark durchlässig, um so weniger sind es mit Gipsmörtel geputzte Flächen. — Anstriche und sonstige Bekleidungen verhalten sich in der Art, daß Kalkfarbenanstrich am wenigsten, Leimfarbe mehr, und Tapeten in noch höherem Maße die Durchlässigkeit vermindern. — Mehrmaliger

1) Eine Ziegelsteinwand von $^1/_4$ qm Oberfläche wird in Kalkmörtel auf luftdichter Unterlage aufgeführt. Die schmalen Stirnseiten sind mit Gips und Harzfirnis bezogen, die breiten Wandflächen dagegen mit Metallplatten bekleidet und letztere beide in der Mitte mit einem Rohrstutzen versehen. Die Wände schließen luftdicht an den Firnis an. Verbindet man mit dem einen Rohrstück einen Kautschukschlauch, den man in ein Wassergefäß leitet, mit dem anderen Rohrstück ein Glasrohr, so erfolgt — sobald man in das Glasrohr bläst — ein lebhaftes Geräusch im Wasser. Bläst man in den Schlauch, so wird eine vor das Glasrohr gehaltene Kerze ausgelöscht. — Wird das zwischen den Metallplatten liegende Mauerwerk stark befeuchtet, so ist es mit der heftigsten Anstrengung nicht möglich, das Licht auszulöschen. — Dr. A. Wolpert schätzt die, durch die Kraft der Lunge ausgeübte Pressung gleich $^1/_{10}$ Atmosphäre. Die Erklärung des Experimentes und der in unzählige Fäden zerlegten, durch die Poren gedrückten und wieder vereinigten Luftteile hat Wolpert in klarer Weise gegeben in seiner „Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung", II. Aufl. Braunschweig 1880.

1) C. Lang, Über natürliche Ventilation u. s. w. Stuttgart 1877.

2) Bei einem konstant gehaltenen Überdruck von 0,0108 kg pro Quadratcentimeter wurden auf jeden Quadratmeter Fläche des 30 mm dicken Versuchsstückes stündlich diffundiert (vergl. Lang, S. 81):

durch	Kalktuffstein	28728 Liter Luft,
„	Grünsandstein (baierischen) . .	468 „ „
	Künstliche Steine.	
durch	Schlackenstein (Hardt)	27348 Liter Luft,
„	Ziegel, Hartbrand, Handstein .	732 „ „
„	„ Schwachbrand	312 „ „
„	„ Maschinenstein	474 „ „
	Bindemittel.	
durch	Luftmörtel	3264 Liter Luft,
„	Beton	930 „ „
„	Portland-Cement, erhärtet . .	492 „ „
„	Gips gegossen	146 „ „

Ölfarbenanstrich verhindert die Durchlässigkeit vollständig. — Wasserglasanstrich wird im Laufe der Zeit dichter und bildet einen völligen Porenverschluß.

4) Die Baumaterialien werden durch Befeuchtung für den Luftdurchgang mehr oder minder geschlossen und die Mörtelfugen verlieren dadurch einen großen Teil ihrer sonst bedeutenden Durchlässigkeit.

5) Cement wird nach längerem Aufbewahren im Wasser undurchlässig.

Resumé. Aus diesen Sätzen ergeben sich folgende Regeln für die natürliche Lüftung mittels direkten Luftdurchganges:

Man baue mit porösem Material und nicht zu dicken Frontmauern, verhindere das Aufsteigen der Feuchtigkeit (durch Isolierschichten) und sorge für gutes Austrocknen des Gebäudes. Bei freier Lage des Hauses und starker Temperaturdifferenz kann alsdann eine natürliche Luftverbesserung der Wohnräume erwartet werden. Ob diese, nur auf Permeabilität der Wände beruhende, natürliche Lüftung einen ausreichenden Luftwechsel im Sinne der Hygiene hervorrufen könne, ist durch Versuche festzustellen. Bei unserer Bauart genügt sie, mindestens für städtische Wohngebäude, nicht, und es müssen daher zur Erzielung eines ausgiebigen Luftwechsels im abgeschlossenen Raume an bestimmten Stellen des Zimmers Öffnungen oder Röhren angebracht werden, durch welche die Luft des Raumes mit der äußeren Luft kommunizieren kann.

B. Lüftung mit Hilfe von Luftleitungen (Ventilationskanälen).

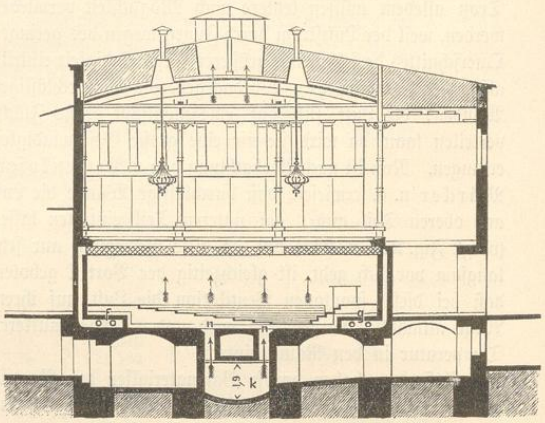
§ 75.

a) Anlage der Luftleitungen.

Abzug der verdorbenen Luft. Der Hauptzweck der Zimmerlüftung ist regelrechte Abführung der verdorbenen Luft; es ist also wünschenswert, sie da abzuleiten, wo sie am stärksten verunreinigt ist. Diese Zone befindet sich im allgemeinen in der Nähe des Zimmerplafonds. Aber solcher Abzug der Zimmerluft unter der Decke ist nicht überall angänglich, namentlich nicht bei den gewöhnlichen Luftheizungsanlagen, weil in der kalten Jahreszeit auch die Heizluft direkt nach den Abzugsöffnungen strömen würde, ohne vorher die Zimmerluft und die umschließenden Wände durch Kontakt erwärmt zu haben. Jedenfalls aber ist diese Methode da berechtigt, wo die frische und dichtere Luft in der Nähe des Fußbodens einströmt, und wo man die Absicht hat, den Raum durch Luftwechsel auch abzukühlen, wie dies in Theatern und Versammlungssälen der Fall ist. In derartigen Räumen findet eine sehr bedeutende Wärmeentwickelung der Gasflammen (865 Wärmeeinheiten pro Flachbrenner und Stunde), und zwar zum größten Teil erst oberhalb der Sitzreihen, statt; die Produkte des Verbrennungsprozesses müssen daher schnell „nach oben“ abgeführt werden, damit sie nicht in die Atemzone der Zuhörer gelangen und diesen lästig werden können.

Ein Beispiel dieser Art ist die Ventilationseinrichtung im alten Abgeordnetenhause zu Berlin, Fig. 242.[1]) Die Luft wurde hier durch aerostatischen Druck in die seitlich

Fig. 242.



liegende Dampfluftheizkammer, aus dieser in den Gang k, dann in der Richtung der Pfeile durch eine Anzahl kleiner Schächte nn unter den Saalfußboden getrieben und strömt von hier durch zahlreiche Öffnungen in den Futterbrettern der Stufenabsätze unmittelbar in den Saal. Die in den Schächten aufgehängten Thermometer zeigten beim Lüftungsbetrieb eine gleichmäßige Temperatur von 16 bis 18° R. Die eingeführte warme Luft bewegte sich im Saale senkrecht aufwärts und entwich durch Öffnungen im Deckenoberlicht in den Raum über der Glasdecke, von wo sie durch die Register der Laterne ins Freie gelangte.

Die natürliche Bewegung der Luft „von unten nach oben“ ist auch bei der durch Prof. Dr. Böhm angeordneten Ventilation des neuen Opernhauses in Wien zur Anwendung gekommen. Dieses Gebäude wird von allen Ingenieuren und Hygienisten als ein Muster betrachtet, welches sich der Vollkommenheit bedeutend nähert. Dasselbe ist eingehend besprochen in dem Abschnitt: „Ventilation der Theater“.

1) Entnommen aus E. Häsecke, Ventilation in Verbindung mit Heizung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Regeln für die Einführung frischer Luft.

1) Die eingeführte Luft muß rein sein; sie ist daher von Orten zu entnehmen, welche frei und entfernt von allen Infektionsursachen gelegen sind.

2) Vor dem Eintritt in die Räume ist die Luft vom fortgerissenen Staube zu befreien und im Sommer möglichst abzukühlen. In Spitälern, Versammlungssälen, Theatern u. s. w. sorgt man dafür, daß dieselbe möglichst aus Gärten entnommen werde und läßt sie zwecks Abkühlung einen feinen Regen passieren. — Im Trokaderopalast zu Paris wird die Luft gewöhnlich aus der Höhe (über den Dächern) entnommen, sie kann aber auch aus den Steinbrüchen, unterhalb des Gebäudekellers, zugeleitet werden. Letztere Entnahme gewährt den Vorteil, daß die Lufttemperatur dort sehr konstant, d. h. im Sommer kühler, im Winter wärmer als die atmosphärische Luft ist.

3) Die reine Luft muß mit einer Temperatur in die Lokale gelangen, die wenig von deren Normaltemperatur verschieden ist, und in solcher Höhe, daß sie die in dem Raume befindlichen Personen nicht direkt treffen kann. Wie unbequem partielle Luftströme sind, beweist die Thatsache, daß Einströmungsöffnungen im Fußboden der Theater in der Regel vom Publikum unangenehm empfunden werden. Man kann diesem Übelstande aber durch einen übergelegten Teppich, der den Luftstrom bricht und zerteilt, abhelfen! (Parlamentshaus in London.)

4) Man legt die Einströmungsöffnungen am besten in solcher Höhe an, daß der schräg aufwärts geleitete Strom, nach der Decke fortgleitend, seine Geschwindigkeit verliert und langsam an der der Ausströmungsöffnung gegenüberliegenden Wand abwärts sinkt.[1])

5) Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der reinen Luft in dem zu lüftenden Lokale zu erreichen, schlug Morin vor, möglichst viele Austrittsöffnungen anzulegen: „es bietet aber bei mehrgeschossigen Gebäuden meist schon technische Schwierigkeiten, wenn man nur ein bis zwei Ab- und Zuführungskanäle für jeden Raum anlegen will.

Will man Unzuträglichkeiten aus dem Wege gehen, so mache man die Zuleitungskanäle und deren Mündungen möglichst groß und lege letztere wenigstens 2 m hoch über dem Fußboden an. Die Abzugsöffnungen für kalte Luft kommen dann dicht an den Fußboden, und, wenn angänglich, entfernt von den Sitzen der Personen zu liegen.

6) Alle Einführungsöffnungen oder die zu denselben führenden Leitungskanäle müssen Abschlußvorrichtungen haben, mittels deren man die Ventilation nach Bedürfnis regeln oder unterbrechen kann. Derartige Regulierungsvorrichtungen sind in § 44 dargestellt und besprochen worden. Eine stellbare Klappeneinrichtung für Dampfregister mit Ventilation enthält Tafel 47.

7) Die Geschwindigkeit der Luft in den Abzugskanälen und das Quantum der zugeführten Luft müssen stets miteinander in solchem Verhältnis stehen, daß die stündlich eingeführte Luftmenge mindestens gleich der, in derselben Zeit dem Lokal entzogenen ist. Major v. Benedictis[1]) verlangte sogar stärkere Luftzufuhr, um den Zug zu vermeiden; denn bei gutem Abzuge im Aspirationsschacht führt der Druck der äußeren Luft leicht einen Nebenzufluß von letzterer in der Weise herbei, daß dieselbe durch alle vorhandenen Fugen und Ritzen eintritt, wenn nicht reichliche Zuströmung durch die Zuführungskanäle stattfindet.[2]) Es ist andererseits denkbar, daß infolge des aerostatischen Druckes die verdorbene Luft teilweise in den Raum zurückfließen kann, Übelstände, welche wir schon bei den Heizkaminen kennen gelernt haben. Es ist aber Aufgabe des Technikers, Sorge zu tragen, daß weder schädlicher Zug, noch konträre Strömungen stattfinden können, daß also die Ventilation ohne Belästigung der Zimmerinsassen vor sich geht.

Querschnitt der Ventilationskanäle. Derselbe ist abhängig von der Ausflußgeschwindigkeit der Luft, welche ihrerseits wieder eine Funktion ist von dem Höhenunterschied H der Luftein- und Ausflußöffnungen, von den Temperaturen T und t an der unteren resp. oberen Ausflußöffnung und den gesamten Bewegungswiderständen. Die theoretische Ausströmungsgeschwindigkeit drückt sich aus durch die Formel:

$$v = 4{,}4 \sqrt{\frac{H\,(T-t)}{273+t}}.$$

Von dem gefundenen Wert ist (wegen Stauung und Reibung in den Röhren) nur die Hälfte, und bei kurzen Kanälen drei Viertel zu nehmen.

Ist die Geschwindigkeit in jedem besonderen Fall ermittelt, so findet man den Querschnitt der Kanäle in Quadratmetern, indem man das den betreffenden Räumen

1) Vergl.: Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Mit Genehmigung desselben veröffentlicht. Berlin 1874. Kommissionsverlag von Beelitz. Die Kommission, welche mit der Untersuchung betraut war, konnte durch kleine, freischwebende Ballons nachweisen, daß der Strom eingeführter Luft sich bei großer Anfangsgeschwindigkeit verbreitert und allmählich langsam werdend in einer parabolischen Linie zur Decke steigt, sich bis zur gegenüberliegenden Wand fortsetzt, hier sich bricht, im unteren Raum verteilt und mit zunehmender Geschwindigkeit seinen Lauf nach der Abzugsöffnung richtet.

1) Sulla ventilatione naturale etc., pag. 17.

2) Morin beobachtete, daß bei den besseren Pulsionseinrichtungen in der Regel nur 30 Proz. der eingetriebenen frischen Luft am Bestimmungsorte ankamen. Etudes sur la Ventilation. I., pag. 369.

stündlich zuzuführende Luftquantum Q durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeitdauer dividiert, d. h. es ist der Kanalquerschnitt

$$F = \frac{Q}{3600\ v}.$$ [1])

Näherungsformeln. Für geringe Temperaturdifferenzen kann die Formel

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,(T-t)}{273+t}}$$

zu annähernder Berechnung vereinfacht werden. Ist z. B. $T = 20°$ und $t = 19°$, also $T - t = 1°$, so ist

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,.\,1}{273+19}} = 0{,}259\ \sqrt{H} = \text{rot. } {}^1/_4\ \sqrt{H},$$

also für kurze Kanäle:

$$v = {}^1/_4\ .\ {}^3/_4\ \sqrt{H} = {}^3/_{16}\ \sqrt{H},$$

oder unter günstigen Verhältnissen:

$$v = {}^1/_5\ \sqrt{H} = 0{,}2\ \sqrt{H}.$$

Beispiel. Der zu ventilierende Raum hat 120 cbm Inhalt; ein Kanal dicht unter der Decke dient zur Zuführung frischer Luft, und ein Kanal dicht am Fußboden führt die verdorbene Luft direkt ins Freie. Wegen der kurzen Kanäle ist $v = 0{,}2\ \sqrt{H}$, und für einen vertikalen Abstand der Ausströmungsöffnungen von 4 m ist $H = 4$, also

$$v = 0{,}2\ \sqrt{4} = 0{,}4 \text{ m pro Sekunde.}$$

Da die Luftgeschwindigkeiten unter sonst gleichen Verhältnissen wachsen, wie die Quadratwurzeln aus den Temperaturdifferenzen, so hat man nur für 4°, 9°, 16°, 25° Temperaturdifferenz die Geschwindigkeit $v = 0{,}4$ m zu multiplizieren mit 2, 3, 4, 5.

Die Zeit, innerhalb welcher die Luft des Raumes gegen äußere Luft umgetauscht wird, sei bezeichnet mit z,

dann ist nach Gleichung (2) § 44 $z = \frac{Q}{v\,.\,F}$, also im vorliegenden Beispiel $z = \frac{120}{0{,}4\ .\ F}$.

Der Querschnitt F der Ventilationskanäle sei 0,12 qm, man hat daher

$$z = \frac{120}{0{,}4\ .\ 0{,}12} = 2500 \text{ Sekunden} = 41 \text{ Minuten } 40 \text{ Sekunden}$$

bei 1° Temperaturdifferenz. Für 16° Temperaturdifferenz findet man:

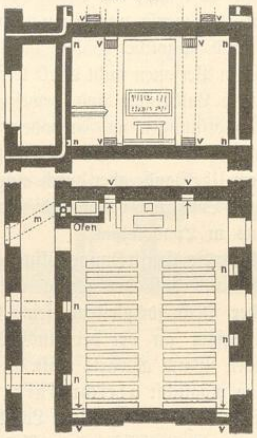
$$v = \frac{2500}{4} = 625 \text{ Sekunden} = 10 \text{ Minuten } 25 \text{ Sekunden},$$

d. h. es kann die Luft des Raumes in der Stunde sechsmal erneuert werden, wenn bei 20° Innentemperatur die äußere Luft + 4° C. hat. Die Luftausströmungsöffnungen erhalten 30 und 40 cm Seitenabmessung. Als Druckhöhe H ist die vertikale Entfernung der Mittelpunkte beider Kanalöffnungen anzunehmen.

Der Luftwechsel kann jedoch dadurch erheblich beschleunigt werden, daß man die reine Luft von größerer Höhe (etwa vom Dach) herabführt und die verunreinigte Luft des Raumes bis zum Keller hinunterleitet, denn die theoretische Abzugsgeschwindigkeit wächst mit zunehmender Druckhöhe.

Anwendungen. Auf der Verschiedenheit der Lufttemperatur eines Raumes gegen diejenige der Atmosphäre beruht das von Prof. Dr. Böhm in Wien angewendete System der natürlichen Lüftung. Fig. 243 zeigt

Fig. 243.



in Grundriß und Durchschnitt die Anordnung eines Schulsaales für 90 Knaben. Vier Kanäle v v, welche am Fußboden und an der Decke Einströmungsöffnungen haben, dienen zur Abführung der verdorbenen Luft und sind zu diesem Zwecke bis über Dachhöhe hinausgeführt. Ist nun die Luft im Schulzimmer wärmer als die äußere Luft, so strömt erstere durch die Kanäle v ins Freie, und in dem Maße, wie sie abströmt, wird reine Luft durch die Kanäle n n, welche mit der äußeren Luft kommunizieren, eingeführt. Gewöhnlich sind die Öffnungen n am Fußboden geschlossen, damit die einströmende Luft nicht den davor Sitzenden lästig falle. Dagegen sind die Kanäle v v stets unten geöffnet, damit die frische Luft den Raum von oben nach unten durchziehen kann, ehe sie entweicht.

Wenn der Winddruck auf der einen Umfassungsmauer steht, dann wird die frische Luft in den betreffenden Öffnungen dieser Wand eingetrieben und die entgegengesetzten

1) Diese Formel würde giltig sein für gewöhnliche Luftheizung und für kombinierte Heizsysteme (Dampfwasser- oder Dampfluftheizung).

Wird die Luft durch Maschinen eingetrieben, so findet ein noch näher zu besprechender Modus der Berechnung statt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kanäle wirken saugend, d. h. als Abströmungskanäle. Die Richtung und Stärke der Luftströmung wird durch in den Kanälen eingesetzte Anemometer, deren Zeiger innerhalb des zu lüftenden Raumes sichtbar sind, angezeigt; je nach der Richtung der Strömungen werden die Ventilationsklappen geöffnet und geschlossen.

Im Winter strömt die Zimmerluft — veranlaßt durch die starke Temperaturdifferenz — schnell durch die Kanäle v v ab; frische Luft würde erheblichen Zug verursachen, wenn man sie durch die Kanäle n n eintreten lassen wollte. Zu diesem Zwecke ist ein Kanal m vorhanden, der die frische Luft nach dem Mantelofen führt, aus dessen Zwischenraum sie erwärmt ins Zimmer tritt.

Anm. Man muß in allen derartigen Fällen die Luftströmungen benutzen, wie sie sich, durch Lufttemperatur und Wind veranlaßt, gestalten: künstliche Ventilationsströme kann man bei dieser Methode nicht hervorrufen, aber man kann sie mildern resp. regulieren.

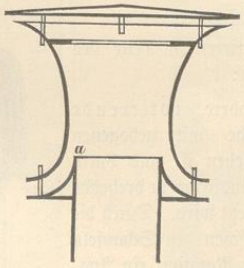
b) Apparate zur Benutzung der Saug- und Druckkraft des Windes.

Wie im letztbesprochenen Falle durch bloße Temperaturdifferenz, so kann auch durch die Benutzung des Windes Ventilation erzeugt werden, und zwar wird entweder von der **saugenden** oder der **pressenden** Kraft des Windes Gebrauch gemacht. Apparate, welche zu ersterem Zwecke benutzt werden, sind:

Der Wolpert'sche Rauch- und Luftsauger.

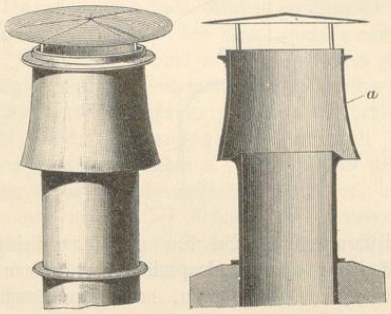
Derselbe hat sich vorzüglich bewährt. Die ältere, in Fig. 244 dargestellte Konstruktion zeigt den an das Rauchrohr a sich anschmiegenden unteren Schirm, über welchem

Fig. 244.



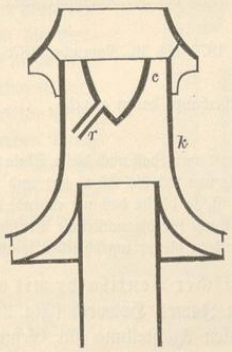
ein nach oben ausgeschweifter trichterförmiger Mantel sich befindet, der die über ihm im kurzem Abstande befindliche Decke trägt. Der ringförmige Einströmungsquerschnitt ist hierbei gleich dem Querschnitt des Rauchrohres. Die neuere bedeutend vereinfachte Konstruktion zeigt Fig. 245 und 245a. Der zwischen der Deckplatte und dem Saugkessel hindurchströmende Wind reißt Luft aus dem Kessel an sich, bewirkt dadurch Luftverdünnung und demzufolge Abzug der Ventilationsluft aus dem Rohre, resp. dem damit kommunizierenden Raume.

Fig. 245. Fig. 245a.



Auf diesem Prinzip beruht auch der Deflektor von **Windhausen** und **Büsing** (Fig. 246). Die obere Decke des Saugers wird ersetzt durch einen oben offenen, hohlen Kegel mit konvexem Mantel, von dem ein kleines Rohr r zur Abführung des Regenwassers ausgeht.

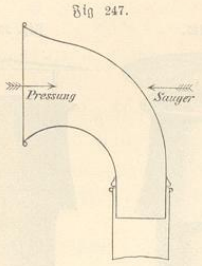
Fig. 246.



Wie die **saugende Kraft** von Luftströmen — durch Deflektoren auf dem First des Daches unterstützt — zur Abführung der Ventilationsluft aus dem Bodenraum eines Hauses mit Vorteil benutzt werden kann, veranschaulicht Tafel 28. Will man andererseits die **pressende Wirkung** des Windes benutzen, so ist der Windhut um seine vertikale Achse drehbar zu gestalten, damit er sich selbst (mittelst einer Fahne) in die Windrichtung einstellt, die Luftströme aufnimmt und diese abwärts leitet, um sie (nach einigem Verlust an lebendiger Kraft) an geeigneter Stelle in den Raum eintreten zu lassen. Derartige Windhüte, Fig. 247,

werden auf Schiffen und Eisenbahnwagen zur Lüftung verwandt. Für Gebäude verwendet man dagegen in der Regel nur feststehende Hauben.

Fig. 247.



Firstventilation. Bei den nach dem Prinzip der Baracken angelegten Krankenpavillons bedient man sich im Sommer einer sehr wirksamen, natürlichen Sauglüftung, nämlich der sogenannten Firstventilation. Zu dem Ende wird ein in der ganzen Länge des Daches hinlaufender „Dachreiter“ [1]) durch seitliche Klappen nach außen abschließbar gemacht. Dadurch ist man im stande, unter gleichzeitigem Öffnen einiger oberen Fensterflügel die Lufterneuerung beliebig zu steigern, wobei in Betracht kommt, daß jeder schwache Wind eine absaugende Wirkung auf die Firstöffnung ausübt, weil er, von seiner Richtung abgelenkt, durch die gegenüberliegenden Öffnungen der Laterne hindurchbläst und die obere Luftschicht mit sich fortreißt. — Mit Beginn der Heizperiode wird die Firstventilation eingestellt und die Klappen des Dachreiters werden geschlossen.

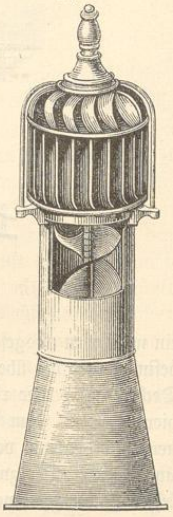
Leider ist der Wind kein konstanter Motor, so daß man nur in bestimmten Fällen die Lüftung ausschließlich von ihm abhängig machen kann: aber er kann fast immer zur Unterstützung dienen, wo Lüftung durch Temperaturdifferenz eingeführt ist, weil nur an wenigen Tagen des Jahres effektive Windstille herrscht, und selbst in unseren Breiten gewisse vorherrschende Windrichtungen und Windstärken mit großer Regelmäßigkeit auftreten, wie nachstehende Beobachtungen des statistischen Bureaus in Berlin ergeben.

Zeit	Winter			Frühjahr			Sommer			Herbst			Vorherrschende Windrichtung
	Stärke des Windes												
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	
Vom 1. Dezember 1876 bis 30. November 1877	87	15	2	59	15	1	56	28	2	112	23	1	Süd
	30	10	0	43	7	0	25	34	9	30	13	5	Süd-West
Vom 1. Dezember 1877 bis 30. November 1878	85	14	2	63	9	1	69	11	0	97	36	0	Süd
	31	11	4	23	21	2	38	15	1	28	1	0	Süd-West
Im Jahre 1878 überhaupt haben geweht . . .	213	50	7	191	77	8	213	62	1	216	56	1	

Anm. Bedenkt man, daß nach dieser Skala Wind erster Stärke eine Geschwindigkeit von 0,5 bis 2,5 m hat und absolute Windstille fast nie beobachtet ist, so dürfte das nie ruhende Spiel der Luft doch eine größere Bedeutung für die natürliche Ventilation beanspruchen, als ihm von Technikern bisher zugeschrieben worden ist.

Automatischer Ventilator mit archimedischer Schraube von **James Howorth** (Fig. 248). Diese auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitslehre und Krankenpflege zu Brüssel prämiierten Ventilatoren bestehen aus unoxydierbarem, galvanisiertem Eisen mit Firnisüberzug, funktionieren geräuschlos, auch mit großer Regelmäßigkeit und werden als Aufsätze für Ventilationsschlote von runder, viereckiger oder oblonger Basis, aber auch in Laternenform (für tramways und Eisenbahnwagen) konstruiert und kommen in verschiedenen Dimensionen, von 0,15 bis 1,22 m Durchmesser, in den Handel.

Fig. 248.



Die integrierenden Teile des Apparates sind:

a) Die obere, rotierende Kappe, welche mit gebogenen Schaufeln versehen ist und durch den leisesten Windstrom in drehende Bewegung versetzt wird. Durch die Öffnungen zwischen den Schaufeln findet bei jeder Rotation ein Ausströmen der verdorbenen Luft des Ventilationsschlotes statt.

b) Die archimedische Schraube, mit der Kappe durch eine Spindel verbunden, bewirkt bei der Drehung einen starken, ununterbrochenen, nach oben gehenden

1) Die Wirksamkeit der Dachreiter ist vielfach angezweifelt worden, so von Alexander Huber in Köln (vergl. Nr. 9 der Baugewerks-Zeitung vom 1. Februar 1893), derselbe weist nach, daß erfahrungsmäßig in geschlossenen, mit Dachreitern versehenen Räumen an heißen, windstillen Tagen eine unerträgliche Hitze herrscht, während an kühlen, windigen Tagen die Insassen durch Zug belästigt werden.

Luftstrom, verhindert auch das Eindringen kalter Luft und macht nach unten gehende Luftbewegungen unmöglich.

c) Die innerhalb angebrachte Schmiervorrichtung bewirkt einen vollkommenen geräuschlosen Gang derselben.

C. Künstliche Ventilation.

§ 76.

Ventilation durch die Wärme.

Bei diesem System findet der Abzug der auszutreibenden Luft infolge der saugenden Wirkung eines Ventilationsschlotes (cheminée d'appel) statt. — In diesem Schlote wird die verdorbene Luft künstlich erwärmt und dadurch ein starker Temperaturunterschied geschaffen, welcher die Luftbewegung fördert. Um dies mit möglichst geringen Kosten zu bewerkstelligen, sucht man im Winter die anderweitig nicht nutzbare Wärme der

Fig. 249.

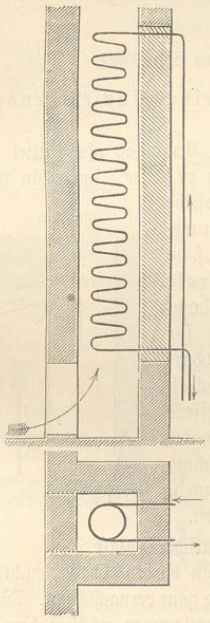
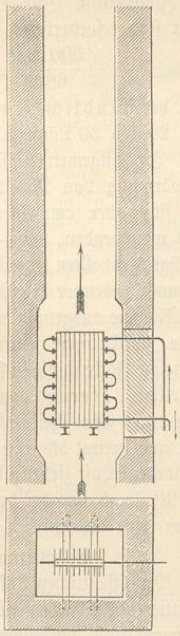
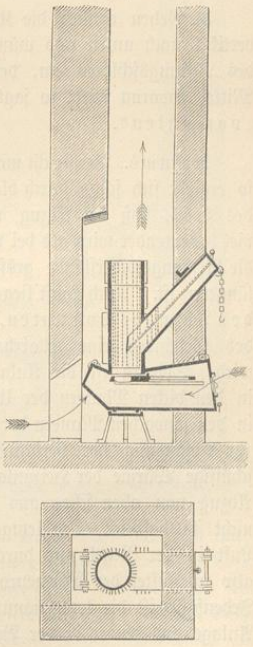


Fig. 250.



Verbrennungsprodukte zu sammeln und zur Erwärmung eines Saugeschachtes zu verwenden, so die Wärme des abgehenden Rauches von Öfen, Kaloriferen, Kesseln. Man läßt dann gewöhnlich den Rauch durch ein in der Mitte des Schlotes aufsteigendes Metallrohr (wie Tafel 46 zeigt) entweichen; dieses giebt die empfangene Wärme an die Luft im Saugeschacht ab und wirkt dadurch luftverdünnend, also „saugend". Das Rauchrohr wird gewöhnlich höher geführt als die Mündung des Aspirationsschornsteins, und beide Rohre werden mit Deflektoren versehen, damit abwärts gerichtete Windstöße die verdorbene Luft und den Rauch nicht zurücktreiben können. Wo letzteres nicht angänglich, können zur Erwärmung des Schlotes auch indirekte Wärmequellen dienen, so Dampf- oder Wasserheizröhren mit hohem und niederem Druck, Rippenregister, welche mit Wasser oder Dampf erwärmt werden u. s. w. Fig. 249 stellt eine zu diesem Zweck dienende Heißwasserspirale dar; die verdorbene Luft tritt in der Richtung des Pfeiles ein. — Fig. 250 stellt ein durch Dampf erwärmtes Rippenregister, wie solche in Ventilationsschloten Aufstellung finden, dar.

Fig. 251.



Wenn endlich im Sommer jede Heizung ruht, kann für Tage gänzlicher Windstille der Luftaustausch durch Aufstellung eines Füllofens im Heizraum gesorgt werden (Fig. 251); das sechs bis acht Stunden vorhaltende Feuer desselben genügt dann, um die Verdünnung der Luft im Mantel des Aspirationsschornsteines zu bewirken. Derselbe Effekt kann erreicht werden durch Gasflammen, welche konstant in der Abzugsleitung brennen. Man benutzt dazu **Bunsen**sche Brenner.

Ähnlich wie die Schüttofen wirken offene Heizkamine. Bei träger Luftbewegung und an nebligen Tagen bewirken dieselben eine sehr energische Ventilation und bieten im Herbst und Frühjahr die große Annehmlichkeit der strahlenden Wärme.

Die sogenannten **Lockfeuer,** welche wir in § 49 kennen lernten und die nur für einzelne Tagesstunden in Brand gehalten werden, gehören endlich ebenfalls unter die Zug erzeugenden Mittel.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Methoden des Luftabzuges.

Die zur Erwärmung eines Lüftungsschlotes benutzte Wärmequelle kann sich nun entweder über, im Niveau oder unter den Luftabzugsmündungen des zu lüftenden Raumes befinden, und danach unterscheidet man drei Arten des Luftabzuges.

1) Liegt die Wärmequelle im höchsten Teile des Gebäudes, steigen die Abzugskanäle vertikal bis zum horizontalen Sammelkanal empor, der sie in den Lüftungsschlot einführt, und befindet sich auf dieser Höhe die Wärmequelle (sei dies nun ein Lockfeuer, Register oder Flammenkranz), so sagt man: der Abzug geschieht „von oben".

2) Wird die abziehende Luft im Niveau des Lokales durch irgend welche Wärmequelle erhitzt und dann horizontal nach dem Lüftungsschlote gezogen oder ins Freie geleitet, so nennt man dies „Abzug au niveau".

3) Gehen endlich die Kanäle von den Mündungen vertikal nach unten und münden dort am Fuße (Grunde) des Lüftungsschlotes ein, der durch eines der genannten Mittel erwärmt wird, so sagt man: der Abzug geschieht „von unten".

Resumé. Vergleicht man diese drei Absaugemethoden, so ergiebt sich schon durch bloße Betrachtung der Formel I des § 44, daß bei Abzug von unten die Druckhöhe H viel bedeutender wird als bei Abzug von oben, obwohl auch die Reibungswiderstände größer werden und der Weg ein längerer ist. Auch sonst liegen die Vorteile auf Seite des Abzuges von unten, weil dadurch in allen Teilen des Gebäudes eine gleichmäßigere Lüftung erreicht wird. Sodann ist die Anlage von Luftleitungen leichter in den dicken Mauern der Untergeschosse zu bewirken als in den schwachen Mauern der Obergeschosse. Endlich kann zur Absaugung der verbrauchten Luft vielfach die überschüssige Wärme der Heizanlagen benutzt werden, was bei Abzug von oben schon aus Rücksichten der Feuersgefahr nicht statthaft ist. Im letztgenannten Falle kann man die Luft in der Regel nur durch Wasser- oder Dampfrohre, also auf Kosten der Wärmeproduktion des Systemes erhitzen. Jedenfalls ist die letztgenannte Methode kostspieliger in der Anlage und teurer in der Bedienung.

Nur da, wo das zu lüftende Lokal durch eine große Menge Gasflammen erleuchtet wird, muß der Abzug von oben jedem anderen vorgezogen werden, weil die durch Flammen verunreinigte und erhitzte Luft nicht in die Atmungssphäre der Menschen hinabgeführt werden kann. In diesem Falle ist der Motor der Ventilation bereits in der durch die Gasflammen erzeugten Wärmemenge gegeben.

Absaugende Wirkung der Gasflammen.

Bei kleineren Lüftungsanlagen erreicht man einen nennenswerten Effekt schon durch einige Bunsen'sche Brenner, welche konstant in der Abzugsleitung oder im Lüftungsschlot brennen. Räume, welche nur zeitweise und nicht von zu vielen Menschen benutzt werden, kann man auf diese Weise während der Sommermonate durch ein bis zwei Flammen, welche im Ventilationsrohre brennen, ohne erhebliche Kosten lüften. Soll z. B. ein Raum für fünfzehn Personen mit je 20 cbm stündlichem Ventilationsbedarf entlüftet werden, so sind stündlich 300 cbm Luft abzuführen. Da jedes Liter Leuchtgas bei der Verbrennung etwa 6,8 Wärmeeinheiten erzeugt, so entfallen auf einen Kubikmeter Leuchtgas 6800 Wärmeeinheiten.

Soll dieses Luftquantum um 10° in der Temperatur erhöht werden, so sind — wenn von der durch die fünfzehn Personen erzeugten Wärme vorerst abgesehen wird — nötig:

$$1{,}252 \times 0{,}237 \times 10 = 2{,}96 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

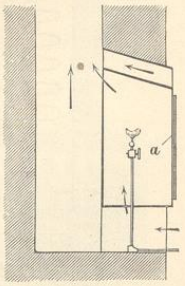
In der Regel genügt nun eine Temperaturerhöhung der Luft des Aspirationsschachtes um 10° C. zur Absaugung der Zimmerluft. Zur Temperaturerhöhung dieser 300 cbm Luft sind erforderlich:

$$\frac{300 \,.\, 2{,}96}{6800} = 0{,}130 \text{ cbm Gas,}$$

d. i. der stündliche Konsum eines Bunsenbrenners mit 20 bis 30 Löchern.

Im allgemeinen ist zwar Leuchtgas als Mittel zur Erwärmung von Abluftkanälen zu teuer, immerhin wird es sich aber empfehlen, dasselbe dort anzuwenden, wo — wie in ungenügend erhellten Korridoren u. s. w. — noch nebenher die Leuchtkraft der Flamme ausgenutzt werden kann. Eine zweckmäßige Vorrichtung für derartige Fälle ist die in Fig. 252 dargestellte „Laterne" von Rietschel. Die durch Glasscheiben umschlossene Flamme brennt ohne zu flackern, die verdorbene Luft zieht in der Richtung der Pfeile ab und der dunkle Innenraum wird ausreichend beleuchtet.

Fig. 252.



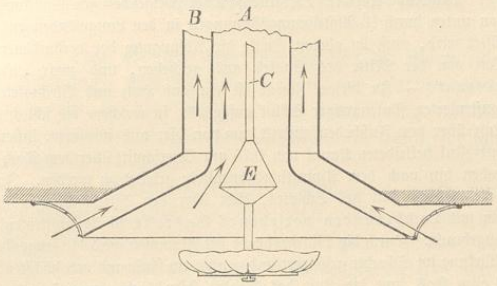
Beleuchtung öffentlicher Lokale.

In öffentlichen Lokalen wird die aus der Beleuchtung resultierende Wärmequelle häufig ganz vernachlässigt. Die in großer Anzahl vorhandenen Gasflammen erhöhen hier die Temperatur in unerträglicher Weise. Wenn nun dafür gesorgt wird, daß diese Verbrennungsprodukte, ehe sie sich mit der Zimmerluft mischen, in besonderen Kanälen abgeführt werden, so wird dadurch die Temperatur des Lokales gemäßigt und die lästige, schädliche Wärme zur Absaugung der verdorbenen Zimmerluft benutzt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der sogenannte **„Sonnenbrenner"** (Fig. 253) ist ein solcher Lüftungs- und Beleuchtungsapparat; derselbe dient zur direkten Ableitung der Verbrennungsprodukte, welche der Kronleuchter erzeugt. Letzterer ist daher dicht unter dem Plafond des Saales angebracht. Der innere Metalltrichter mit anschließendem Abführungsrohre A nimmt die Verbrennungsgase und einen Teil der Luft auf, der übrige Teil der verdorbenen und erhitzten Saalluft entweicht durch den äußeren Schacht B; die Gaszuführung erfolgt durch das Rohr C.

Fig. 253.



Ein Nachteil der Sonnenbrenner ist hervorzuheben: er besteht in dem starken Gaskonsum, welcher durch die große Entfernung der Lichtquelle, die hier dicht an der Decke plaziert ist, veranlaßt wird. Neuerdings ist durch Anwendung der elektrischen Beleuchtung die Anwendung von Sonnenbrennern erheblich eingeschränkt worden.

Anm. Die saugende Wirkung eines Sonnenbrenners läßt sich ohne Schwierigkeit bestimmen. Man kann mit 1 cbm Gas 600 cbm Luft absaugen; wenn daher der in Betracht gezogene Saal 1000 cbm enthält und diese stündlich dreimal erneuert werden sollen, dann sind $\frac{3000}{600} = 5$ cbm Gas per Stunde erforderlich. Der stündliche Gasverbrauch einer Normalgasflamme ist 0,15 cbm; es sind daher 33 Argandflammen nötig, welche stündlich einen Kostenaufwand von 5×16 Pf. $= 80$ Pfennig verursachen.

Welche ungeheuere Wirkungen durch die Wärme der Gasflammen erzeugt werden können, wurde in der Großen Oper zu Paris festgestellt, wo früher durch die Lüfteröffnung allein stündlich 100 000 cbm Luft entwichen. Morin schlug vor, die Decke ganz zu schließen, sie durchsichtig zu machen und die Beleuchtung über der Decke anzubringen, um die Verunreinigung der Luft durch Kohlensäure zu beheben; diese Grundsätze wurden auch bei Einrichtung der Ventilationsanlagen im Theatre Lyrique zu Paris von ihm zur Anwendung gebracht. Die verdorbene Luft wird hier an der Stelle abgeführt, wo sie erzeugt wird, nämlich in der Nähe der Logen und des Parketts durch besondere vergitterte Öffnungen in der Logenrückwand. Zur Einführung frischer Luft dienen die Deckengesimse, so daß Luftbewegung „von oben nach unten" stattfindet.

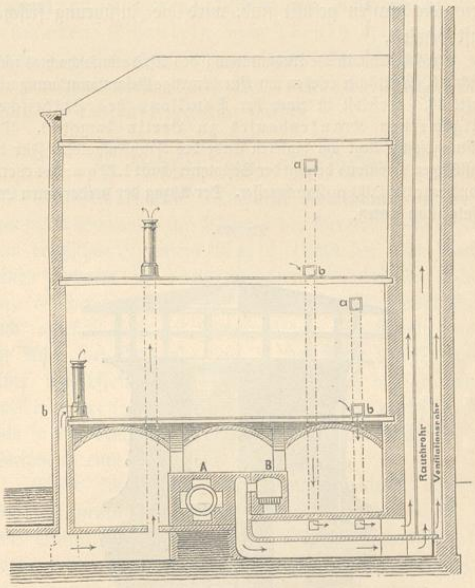
Aber durch die Glasdecke ging zu viel Licht verloren und nahe derselben — in den obersten Logenreihen — war die Hitze unerträglich. Die wenigen, in der Glasdecke angebrachten Abzugsöffnungen waren nicht wirksam genug. Besser hat sich diese Einrichtung in Versammlungssälen bewährt, wo sich die Logen hinreichend entfernt von dem Glasplafond befinden. Vergl. provisorisches Reichstagsgebäude zu Berlin. (Tafel 50.) „Anwendungen".

Auch der große Hörsaal des physiologischen Institutes zu Berlin, dargestellt auf Tafel 46, ist mit Beleuchtung oberhalb der Decke versehen worden.

§ 77.

Nach eingehender Erörterung der Methoden, welche bei der Sauglüftung durch Wärme zur Anwendung kommen können, ist noch die Zeichnung einer derartigen Anlage hier vorzuführen. Als Beispiel geben wir die in Fig. 254 dargestellte Lüftung einer Berliner Schule, deren Klassenzimmer durch Niederdruckwasserheizung erwärmt werden. Der Abzug geschieht „von unten".

Fig. 254.



Im Winter wird die frische Luft aus dem unter der Kellersohle links eintretenden „Kanal für frische Luft" angesaugt und strömt erwärmt in die Räume ein. Die Absaugung der verbrauchten Luft erfolgt durch am Fußboden befindliche Öffnungen b b, und zwar abwärts in der Richtung der Pfeile und — nachdem der horizontale Kanal passiert worden ist — direkt in den vertikalen Entlüftungsschacht, in dessen Mitte das eiserne Rauchrohr aufsteigt. Dieses nimmt die Verbrennungsprodukte der Kesselfeuerung A auf, erwärmt dadurch die abzusaugende Luft und zwingt dieselbe zum Aufsteigen.

Im Sommer wird die Lüftung durch das Lockfeuer B bewerkstelligt. Von dem Rost desselben ziehen die

Verbrennungsprodukte links abwärts in den Fuchs der Kesselfeuerung und in das eiserne Rauchrohr, wobei der Effekt derselbe bleibt wie im ersten Falle, nur mit dem Unterschiede: daß die verdorbene Luft der Zimmer nicht unterhalb bei b, sondern durch die oberen Öffnungen a a abgesaugt wird. Damit aber nicht beide Verschlußklappen gleichzeitig offen sein können, ist die Vorrichtung so getroffen, daß die obere Klappe sich schließt, wenn die untere geöffnet wird und umgekehrt. Die frische Luft tritt im Sommer auf demselben Wege wie vorher — nämlich durch die (nicht erwärmten) Öfen — in die Klassenzimmer ein. Im Untersatz der Öfen sind Klappen angebracht, durch welche die Zuströmung frischer Luft geregelt oder ganz abgestellt werden kann. Diese Cirkulationsheizung findet nur vor Beginn des Unterrichtes statt und erst dann, wenn die Klassen gefüllt sind, wird die Zuführung frischer Luft bewirkt.

In Fig. 254 ist die Ausmündung des Aspirationsschachtes nicht ersichtlich. Deutlicher ersehen wir eine derartige Gesamtanordnung aus Tafel 48. Daselbst ist einer der Pavillons des Städtischen Allgemeinen Krankenhauses zu Berlin dargestellt. Der Lüftungsschlot liegt am hinteren Ende des Krankensaales. Für die einstöckigen Pavillons beträgt der Schlotquerschnitt 1,12 qm; das eiserne Rauchrohr hat 0,60 m Durchmesser. **Der Abzug der verdorbenen Luft erfolgt von unten.**

Fig. 255.

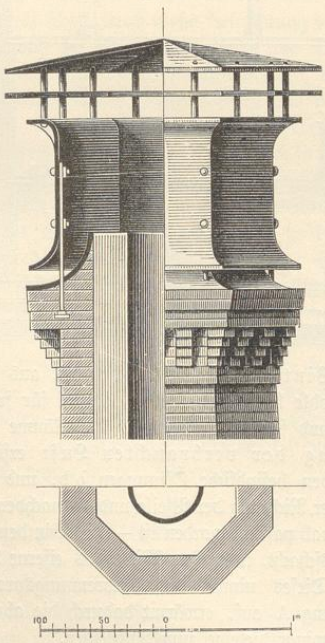


Fig. 255 stellt die Ausmündung des Lüftungsschlotes mit seinem aus gußeisernen Platten zusammengeschraubten Aufsatz, welcher sich auf Stehbolzen über der in Form eines Viertelkreises gestalteten Grundplatte erhebt, dar. Die Wirkung desselben ist eine über Erwarten günstige[1]) und die Ventilation so kräftig, daß zur Verminderung resp. Regulierung der abströmenden Luftmengen die Anbringung einer Drosselklappe vor der Schlotöffnung notwendig wurde; die Stellung dieser Klappe erfolgt vom Saale aus. Zu dem Zwecke wurde im Schlot ein einfacher Indikator (Fig. 271 u. 272) eingeschaltet, dessen im Saale sichtbarer Zeiger an einer Kreisteilung die Luftgeschwindigkeit angiebt und so den Anhalt für das Öffnen oder Schließen der Drosselklappe bietet. In der Periode, wo die Heizung ruht, wird an windstillen Tagen der im Heizraum angebrachte Schüttofen sechs bis acht Stunden geheizt und dadurch regelrechte Lufterneuerung bewirkt.

Während der untere Krankensaal der zweigeschossigen Pavillons von unten durch 16 Abströmungsöffnungen in den Langwänden entlüftet wird, muß im oberen Saale die Absaugung der verdorbenen Luft von der Mitte des Saales aus geschehen, und zwar „au niveau". — Zu diesem Zwecke ist ein aus Holz und Blechtafeln konstruierter, säulenartiger Schlot aufgestellt, in welchem die schlechte Luft über dem Fußboden eintritt, um von hier aus in einem, innen mit Zink bekleideten Kanal von 0,75 qm Querschnitt über dem Dachboden hin nach dem Aspirationsschornstein geleitet zu werden. In dem unteren Teil des Schlotes, dicht über den Gitteröffnungen ist ein mit Lochbrennern versehenes Gasrohr schräg aufsteigend angebracht. Durch die Wärmeabgabe der Flammen wird die saugende Wirkung im Schachte gesteigert und genügt ein Aufwand von höchstens 1 cbm Gas, um die Luft des Saales stündlich einmal zu erneuern. Sobald die äußere Luft jedoch auf 8° gesunken ist und die innere Luft 19° C. hat, unterbleibt die besondere Erwärmung des Schlotes; dasselbe wird eintreten, wenn im Sommer die Klappen der Firstventilation geöffnet werden können.

Ein Beispiel für den Abzug von oben ist bereits in Fig. 242 gegeben worden (Sitzungssaal des Hauses der Abgeordneten zu Berlin), andere Beispiele bieten verschiedene neuere Theater und Versammlungssäle, welche in den „Anwendungen" eingehend besprochen werden.

Im Krankenhause des Strafgefängnisses in Plötzensee bei Berlin war neben den älteren, bekannten Lüftungssystemen auch die **Scharrath'sche Porenventilation** versuchsweise für zwei Säle zur Anwendung gekommen. Da für dieses Gebäude genaue Messungen über den mechanischen Effekt der Ventilation stattgefunden haben, sind wir in der Lage, darüber nachstehende Mitteilungen zu machen.[2])

Anlage der Luftzuführungen. Nach den beiden Sälen im Erdgeschoß (Mittelbau), welche mit Porenventilation versehen sind, wurden zwei Kanäle von zusammen 0,189 qm Querschnitt von den Heizkammern bis auf 2,0 m Höhe direkt aufwärts und dann in den Scheidewänden unter Beibehaltung derselben Querschnittsfläche horizontal entlang geführt. Von diesen horizontalen Kanälen führen vertikal abwärts Zweigkanäle mit quadratischem Querschnitt nach größeren Maueröffnungen in den Scheidewänden, je 85 cm breit, 125 cm hoch, dieselben bilden an ihrer zimmerseitigen Begrenzung die

1) Vergl. den Bericht über Heiz- und Ventilationsproben im Berliner Kommunalblatt, Beilage XVII zu Nr. 28, Jahrg. 1870.

2) Wir benutzen dabei die durch das Königl. Preußische Justizministerium bei Gelegenheit der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege u. s. w. in Brüssel herausgegebenen „Erläuterungen". Berlin (R. v. Decker).

sogenannten Porenfelder und beginnen unmittelbar über dem Fußboden. Die Porenfelder wurden aus segeltuchähnlichem Baumwollenstoff hergestellt, der über Holzrahmen gespannt und fensterartig in die zugehörigen Wandnischen eingefügt ist. Für die Zuleitung der Luft nach den einzelnen Porenfeldern waren Regulierungsvorrichtungen vorhanden.

Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgte durch den Schlitz eines an der Decke befestigten hölzernen Kastens, welcher dieselbe den gemauerten Abzugsschloten zuführt; die Breite des Schlitzes konnte reguliert werden. Sämtliche Abzugskanäle vereinigten sich im Dachboden und mündeten — nur durch eine Blechwand von den benachbarten Rauchröhren getrennt — mit diesen über Dach aus.

Die vor den Porenfeldern angestellten anemometrischen Messungen und Temperaturbeobachtungen ergaben als Resultat:

1) Daß die aus den Zweigkanälen der Porenfelder ausströmende Luft durchweg geringere Temperatur hatte als in den übrigen, mit Drucklüftung (System „van Hecke") versehenen Krankenräumen, welche konstant 20 bis 22° C. zeigten;

2) bei Benutzung derselben Ventilatoren, welche auch den übrigen Räumen die frische Luft zuführen, stellte sich ein geringerer Effekt[1]) als bei letzteren heraus, obwohl bei der Anlage genau nach Scharraths Ideen verfahren wurde;

3) das Austreten der Luft fand vorzugsweise nur im oberen Teile der Porengewebe statt, und bei ihrer geringeren Ausströmungsgeschwindigkeit stieg dieselbe schon in kurzer Entfernung vom Porenfelde zur Decke, wo sie sich erst nach erfolgter Abkühlung zu Boden senkte;

4) Anlage- und Betriebskosten berechnen sich bei Porenventilation wegen der notwendig werdenden starken Wände und der stärkeren Triebkraft teurer als bei gewöhnlicher Luftheizung;

5) die gewöhnliche Drucklüftung bietet daher bei erheblich billigeren Anlagekosten alle die Vorzüge dar, welche von dem Erfinder der Porenventilation in Aussicht gestellt worden waren.

§ 78.

Künstliche Lüftung durch Maschinen.

Von dieser Methode der Lüftung wird gewöhnlich nur bei größeren öffentlichen und Privatgebäuden, insbesondere für Theater, Versammlungssäle, Spitäler, Gefängnisse und für Fabriken, in denen Dämpfe und Ausdünstungen sich entwickeln, welche eine schnelle Beseitigung erfordern, Gebrauch gemacht.

1) Die Widerstände der Luft werden nämlich durch das Gewebe der Porenfelder in hohem Grade verstärkt. Bei einer Vermehrung der Tourenzahl der Maschine um 17 Proz. wurde nur eine Effektsteigerung von 6 Proz. erreicht. Ein zweites Hindernis des unvollkommenen Effektes ist die starke Reibung in den verzweigten Kanälen.

Auch hier vereinigt man die Luftabzugskanäle in einem allgemeinen Schlote, an dessen Mündung etwa ein Saugventilator ansetzt, der durch Wasser- oder Dampfkraft bewegt wird. Nebenher läßt sich die Wirkung desselben durch Temperaturdifferenz oder die saugende Kraft des Windes (Deflektoren) verstärken, und es kann an Tagen, wo die letzteren Mittel allein genügen, der Saugventilator ganz außer Betrieb bleiben.

In den meisten Fällen wird aber die äußere Luft durch einen der nachstehend beschriebenen Ventilatoren angesaugt und unter gehörigem Druck in die betreffenden Heizkammern getrieben, um von hier in eine Mischkammer oder direkt in die Luftleitungskanäle zu gelangen.

Ihrer Konstruktion nach zerfallen die Ventilatoren in **Schraubenventilatoren** und Schaufel- oder **Centrifugalventilatoren**; letztere sind entweder mit gekrümmten Schaufeln oder ebenen Flügeln versehen. — Außerdem kommen auch **Strahlapparate** zur Verwendung, welche durch Wasserdruck, Dampf oder mittels Druckluft betrieben werden.

A. Schraubenventilatoren.

Geschichtliches. Die erste Anwendung der pneumatischen Schraube zur Lüftung der Bergwerke rührt von dem belgischen Ingenieur Motte (1840) her. Er brachte seinen Apparat in einem vertikalen cylindrischen Schlot an, welcher unterhalb mit den Luftabführungsschächten und oberhalb mit der Atmosphäre in Verbindung stand; die Achse der Schraube lag in der Achse des Schlotes. Aber der Effekt wurde vermindert durch das Entstehen zweier entgegengesetzten Luftströme, von denen sich der eine in der Nähe der Triebachse, der andere dicht an der Peripherie entwickelte.

Einen konstruktiven Fortschritt bezeichnet erst der Schraubenventilator von Guérin mit trapezförmigen, in zwei Spirallinien um die Achse verteilten Schaufeln, die unter einem Winkel von 38° gegen die Rotationsebene und tangential zur Schraubenfläche gestellt waren.

Mit dem Guérin'schen Schraubenrade hat General Morin eine größere Anzahl von Versuchen im Konservatorium der Künste und Handwerke angestellt und die betreffenden Resultate in den Annales du Conservatoire veröffentlicht. Der zum Experimentieren gewählte Ventilator hatte 0,48 m Diameter und 0,70 m Länge; der cylindrische Mantel war 0,50 m weit.

Die Nutzleistung wurde berechnet nach der der Luft mitgeteilten lebendigen Kraft.

Ist Q die Windmenge,
F der Querschnitt des Rohres,
c die Geschwindigkeit des Luftstromes,
$\gamma = 1{,}3$ kg das Gewicht von 1 cbm Luft,

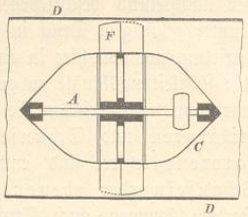
so ist diese Nutzleistung ausgedrückt durch die Formel:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{Q\gamma}{g} c^2 = \frac{1}{2} \frac{F \cdot \gamma}{g} \cdot c^3 \text{ Meter Kilogr.} \quad \ldots \quad 2)$$

Morin fand im Mittel als besten Wirkungsgrad
für den saugenden Schraubenventilator . . . 0,0840,
„ „ blasenden „ . . . 0,0393,
welche Resultate sehr gering sind.

Da die Geschwindigkeit der Flügel des Ventilators in der Nähe der Drehachse erheblich geringer ist, als in größerer Entfernung von derselben, so hat man mit Erfolg die Konstruktion Fig 256 gewählt.

Fig. 256.



Hierbei sitzen die kurzen Flügel F auf der Peripherie einer im Durchschnitt sichtbaren Trommel, die mit Hilfe von Armen an der Welle A befestigt ist. Der Umdrehungskörper (Trommel) ist derart geformt, daß er die Luft allmählich den Flügeln F zuführt, wodurch Luftstauungen und demnach Kraftverluste vermieden werden. Der Mantel D schließt sich an die Flügel möglichst dicht an.

Der Ventilator von **Heger** in Wien,[1]) angewendet zur Pulsionsventilation des neuen Opernhauses, wird durch eine Maschine von 16 Pferdekräften betrieben, welche stündlich 40000 bis 120000 cbm frische Luft liefert.

Derselbe gleicht einer Turbine mit horizontaler Achse, hat 3 m Diameter und 51 cm breiten Schaufelkranz und macht per Minute 120 Touren. Derselbe liefert im Durchschnitt stündlich 90000 cbm oder pro Kopf und Stunde 30 cbm, wobei die Luft mit einer Geschwindigkeit von 0,31 m pro Sekunde einströmt. Bei Besprechung der Heiz- und Ventilationsanlagen des Wiener Opernhauses kommen wir nochmals darauf zurück. Es mag jedoch erwähnt werden, daß der Apparat von Heger beim Lüftungsbetriebe erhebliche Geräusche verursacht und aus diesem Grunde für Konzertsäle und Theater wenig geeignet ist.

Schraubenventilatoren mit Wasserbetrieb.

Hierher gehören:

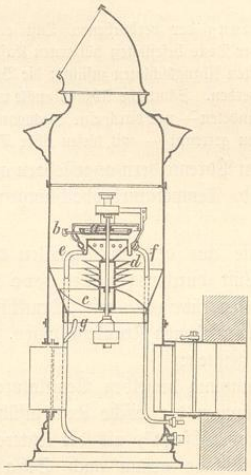
a) der **„Aërophor"** von **Treutler & Schwarz,**
b) der **Kosmos-Ventilator** von **Schäffer & Walcker.**

Dieselben werden durch die Kraft des Stoßes von unter Druck ausfließendem Wasser bewegt.

1) Mitgeteilt in Paul, Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. I. Aufl. Wien 1885 und dargestellt in Fig. 63 u. 64.

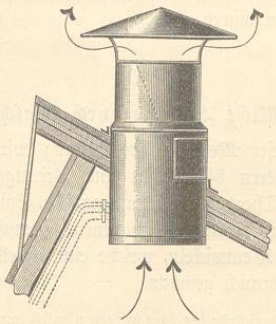
Zu a) Der Betrieb des „Aërophors" geschieht in der Weise, daß ein unter Druck stehender Wasserstrahl gegen das Rädchen mit sägeförmig gestalteten Zähnen geführt

Fig. 257.



wird. Hierdurch kommt die stehende Welle mit dem daran befindlichen Schraubenventilator c in Bewegung. Der Wasserabfluß kann entweder durch das Rohr e oder durch den Trichter d in die darunter angebrachten Fangschalen erfolgen, welche dasselbe gegen den cylindrischen Mantel schleudern und zerstäuben. Die abzuführende Luft tritt oberhalb durch die Mündung des Aërophors ein, folgt dem durch Drehung der Schraube erzeugten und fortgeschleuderten Luftstrom und entweicht am Fuße des Gehäuses durch den Rohransatz in den gemauerten Ventilationskanal. Wo ein solcher von genügendem Querschnitt nicht

Fig. 258.



vorhanden ist, kann das Metallrohr auch in passender Höhe direkt durch die Frontwand oder das Dach ins Freie münden (vergl. Fig. 258). Das abfließende Wasser kann

— namentlich in Restaurationslokalen — zuweilen für Spülküchen- und Retiradenanlagen u. s. w. mit Vorteil benutzt werden.

Aus nachstehender Tabelle ist der Durchmesser der Luftrohre und die Leistung des zur Sauglüftung benutzten „Aërophor" von Treutler & Schwarz zu ersehen.

Durchmesser des Luftrohres m	Evacuierte stündliche Luftmenge cbm	Stündlicher Wasserverbrauch bei 3 bis 4 Atm. Druck in cbm
0,22	400 bis 450	0,08 bis 0,10
0,33	800 „ 900	0,18 „ 0,20
0,40	1150 „ 1300	0,20 „ 0,25
0,52	2300 „ 2500	0,30 „ 0,33
0,60	2700 „ 2900	0,35 „ 0,37
0,65	3000 „ 3100	0,40 „ 0,45
0,80	5000 „ 5100	0,55 „ 0,60

Zu b) Bei dem Wasserstrahlventilator „Kosmoslüfter" von Schäffer & Walcker strömt das Druckwasser aus dem Wasserleitungsrohr S durch die Düse D gegen die

Fig. 259.

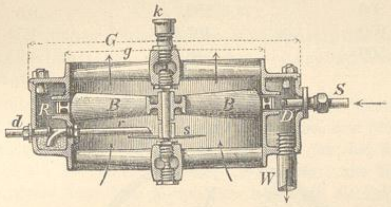
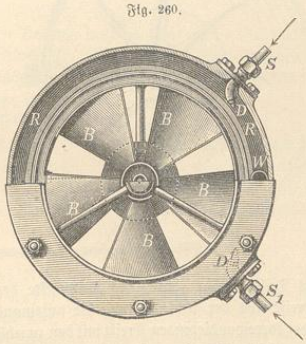


Fig. 260.

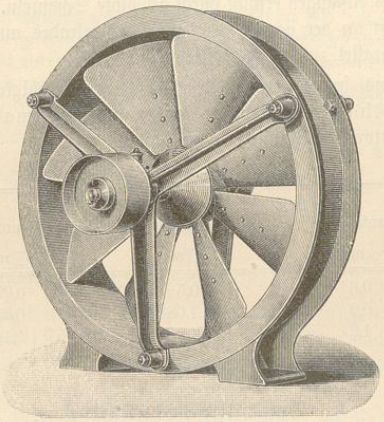


Zähne des Turbinenrades R, wodurch dieses und das damit in Verbindung stehende Flügelrad B in Bewegung gesetzt wird. Läßt man das Wasser dagegen durch die Spritzdüse D^1 einströmen, so tritt Drehung nach der entgegengesetzten Richtung ein, man kann also mittels des Apparates sowohl Luft absaugen, als auch durch Druck in den zu lüftenden Raum einpressen (Drucklüftung).

Schraubenventilatoren mit **Maschinenbetrieb** werden in der Praxis in Durchmessern bis zu etwa 3,0 m angefertigt. Hierbei soll die Umdrehungsgeschwindigkeit an der Peripherie nicht erheblich über 1500 m in der Minute gesteigert werden, weil sonst leicht störendes Geräusch — das sogenannte „Brummen" — beim Betrieb verursacht wird. Diese Ventilatoren werden in der neueren Lüftungstechnik am meisten angewendet.

Einen guten Ruf haben sich insbesondere die in Fig. 261 dargestellten Schraubenventilatoren mit Ring-

Fig. 261.



gehäuse von **G. Schiele & Co.** zu Frankfurt a. M. erworben. Dieselben besitzen ein cylindrisches Gehäuse mit Flanschen und angegossenen Füßen und eignen sich sowohl zur Befestigung auf dem Boden als auf Wandkonsolen; sie können auch eingemauert werden.

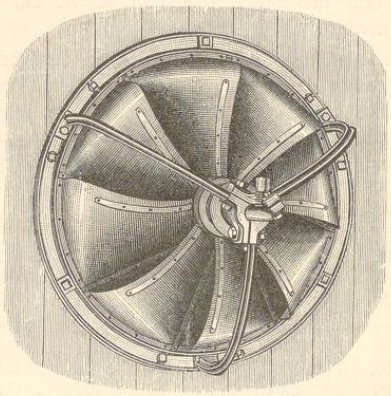
Nachstehende Tabelle enthält die Leistungen verschiedener Gattungen von Schraubenventilatoren von G. Schiele & Co.

Flügeldurchmesser in Metern	Umdrehungen in der Minute	Luftmenge in der Minute cbm	Luftmenge in der Stunde m
0,30	2000	40	2 400
0,40	1500	65	3 900
0,50	1200	105	6 300
0,65	900	190	11 400
0,80	800	280	16 800
1,00	600	450	27 000
1,20	500	650	39 000
1,50	400	1000	60 000
2,00	300	1800	108 000
2,50	230	2850	171 000
3,00	200	4150	249 000

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In neuerer Zeit, wo elektrische Kraftcentralen für Beleuchtungszwecke und zum Betriebe von Straßenbahnen in allen größeren Städten errichtet sind resp. werden, sind auch Ventilatoren mit elektrischem Antrieb sehr beliebt. Fig. 262 zeigt einen derartigen elektrisch betriebenen Schraubenventilator von **Blackmann**. Dieselben werden in sechs verschiedenen Größen von der Firma David Grove in Berlin geliefert, nämlich mit einem Flügelraddurchmesser von 46 cm bis zu 1,80 m. Die geförderte Luftmenge beträgt im ersten Fall 4500 cbm, im letzten Fall 74800 cbm. Der Apparat wird direkt vor der Saugöffnung angebracht und das Ansaugen erfolgt durch gewölbte Schaufeln, welche die Luft an der ganzen Fläche des Flügelrades aufsaugen und parallel zur Achse weiterschieben.

Fig. 262.



Aus folgender Tabelle sind Leistungsfähigkeit und Betriebskraft dreier üblichen Größen des Blackman'schen Ventilators ersichtlich:

Durchmesser m	Saugfläche □m	Ausströmungsfläche □m	Umdrehungen per Minute	Anzahl der mit dieser Geschwindigkeit per Minute bewegten Kubikmeter Luft	Zu diesem Betriebe nötige Pferdekraft
0,6	0,5	0,29	800	182	0,5
0,9	1,08	0,65	650	407	1,5
1,2	1,9	1,16	500	718	1,75

B. Centrifugalventilatoren.

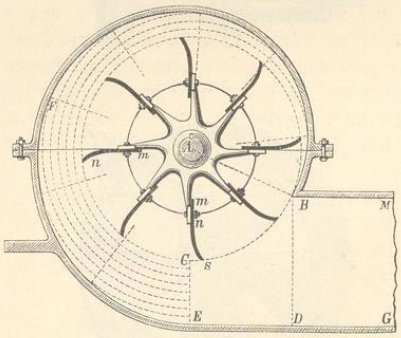
Geschichtliches. Das System der Schaufelventilatoren — als dessen Begründer der französische Gelehrte Désagulier gilt, welcher der Royal Society in London um 1734 ein Centrifugalwindrad eigener Konstruktion vorführte und dasselbe 1734 zur Aspiration des Hauses der Gemeinen in Anwendung brachte — hatte bis zum Jahre 1838 keine wesentlichen Verbesserungen erfahren. Erst Combes, dem Chefingenieur der französischen Bergwerke, verdanken wir eingehende Studien über diesen Gegenstand, welche ihn in den Stand setzten, die Theorie dieser Apparate wesentlich zu verbessern.

Verhältnisse für die Konstruktion der Centrifugalventilatoren.

Bei den älteren Centrifugalgebläsen, deren lästiges, weit hörbares Geräusch ihre Anwendung vielfach unmöglich machte, war die Basis des Gehäuses kreisrund und konzentrisch zur Umdrehungsachse. Man erkannte aber bald, daß es vorteilhafter sei, dem Tambour die Form eines abgewickelten Kreises zu geben.

1) Die Excentricität des Gehäuses CE soll mit der Peripheriegeschwindigkeit der Flügel zunehmen und, bei Geschwindigkeiten von 700 bis 1000 Touren pro Minute, bis $^2/_3$ von dem Radius R des Schaufelrades betragen. Zur Beschreibung der Abwickelungskurve, Fig. 263, teilte man CE und den Bogen BFC des Radumfanges in

Fig. 263.



dieselbe Anzahl Teile, schlage durch die Teilpunkte der Strecke CE konzentrische Kreise aus der Achse A, und die aufeinander folgenden Schnittpunkte der korrespondierenden Kreise mit den zugehörigen Radien sind Punkte der Abwickelungskurve, deren tangentiale Fortsetzung die Basis des Windrohres bildet, dessen Breite gleich der Gehäuseweite zu machen ist. Die Höhe dieser Öffnung BD soll genommen werden $= {}^3/_5\,r + CE$.

2) Den Radius R des Schaufelrades findet man nach Boileau[1]) aus der Anzahl der Umdrehungen pro Minute und dem

1) Dictionaire des arts etc. par Laboulaie. 4e édition.

Volumen Q (in cbm), welches pro Sekunde abgesaugt werden soll, mittels der Gleichung

$$R = 3\sqrt[3]{\frac{Q}{N}}.$$

3) Die Anzahl der Flügel soll nach Dollfus mit dem Durchmesser des Rades in folgender Art zunehmen:

bei 0,50 m Durchmesser . . 4 Flügel,
„ 0,60 „ „ . . 6 „
„ 0,70 „ „ . . 8 „
„ 1,00 „ „ . . 10 „

4) Der freie Halbmesser der Aspirationsöffnung des Tambours, durch welche die Luft angesaugt und infolge der Centrifugalkraft an die Peripherie des Flügelrades geschleudert wird, ist (nach Dollfus) gleich der Hälfte der äußeren Schaufellänge.

5) Bezeichnet man mit h die Höhe einer Wassersäule in Centimetern, welche gleich der Druckdifferenz zwischen der Luft im Windrohr und der äußeren Atmosphäre ist, so läßt sich die Ausströmungsgeschwindigkeit v bestimmen durch die Formel:

$$v^2 = 2\,g\,h \,.\, 1000 : 1{,}293 = 123^2\,h.$$

General Morin hat auch die Centrifugalventilatoren nach ihrem Effekt geprüft; sie wurden mit einem Windrohr von 0,3 m Durchmesser versehen, welches von 6 bis 26 m Länge wechselte; in diesem wurde ein Anemometer aufgestellt.

Ad 1) Er fand bei 26 m Länge des Saugrohres: daß die abgesaugte Luftmenge bei n Umdrehungen pro Minute sich ausdrücken ließ durch $Q = 0{,}00124\,n$.

Diese Luftmenge wurde gefunden durch Multiplikation des Röhrenquerschnittes = 0,07 qm mit der beobachteten Geschwindigkeit am Anemometer.

Vergleicht man die beobachtete Luftmenge mit der theoretischen, d. h. mit derjenigen, die man erhält, wenn man den vom Flügelrade beschriebenen Raum in Rechnung zieht, so ergiebt sich: daß der Ventilator 1,4 mal soviel Luft ansaugt als berechnet, und dies zeigt zugleich, wieviel mehr diese Ventilatoren leisten als die Schraubenventilatoren, bei denen sich für dasselbe Verhältnis der Quotient nur = 0,377 bis 0,572 ergab.

Ad 2) Die Versuche mit dem blasenden Schaufelventilator zeigen, daß innerhalb 170 und 980 Umdrehungen pro Minute folgendes Verhältnis zwischen den Umdrehungen pro Sekunde und der Windmenge stattfand:

$$Q = 0{,}098\,n.$$

Vergleicht man den von den Flügeln beschriebenen Raum, welcher bei 0,02247 qm Flügelfläche und 0,24 m Schwerpunktsabstand von der Achse pro Umdrehung 6,28 . 0,24 . 0,02247 = 0,0337 cbm beträgt, mit den Windmengen, so ergiebt sich das Verhältnis:

$$\frac{0{,}0337}{0{,}098} = \frac{1}{2{,}9},$$

wonach die wirklich gelieferte Windmenge 2,9 mal so groß als die berechnete ist, während sie beim saugenden Ventilator nur 1,4 mal so groß war.

Der Wirkungsgrad kann bei 700 bis 800 Umdrehungen zu 16 Proz. angegeben werden, während derselbe beim Saugen zu 12 Proz. gefunden wurde.

Die gewöhnlichen Ventilatoren mit geraden Schaufeln hat Morin ebenfalls in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen. Der benutzte Ventilator besaß 0,33 m breite und 0,18 m hohe Schaufeln, deren äußerer Durchmesser 0,67 m betrug, und bewegte sich in einem cylindrischen Gehäuse von 0,75 m Durchmesser mit 4 cm Spielraum; das Abführungsrohr war 20 und 28 m lang.

Für diesen Fall ist nach Morins Tabelle

$$Q = 0{,}099\,n,$$

und bezeichnet V das Produkt aus dem Querschnitt eines Flügels in den Weg seines Schwerpunktes während einer Sekunde, so kann man im Mittel setzen

$$Q = 1{,}06\,V \text{ oder } \frac{V}{Q} = \frac{1}{1{,}06},$$

während dies Verhältnis bei gekrümmten Schaufeln $\frac{1}{2{,}9}$ betrug. Hieraus folgt der große Vorzug der Ventilatoren mit gekrümmten Flügeln.

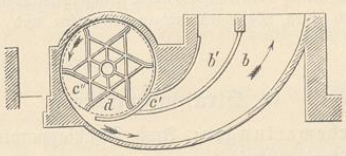
Den Wirkungsgrad kann man für 500 bis 800 Umdrehungen im Mittel zu 0,141 setzen, also höher als bei den Schraubenventilatoren, aber niedriger als bei den Ventilatoren mit gebogenen Schaufeln.

Aus Resultat der Morin'schen Versuche ergeben sich folgende Zahlen:

Art des Ventilators	Wirkungsgrade in Prozenten
1) Schraubenventilator von Guérin, blasend . .	3,
„ „ „ saugend . .	8,
2) Centrifugalventilator, saugend	12,
„ blasend	16,
3) Ventilator mit geraden Schaufeln	14.

Ventilator von Guibal für Drucklüftung.[1]) Derselbe dreht sich zwischen zwei vertikalen Wandungen des Tambours. Die eine derselben enthält die Saugöffnung zum Eintritt der frischen atmosphärischen Luft; die andere ist nur von der kreisrunden Öffnung für die Triebachse

Fig. 264.



durchbrochen. Ein cylindrischer Mantel von Mauerwerk umgiebt den Ventilator und kommuniziert auf etwa $^1/_4$ seines Umfanges mit einem Luftzuführungskanal, der sich bei b und b' (Fig. 264) zu einem Kamin erweitert. Die Arme, welche die Flügel des Ventilators tragen, sind auf einer polygonalen durchbrochenen Muffe befestigt. Die letzteren sind geradlinig, ausgenommen an ihren freien Enden, welche im Sinne der Radien der cylindrischen Hülle umgebogen sind.

Anm.: Auch im Nationalpalast zu Brüssel (dessen Durchschnitt auf Tafel 51 dargestellt ist) wird der Guibal'sche Ventilator zur Drucklüftung benutzt. Der Luftkanal ist in zwei Abteilungen b und b' zerlegt. Die in das Kompartiment b eingeblasene Luft dient

1) Vergl. Rapports sur l'exposition universelle de 1878 par Wazon.

zur Heizung, diejenige in b′ bleibt kalt. Zwei Schieber b′ c″, welche sich in eisernen Falzen bewegen, dienen zur Regulierung des freien Querschnittes der Luftleitungen, damit man je nach Umständen das Volumen der warmen oder kalten Luft veränderlich machen kann. Beide Luftströme treten in eine Mischkammer und von dort aus mit einer Temperatur von ungefähr 18° C. in den Sitzungssaal der Repräsentanten. Sobald die Flügel in der Richtung der Pfeile bewegt werden, wird die Luft durch das Auge des Gehäuses angesaugt, verteilt sich zwischen den Flügeln, gelangt in die vertikalen Schächte, in welche es mit der den Flügeln eigenen Peripheriegeschwindigkeit eintritt.

Dimensionen. Gewöhnlich nimmt Guibal den Querschnitt S des Ventilationskamines an der Austrittsstelle viermal so groß als an der engsten Stelle der Basis. Sind R und r die äußeren und inneren Radien der Ventilatorflügel, so wird $R = 2r$ bis $3r$. N die Anzahl der Umdrehungen pro Minute ist = 40 bis 90 und die Breite l des Ventilators wechselt zwischen 1,5 bis 2,5 m.

Querschnitt der Lüftungskanäle. Das pro Sekunde durch den Ventilator zu liefernde Luftquantum V in Kubikmetern ist gewöhnlich bekannt. Andererseits können R und die Anzahl der Umdrehungen bekannt sein. Die Geschwindigkeit am freien Ende der Flügel ist $v = \frac{2\pi R}{60} . N$ und der theoretische Querschnitt $s' = \frac{V}{v}$. Die Erfahrung lehrt aber, daß, mit Rücksicht auf die Kontraktion des Stromes, der reine Querschnitt s des Kanales $= 2\,s'$ sein muß. Da nun die Breite des Querschnittes gleich der Flügelbreite b gemacht wird, so hat man für h (die Höhe des Kanalquerschnittes) den Ausdruck: $s = b . h$.

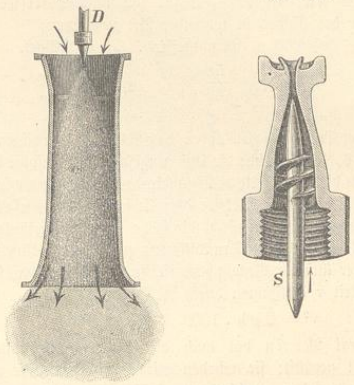
Nutzeffekt. Die Arbeit in Kilogramm-Metern, welche ein Guibal'scher Ventilator hervorbringt, ist auszudrücken durch das Ergebnis der pro Sekunde geförderten Luft, multipliziert mit der durch den Druck erzeugten Depression einer Wassersäule, ausgedrückt in Millimetern. Der Nutzeffekt variiert zwischen 0,30 und 0,63.[1] — Von Berechnung der Ventilatoren kann hier abgesehen werden, da die Anwendung derselben besondere Maschinenanlagen bedingt, welche durch einen Maschinenkundigen entworfen und ausgeführt werden.[2]

C. Strahlapparate.

Vorbemerkungen: Auch Strahlapparate werden in der Lüftungstechnik benutzt, und zwar entweder als Wasserstrahlventilatoren unter Verwendung von Druckwasser aus einer Wasserleitung oder als Dampfstrahlventilatoren und — unter Verwendung von Druckluft — als Luftstrahlventilatoren.

1) Wasserstrahlventilatoren. Ein Apparat, der den Grundgedanken der Wasserstaublüfter am besten veranschaulicht, ist der von Körting konstruierte Patentventilator, Fig. 265. Aus der Streudüse D strömt der fein zerstaubte Wasserstrahl in den Cylinder ein, ohne daß die Energie im Wasser durch diese Zerteilung leidet. Der Wasserstrahl bildet hierbei einen Kegelmantel, welcher die gleichmäßige Ansaugung der die obere Eintrittsöffnung umgebenden Luftschichten bewirkt. Die Konstruktion der

Fig. 265. Fig. 265a.



Streudüse von **Körting** giebt Fig. 265a im größeren Maßstabe. Das in dieselbe eintretende Wasser nimmt an den Gewindegängen des eingeschalteten Stiftes S eine so schnell kreisende Bewegung an, daß es „zerstäubt" die Düse verläßt. Ähnlich dem System Körting sind die Apparate von Droop in Hannover, Dreyer, Rosenkranz. Die stündliche Leistung beträgt bei 3 Atmosphären Wasserdruck je nach Größe des Apparates 250—1500 cbm.

Fig 266.

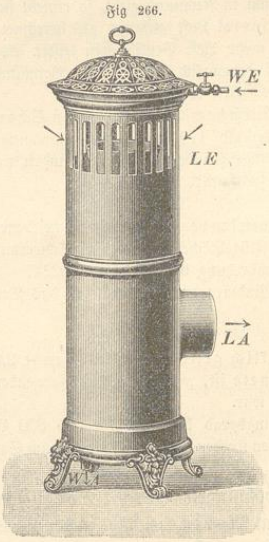


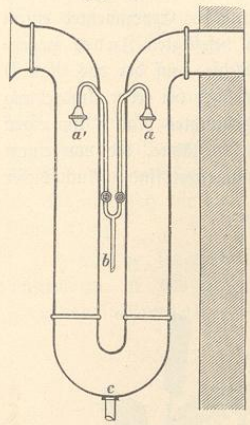
Fig. 266 zeigt die Anordnung eines **Körting**'schen Patentventilators für Wohnräume. Derselbe besteht aus Gußeisen und hat die Form eines Ofens. Man kann

1) Dévillez, Ventilation des mines, p. 244.

2) Vergl. Wolpert, Abhandlungen aus der Wohnungshygiene. Leipzig (Baumgärtners Buchhandlung) 1887, V. Abhandlung: Berechnung von Anlagen für mechanische Ventilation, S. 88 u. f.

den Apparat sowohl zum Eintreiben als zum Einsaugen der Luft benutzen. W E bezeichnet den Eintritt des Leitungswassers, W A den Wasseraustritt, L E den Lufteintritt, L A den Luftaustritt. Die letztgenannte Öffnung wird an einen Ventilationskanal angeschlossen.

Fig. 267.



Der Wasserstrahlapparat von **Lutzner** ist durch nebenstehende Fig. 267 veranschaulicht. Das Wasser tritt hierbei aus drei schräg gegeneinanderstehenden Kanälen aus und da die Strahlen sich in einem Punkt treffen, wird das Wasser zerstäubt. Die Brausen a und b sind in einem U-förmigen Blechkanal angebracht und dies Blechgehäuse wird einerseits mit dem zu lüftenden Raume und andererseits dem Freien verbunden. Je nachdem nun der eine oder andere Hahn geöffnet wird, erfolgt Lufteinführung oder Luftabsaugung. Das angesammelte Wasser fließt nach unten ab und kann zu beliebigen Zwecken benutzt werden.

Die Lutzner'schen Apparate werden von A. Claus & Co. in Berlin in zwölf Größen für stündlich zu bewegende Luftmengen von 175 bis 9000 cbm geliefert. Der Wasserdruck in der Leitung muß dabei 3 bis 4 Atmosphären betragen.

2) Dampfstrahlapparate sind nur zum Absaugen zu gebrauchen und verursachen so starkes Geräusch, daß sie sich mehr für Fabrikbetriebe, als für Wohnräume empfehlen.

3) Die Anwendung von **Druckluftventilatoren** bedingt, daß man über Druckluft als Motor verfügt und wo dies der Fall ist, dürfte sie ein hervorragendes Hilfsmittel der Lüftungstechnik darstellen.

Das System der Ventilation mit Druckluft beruht auf folgender Wahrnehmung: Wird in der Achse eines Zuführungskanales für frische Luft ein Einblaserohr mit Mundstück befestigt, das mit dem Behälter für komprimierte Luft kommuniziert, so stößt die heftig ausströmende Druckluft die im Ventilationsrohr befindliche Luft vor sich her, zwingt die dahinter befindliche ihr zu folgen und erzeugt eine Strömung, deren Stärke abhängig ist vom Durchmesser des Mundstückes und der Spannung der komprimierten Luft. Das System ist anwendbar ebensowohl zur Einführung frischer als zum Absaugen der verdorbenen Luft; bei Anordnung zweier getrennter Kanalsysteme kann frische Luft eingetrieben und die schlechte Luft abgesaugt werden.

Die Ventilation mit Druckluft wurde von dem Ingenieur Piarron de Mondésir in Gemeinschaft mit Lehaitre und Julienne in Paris durch Versuche erprobt und zuerst im Pariser Industrieausstellungsgebäude zur Anwendung gebracht,[1]) und zwar lediglich zum Eintreiben frischer Luft in die inneren Gallerien des Gebäudes. Als Motoren dienten vier Dampfmaschinen von zusammen 105 Pferdekraft. Zwei Ventilatoren, eine Kompressionspumpe und eine Gebläsemaschine dienten zum Komprimieren und Eintreiben der Luft in die Hauptgallerie. Die erhoffte Abkühlung der Frischluft (in welche die Druckluft eintritt) war aber nicht erheblich.[2])

Auch beim Theatre Lyrique in Paris kam die Ventilation mit Druckluft zur Anwendung. Im übrigen wird auf die Publikation von P. de Mondésir verwiesen.

Resumé. Nachdem wir in den vorhergehenden Paragraphen die Übersicht der verschiedenen künstlichen Ventilationssysteme gegeben haben, wollen wir dieselben zum Schluß, geordnet nach den zur Verwendung kommenden Kräften, hier nochmals übersichtlich vorführen.

Die künstliche Lüftung von Gebäuden erfolgt entweder durch Aspiration (Sauglüftung) oder durch Pulsion (Drucklüftung), oder endlich durch eine Verbindung beider Systeme.

Die **Sauglüftung** beruht:

a) Auf dem Effekt einer direkt durch Wärme hervorgerufenen Luftbewegung oder

b) auf der Wirkung einer anderen, erst durch Wärme erzeugten Kraft.

Ad a) Zu den Einrichtungen, bei denen der Luftstrom direkt durch Wärme hervorgerufen wird, gehören:

1) Das offene Feuer eines Lüftungsschachtes im Souterrain des Gebäudes oder im Raume selbst (Heizkamin); die Leuchtapparate (Gasflammen, Sonnenbrenner) oder die über dem Raume entwickelte Wärme (Beleuchtung über der Glasdecke);

1) Beschrieben in: Communication relative à la ventilation par l'air comprimé par P. de Mondésir und Ventilation par l'air comprimé, Paris 1876.

2) Die Temperaturdifferenz zwischen den nicht gelüfteten und den mit Druckluft ventilierten Gallerien betrug mittags von 2 bis 3 Uhr nicht über 1,7° C.; an kühleren Tagen im September nur 1,05° C.

2) Heißwasserspiralen, Warmwasserrohre, Dampfregister, Bunsen'sche Brenner, welche in einem oberen Teile des Lüftungsschachtes aufgestellt worden;

3) die beständige Erwärmung des Schlotes mittels eines, in seiner ganzen Höhe aufsteigenden Rauchrohres.

Durch sämtliche vorgenannte Mittel wird die Luft des Schachtes — welche mit den zu lüftenden Räumen kommuniziert — erwärmt und zum Aufsteigen gezwungen, weil der aerostatische Druck die warme Luft nach oben treibt.

Ad b) Kräfte, welche durch Wärme hervorgerufen werden und eine saugende Wirkung erzeugen, sind:

1) Jede, aus einer Luftheizkammer kommende, aufsteigende (heiße) Luftsäule;
2) die blasende Wirkung eines Dampfstrahles;
3) die Ventilation mit Druckluft;
4) mechanische Ventilatoren (zum Absaugen der verdorbenen Luft).

Die **Pulsion**, d. h. das **Eintreiben** frischer Luft in die zu ventilierenden Räume wird hervorgerufen, ähnlich wie die Aspiration, durch die unter b) Nr. 2, 3, 4 genannten Kräfte, also:

Durch mechanische Ventilatoren, durch Druckluft oder durch einen Dampfstrahl und hat sich in dieser Anordnung als sehr wirksam bewährt. (Vergleiche die Anwendungen).

§ 79.

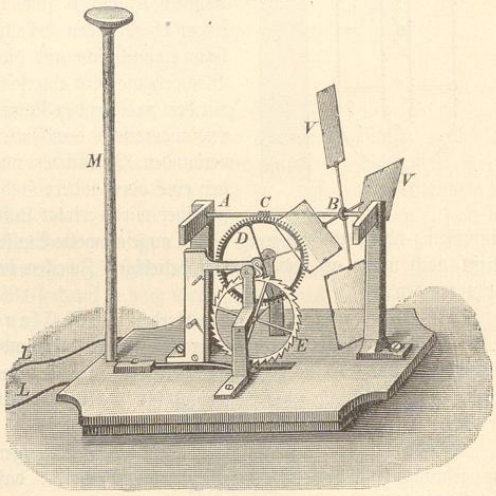
Prüfung von Lüftungsanlagen.

Ehe wir zur praktischen Anwendung der im vorstehenden Paragraphen besprochenen Lüftungsmethoden übergehen, haben wir der Mittel zu gedenken, durch welche die Geschwindigkeit und die Temperatur eines Luftstromes gemessen, der richtige Gang der Ventilationsanlage kontrolliert und die effektive Leistung derselben beurteilt werden kann.

A. Die Instrumente, welche zur Messung der Geschwindigkeit eines Luftstromes in einem gegebenen Kanalquerschnitt dienen, nennt man **Anemometer.**

1) Das Anemometer von Combes[1]) besteht aus einer dünnen Stahlachse AB (Fig. 268), welche in feine Zapfen endigt, die in Achatlagern laufen. An dem einen Ende sind vier gleiche, aufeinander senkrechte Arme befestigt, welche quadratische Flügel aus Glimmer tragen, die in gleicher Weise gegen die Achse geneigt sind. In der Mitte der Achse befindet sich eine Schraube ohne Ende C, welche ein darunter gelegenes Rad D bei jeder Drehung der Achse um einen Zahn weiterschiebt. Das Rad D hat 100 Zähne, welche von 10 zu 10 numeriert sind; die Numerierung beginnt bei einem mit einem Zeichen versehenen Zahn, welcher im Anfang des Experimentes einem am Gestell des Anemometers befestigten Index gegenüberstehen muß. Die kurze Achse, auf der das Rad D sitzt, trägt einen Daumen, welcher bei jeder Umdrehung von D ein zweites, seitlich angebrachtes Rad E um einen Zahn fortschiebt; letzteres hat 50 Zähne, die von einem Nullpunkt aus von 5 zu 5 numeriert sind. Auch dieser

Fig. 268.



Nullpunkt muß sich gleich zu Anfang des Experimentes einem als Index dienenden Fixpunkt gegenüber befinden. Angebrachte Sperrhaken verhindern das Zurückgehen der Räder D und E, resp. das Vorgehen um mehr als einen Zahn. Durch diese Räder wird die Anzahl der Umdrehungen der Flügel innerhalb einer gegebenen Zeit bestimmt, und zwar werden auf dem Rad D die Einer und Zehner, auf E die Hunderter abgelesen; man kann also 0 bis 5000 Touren am Instrument ablesen. Das Rad D kann durch einen Hebel mit Feder außer Eingriff mit der Schraube gebracht resp. wieder eingerückt werden, und zwar kann man diese Bewegungen aus beliebiger Entfernung mittels zweier verschieden gefärbter Schnüre, die an den Enden des Hebels befestigt sind, ausführen. Zieht man an der einen, so kommt das Rad D außer Eingriff, während ein Zug an der anderen dasselbe

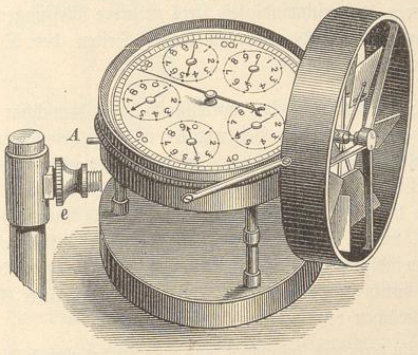
1) Erfunden 1838 von Combes und in der Folge von Neumann fabriziert. Combes hat insbesondere das Verdienst, für das Instrument eine genaue Formel bestimmt zu haben. — Eine vervollkommnete Form hat der Mechaniker Clair dem Instrumente gegeben.

einrückt. Das Aus- und Einrücken kann auch durch die Bewegungen des Ankers eines Elektromagneten geschehen.

Beim Gebrauch des Instrumentes werden zuerst die Nullpunkte der Räder den Indices gegenübergestellt; dann bringt man bei eingerückter Schraube das Instrument in den Luftleitungskanal und befestigt es so, daß die Flügel vom Strome auf der äußeren Seite, parallel der Achse des Instrumentes, getroffen werden. Sobald die Flügel in gleichförmiger Drehung sind, rückt man das Rad D ein und läßt es während 60 Sekunden umlaufen (die gewöhnliche Dauer solcher Versuche). Nach Ablauf dieser Zeit rückt man das Rad aus, nimmt den Apparat aus dem Luftkanal heraus und liest die innerhalb 60 Sekunden von den Flügeln gemachten Umdrehungen ab, woraus sich die Zahl der Touren pro Sekunde bestimmen läßt.

2) Ein zu langwährenden Beobachtungen geeignetes Instrument ist das Anemometer von Negretti und Zambra in London, welches Fig. 269 darstellt. Das-

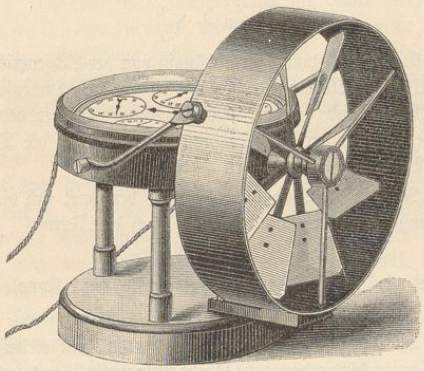
Fig. 269.



selbe kann auf den Schuh e aufgeschraubt und durch diesen ein Stock gesteckt werden, um Messungen an der Zimmerdecke, in Kanälen u. s. w. bequemer auszuführen. Das Konstruktionsprinzip ist das nämliche wie bei Combes, indem die Bewegung des Flügelrades durch ein Schneckenrad auf das Zählwerk übertragen wird. Das Schneckenrad kann außer Eingriff mit der Schnecke gesetzt werden, indem das Ende eines kleinen, bei a sichtbaren Hebels in Bewegung gesetzt wird. Vor Beginn des Versuches ist das Zählwerk, welches bequem, wie das Zifferblatt der Uhr, abgelesen werden kann, ausgerückt. Die durch die Zeiger gegebene Zahl wird notiert und das Instrument dann in den Luftstrom gebracht. — Sobald die Einrückung des Zählwerkes bewirkt wird, beginnt die Messung, bei der man eine Sekundenuhr zu Hilfe zu nehmen hat. Soll der Versuch beendet werden, so unterbricht man die Verbindung des Flügelrades mit dem Zählwerk und vermerkt die verflossene Zeit. Die von den Zeigern bestimmte Zahl, abzüglich der vorher notierten, dividiert durch die Sekundenzahl, die während des Versuches verflossen, ist die Luftgeschwindigkeit, welche noch mit dem üblichen Korrektionsfaktor zu versehen ist.

3) Das Anemometer von **Casella**, Fig. 270, ist in der äußeren Erscheinung dem in Fig. 269 dargestellten gleich und besteht aus einem Flügelrad von 7 cm Durchmesser; die acht Flügel aus Aluminiumblech sind unter 30° gegen die Vertikalebene geneigt und durch die Schraube ohne Ende mit dem Zählwerke in Verbindung, auf dessen

Fig. 270.



Zifferblatt nicht die Zahl der Umdrehungen, sondern direkt die Geschwindigkeit des Luftstromes in Metern so bequem abgelesen werden kann, wie die Zahl der Minuten vom Zifferblatt einer Uhr. Man hat hier also nur nötig, vor Beginn einer Beobachtung sich den Stand des Meterzeigers und — bei Geschwindigkeiten von voraussichtlich mehr als 100 m in der Minute — auch den Stand des 100 m-Zeigers zu merken, dann den Arretierungsstift, der bei A, Fig. 269, sichtbar ist, zu lösen, nach 60 Sekunden Beobachtungszeit durch Druck auf die Feder oder den Hebel die Verbindung des Flügelrades mit dem Zählwerke wieder aufzuheben, endlich den nunmehrigen Stand des Meterzeigers abzulesen: so giebt letzterer direkt die Länge des Luftstromes in Metern an, der sich in einer Minute durch den beobachteten Kanalquerschnitt bewegt hat. Zu der gefundenen Meterzahl ist noch eine Konstante a hinzu zu addieren, die, mit hinreichender Genauigkeit den Einfluß der Trägheit und Reibung des Rades darstellt. Addiert man also a zu der abgelaufenen Meterzahl, so erhält man die wahre Geschwindigkeit pro Minute und durch Division mit 60 die Geschwindigkeit des beobachteten Luftstromes

in der Sekunde. Jedem Anemometer sind die durch Aichung bestimmten Konstanten beigegeben.

Die Auslösung oder Arretierung des Anemometers vor hochgelegenen Ausströmungsöffnungen wird durch die in Fig. 270 sichtbaren Zugschnüre von unten her bewirkt.

4) Das Anemometer von **G. Recknagel.**[1]) Das Konstruktionsprinzip ist das gleiche, wie bei den vorbesprochenen Apparaten zu 2) und 3); die stählerne Achse des Flügelrades läuft in Steinlagern und die Umdrehungen werden durch eine Schraube ohne Ende auf ein wagerechtes Zahnrad übertragen, das die Bewegung auf das unter dem Zifferblatt liegende Rad überträgt.

Die Luftgeschwindigkeit pro Sekunde in Metern berechnet sich nach der Formel

$$r = a + b\frac{n}{z}.$$

Der Werth von a ist abhängig von der Achsenreibung, der Wert der Konstanten b hängt ab von den Dimensionen des Rades und von der Flügelstellung. Ferner bedeutet n die Anzahl der Flügelumdrehungen und z die Dauer des Versuches in Sekunden.

Nach Feststellung des Wertes r berechnet sich die pro Sekunde geförderte Luftmenge L nach der Formel

$$L = f \,.\, v \,.\, 3600,$$

wobei f den Einströmungsquerschnitt des Kanales in Quadratmetern bezeichnet.

5) Das Anemometer von **Hardy**, mit elektrischem Zähler für länger dauernde Beobachtungen bestimmt, arbeitet 12 bis 24 Stunden und eignet sich besonders zur Kontrolle eines regelmäßigen Lüftungsbetriebes. Der Zähler wird im Kabinet des Dirigenten angebracht und gestattet diesem, sich jederzeit zu überzeugen, ob der Ventilationsapparat richtig arbeitet.

Methode der Beobachtung mit dem Anemometer.

Will man in der Praxis die Luftmenge feststellen, welche einem Wohnraume stündlich durch den Heißluftkanal zuströmt, resp. welche durch den Lüftungsschlot abgeführt wird, so muß die Messung an der Mündung der betreffenden Kanäle vorgenommen werden. Nun ist aber die Luftgeschwindigkeit an verschiedenen Stellen des Kanalquerschnittes nicht durchweg gleichmäßig und am wenigsten an dessen Austrittsöffnung, weil hier der Luftstrom sich plötzlich rechtwinklig zur Kanalachse bewegen muß. Man sucht daher die mittlere Geschwindigkeit der Luft festzustellen, was am besten dadurch erreicht wird, daß man das Anemometer während der Messung in Zeitabschnitten von 10 bis 15 Sekunden im Kanalquerschnitt oder vor dessen Mündung verschiebt. Bei der Messung dürfen die vor den Mündungen angebrachten Gitter nicht beseitigt werden.

Früher pflegte man bei anemometrischen Untersuchungen vor der Austritts- resp. der Absaugeöffnung ein 50 bis 60 cm langes Rohr von Zink oder Holz derart zu befestigen, daß dessen Querschnitt genau die Öffnung umschloß. Es zeigen sich aber, wenn das Flügelrad in ein Rohr eingesetzt ist, welches dasselbe eng umgrenzt, andere Werte an der Zählscheibe, als wenn der Apparat im freien Luftstrom gemessen wird, worauf zu achten ist.

Ist der Querschnitt des Kanales sehr groß im Verhältnis zu den Dimensionen des Instrumentes, so muß man vorsichtige Meßversuche an verschiedenen Punkten des Querschnittes anstellen, um die mittlere Geschwindigkeit der durchströmenden Luft zu erhalten, weil die Geschwindigkeit an den verschiedenen Punkten eines weiten Lüftungsschlotes sehr oft wechselt.[1])

Sind in einem größeren Saale mehrere Abzugsöffnungen vorhanden, so müssen behufs Feststellung der mittleren Luftgeschwindigkeit stets mehrere Messungen, am Anfange und Ende resp. zu beiden Seiten des Saales, vorgenommen werden.

Indikatoren. So vorteilhaft und brauchbar das Anemometer für den Heiztechniker ist, der den Gang der Ventilation zu prüfen hat, so wenig geeignet ist es für das Personal, welches beim Betriebe beschäftigt ist oder diesen beaufsichtigt. Zu diesem Zwecke sind Vorrichtungen nötig, welche auf den ersten Blick erkennen lassen, ob die Geschwindigkeit in den Kanälen normal ist, oder ob dieselbe durch Klappenstellung oder andere geeignete Mittel zu schwächen resp. zu verstärken sei.

Ein derartiges Instrument kann nach Art des oben in Fig. 271 u. 272 dargestellten Indikators, welcher in den Ventilationsschloten des Allgemeinen Krankenhauses in Berlin zur Anwendung gekommen ist, eingerichtet werden. Nachdem durch Anemometermessungen die normale Luftgeschwindigkeit im Schlote festgestellt worden war, wurde in demselben ein solcher einfach konstruierter Indikator, der ebenfalls als Flügelrad hergestellt ist, eingeschaltet. Der im Saale sichtbare Zeiger giebt den Grad der Luftgeschwindigkeit im Abzugsschlote an und gewährt so den Anhalt, ob die Drosselklappe, welche an der unteren Schachtmündung angebracht ist, geöffnet oder geschlossen werden muß.

1) G. Recknagel, Lüftung des Hauses, 1894, S. 610.

1) Bei den Untersuchungen in dem großen Ventilationsschlot des Städtischen Allgemeinen Krankenhauses zu Berlin ergaben sich so bedeutende Unterschiede in der Geschwindigkeit, daß Messungen an 20 verschiedenen Stellen des Querschnittes nötig wurden, woraus sich bei oftmaliger Wiederholung Koeffizienten von genügender Genauigkeit feststellen ließen, mit welchen die im zugänglichen Punkt beobachteten Strömungen multipliziert wurden, um eine mittlere Geschwindigkeit zu erhalten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 271.

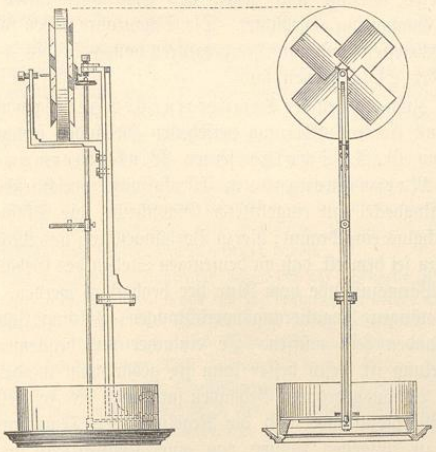
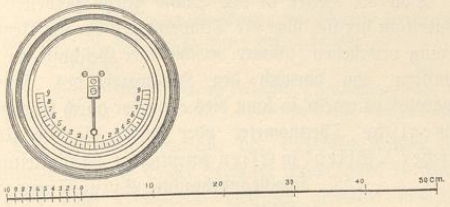


Fig. 272.



Zu **Temperaturmessungen** erwärmter Räume bedient man sich der Thermoskope und Thermometer. — Sehr hohe Temperaturen, beispielsweise solche im Brennraume einer Feuerungsanlage, werden durch Pyroskope und Pyrometer bestimmt.

Die in Deutschland am meisten gebrauchten Thermometer sind die Réaumur'schen, während von den Gelehrten fast durchgängig das Celsius'sche Thermometer gebraucht und in englischen Schriften ebenso häufig die Temperaturen nach Fahrenheit angegeben werden.

Zur Reduktion von Temperaturangaben auf eine andere Thermometerskala kann die bekannte Grundlage dienen, wonach die Skala zwischen dem Siedepunkt und dem Gefrierpunkt des Wassers bei dem Thermometer

von Réaumur in . . . 80,
„ Celsius in 100,
„ Fahrenheit in . . 180

Teile geteilt ist. Der Gefrierpunkt befindet sich bei Réaumur und Celsius auf 0°, bei dem Fahrenheit'schen Thermometer auf + 32°; der Siedepunkt liegt demnach bei Réaumur auf 80°, bei Celsius auf 100°, bei Fahrenheit auf 212°. — Der Nullpunkt des Fahrenheit'schen Thermometers fällt mit dem Teilstriche = 17 7/9 der Celsius'schen Skala zusammen.

Zur Umrechnung Fahrenheit'scher Grade auf Celsius'sche Grade kann man sich folgender Reduktionsformeln bedienen:

$$x^\circ \text{ F.} = (x - 32)\ {}^5/_9{}^\circ \text{ C.}$$

oder umgekehrt, wenn man Celsius'sche Grade in Fahrenheit'sche umwandeln will:

$$y^\circ \text{ C.} = (y \,.\, {}^9/_5 + 32^\circ) \text{ F.}$$

Als thermometrische Flüssigkeit wird vorzugsweise Quecksilber angewendet. Gewöhnliche Weingeistthermometer sind nur für sehr niedrige Temperaturen geeignet.

Zur Feststellung von Raumtemperaturen sind die im Handel vorkommenden Zimmerthermometer wenig empfehlenswert; man sollte sich daher hierzu der Normalthermometer bedienen. Wenn solche aber nicht zur Verfügung stehen, müssen die Fehler durch Vergleich mit einem Normalthermometer korrigiert werden.

Die Lufttemperatur eines zu untersuchenden Raumes wird — wenn angängig — in der Mitte desselben durch ein von der Decke herabhängendes Thermometer in 1,50 m Höhe über dem Fußboden gemessen. Ist die Decke schwer zugänglich, so kann man auch die Mitte einer Scheidewand zur Aufhängung benutzen. Die Rückseite der Skala darf aber die Wand nicht berühren, sondern muß 1 bis 1,50 cm von derselben abstehen, damit die Luft auch hinter dem Thermometer zirkulieren kann. Als Unterlagscheiben benutzt man Kork.

Für genaue Temperaturmessungen wird — um zu sicheren Ergebnissen zu gelangen — eine größere Anzahl Thermometer übereinander aufgehängt, und zwar das eine am Fußboden, das zweite in Kopfhöhe, das dritte unter der Decke. Es sind aber nicht allein die Temperaturverhältnisse an den gegenüberliegenden Scheidewänden, sondern auch diejenigen der Front- und Mittelwand festzustellen, so daß für die Untersuchung eines gewöhnlichen Wohnraumes schon 12 Thermometer erforderlich werden.

Regelung der Raumtemperaturen beim Heizbetrieb.

Die Beobachtung und Regulierung der Temperatur der zu erwärmenden Räume findet entweder in diesen selbst oder von außen her durch Kontrollvorrichtungen statt. Letztere bieten den Vorteil, daß man die Wärmegrade der an eine Centralheizung angeschlossenen Räume von außen her (Korridor) ablesen kann, so daß die durch das Betreten der Räume entstehenden Störungen vermieden werden.

Ein derartiges Kontrollthermometer wird von der Fabrik für physikalische und meteorologische Instrumente **G. A. Schultze** in Berlin, Schönebergerstraße 4, konstruiert

und im Auftrage der Berliner Stadtverwaltung seit Jahren für sämtliche Berliner Schulanstalten, sodann auch für verschiedene größere Städte (Charlottenburg, Köln, Königsberg i. Pr., Rostock) geliefert.

Dies Wandthermometer ist dargestellt durch Fig. 273 bis 277 und besteht aus:

1) Einem gußeisernen Rahmen aa, der mit angenieteten Steinschrauben in der Korridorwand befestigt ist;

Fig. 273.

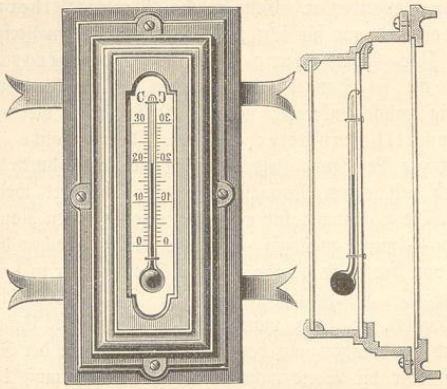


Fig. 274.

Fig. 275.

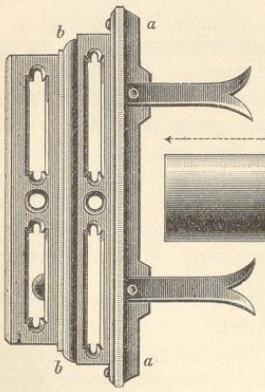
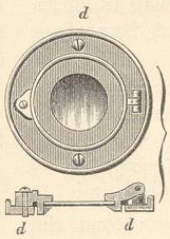


Fig. 276.



Fig. 277.



2) dem aufgeschraubten Thermometergehäuse bb, das an der Zimmerseite durch eine eingekittete Glasscheibe und in gleicher Art gegen die Mauer hin abgeschlossen ist, so daß die dahinter befindliche kühlere Luft die thermometrischen Angaben nicht beeinflussen kann;

3) einem in die Wand eingesetzten Schaurohr c mit daran festgenietetem, rundem Verschlußrahmen d, Fig. 277. In dem Rahmen ist die Verschlußscheibe in drehbarer Zarge befestigt und gegen das Eindringen kalter Luft mit Gummiring abgedichtet. Die Schaurohre haben solchen Durchmesser, daß man Temperaturen von + 5° bis + 30° an der Skala ablesen kann.

Zum Ablesen der Temperatur der Heizkammern in mit Centralluftheizung versehenen Gebäuden fertigt die Firma G. A. Schultze ferner Winkelthermometer mit Maximumangabe in Eisenfassung, verschließbarem Messingdeckel mit eingekitteter Glasscheibe, die Skala auf Milchglas eingebrannt; hierzu Vorhängeschloß und Magnet. Hierzu sei bemerkt, daß an denjenigen Stellen des Gebäudes, wo Wärmezustände vom Flur her beobachtet werden, auch die nötigen Regulierungsvorrichtungen (Lüftungsklappen) vorhanden sein müssen. Je einfacher und bequemer die Regelung ist, desto besser kann sie gehandhabt werden.

Bei ausgedehnten Gebäuden sucht man die Feststellung der Wärmezustände und die Regelung der Temperaturen der zu lüftenden Räume von einer Centralstelle aus zu bewirken.

Soll der Heizer in den Stand gesetzt werden, vom Souterrain her sich über die Temperaturen der mit Centralheizung versehenen Zimmer verschiedener Geschosse zu vergewissern, um darnach den Heizprozeß des Centralapparates zu regeln, so kann dies entweder durch sogenannte bewegliche Thermometer oder durch die der Firma Fischer & Stiehl in Essen patentierten, im Luftleitungsschacht angebrachten Spiegelapparate geschehen.

Anm. 1) Ein bewegliches Quecksilberthermometer hat Hermann Fischer durch Zeichnung und Beschreibung erläutert im Handbuch der Architektur, III. Teil, 4. Band auf S. 249. Das bewegliche Thermometer mit Metallfassung und schützenden Gummipuffern ist in einer 25 mm weiten schmiedeeisernen Röhre an einer Kette ohne Ende, welche über die oberhalb des Kopfstückes befindliche Rolle läuft, untergebracht. An der Kette hängt ein Gegengewicht, welches sich über eine unten befindliche Rolle hinweg in der zweiten Röhre bis zum Kellergeschoß hinab- und wieder heraufziehen läßt. Wegen geringen Rohrdurchmessers ist die Vorrichtung in einer Vertiefung der Wandfläche leicht plazierbar, und ist das obere Ende in dem betreffenden Zimmer in schicklicher Höhe und das untere für den Heizer an einer bequem gelegenen Stelle zugänglich. Vermittelst der unteren Rolle vermag der Heizer das im Zimmer befindliche Thermometer rasch nach unten zu bewegen und die oben herrschende Temperatur abzulesen.

2) Bei dem patentierten[1]) Apparate von Fischer & Stiehl befindet sich das Thermometer im Zimmer vor dem Luftleitungskanal; ein unter 45° gegen den Horizont geneigter Spiegel im Luftkanal

1) Deutsches Reichspatent Nr. 8118 vom 25. Mai 1879.

wirft das Bild des Thermometers abwärts nach dem Souterrain, wo es von einem zweiten Spiegel aufgenommen wird.

3) Zur Temperaturmessung werden zuweilen auch **Thermotelegraphen** benutzt, d. h. Instrumente, welche an einem beliebig gelegenen Orte durch zwei verschiedene Glockensignale selbstthätig anzeigen, daß der Raum, in dem sie sich befinden, entweder eine bestimmte, höhere oder eine zu tiefe Temperatur angenommen hat.

Als thermometrische Substanz dient hier der Weingeist. Ein U-förmig gebogenes Glasrohr ist in seinem unteren Ende mit Quecksilber gefüllt und die lotrechten Schenkel sind oberhalb zu länglichen Gefäßen gestaltet. Das eine, oben geschlossene, ist ganz mit Weingeist gefüllt, das andere enthält weniger davon.

Bei wechselnder Temperatur dehnt sich der Weingeist in dem geschlossenen Gefäße aus, drückt auf die darunter befindliche Quecksilberfläche und treibt das Quecksilber im anderen Schenkel etwas empor. — In den Apparat sind Platindrähte eingeschmolzen, deren Enden bis zu bestimmter Tiefe hinabragen, so daß bei der zulässig niedrigsten Temperatur der Quecksilberspiegel mit demjenigen Draht in Berührung kommt, der sich in dem gefüllten Gefäße befindet, während bei der höchsten Temperatur der andere Draht mit der Quecksilberfläche in Kontakt kommt. Von den Platindrähten sind Leitungen an denjenigen Ort geführt, der das Signal empfangen soll, und daselbst zwei elektromagnetische Läutewerke angebracht, von denen das eine läutet, wenn die Grenze des höchsten Temperaturstandes erreicht ist; das andere, wenn das Quecksilber an der tiefsten Grenze angelangt ist.

Dem Heizer bleibt es freilich trotz des Thermotelegraphen unbekannt, um wieviel der betreffende Raum zu warm oder zu kalt ist.

Die Temperaturkontrolle der einzelnen Räume vom Heizraume her wird bisher durch die jenem Zweck dienenden Apparate nicht ermöglicht, dieselben gestatten nur eine sprungweise Feststellung der Wärmegrade, nicht eine fortlaufende, mittels deren man jeden Stand des Thermometers feststellen kann.

Diese Übelstände werden vermieden durch den in Fig. 278 u. 279 dargestellten Fernmeßinduktor von Prof. Dr. **Mönnich** (D. R. P. Nr. 40295).

Die eingehende Beschreibung des Apparates und des damit verbundenen Thermometers ist im „Centralblatt der Bauverwaltung“ Jahrgang 1891, S. 21 gegeben.

Der Apparat besteht aus:

dem Metallthermometer, Fig. 278,
einem Kontrollapparat, Fig. 279,
einem Telephon,
einem Unterbrecher,
der Batterie.

Unter sich verbunden sind die großen feststehenden Spulen des Thermometers und des Kontrollapparates und ferner die beiden drehbaren Spulen beider Instrumente. In letztere Leitung ist am Kontrollapparat das Telephon eingeschaltet.

Der Mönnich'sche Fernmeßinduktor beruht auf dem Gesetz, daß ein Strom, der durch eine mit isolierten Drähten umwickelte Spule geht, in einer innerhalb derselben angeordneten zweiten Spule Induktionsströme erzeugt, deren Stärke im Verhältnis steht zur Größe des mit den Spulen gebildeten Winkels. Es tritt Strom auf, sobald die Neigungswinkel der Spulen verschieden sind und er verschwindet, sobald sie gleich werden.

Fig. 278.

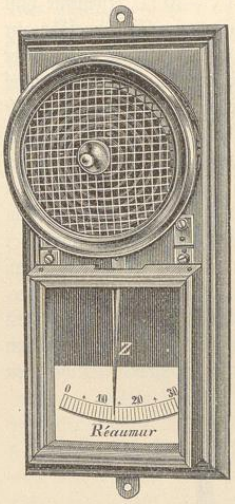
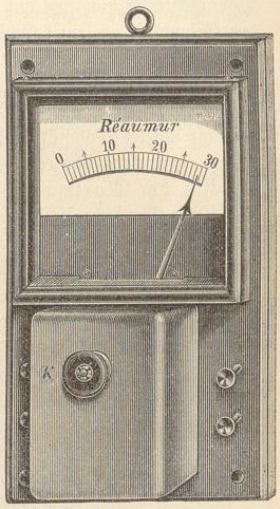


Fig. 279.



In der Kontrollstation (Fig. 279) wird — während man die Hand an den Knopf K legt — die kleine Spule und der damit verbundene Zeiger solange gedreht, bis die Leitung stromleer wird, d. h. bis die beweglichen Spulen denselben Neigungswinkel haben. Ist dies eingetreten, so meldet Zeiger Z die Temperatur der Aufnahmestation. Ein Telephon zeigt das Vorhandensein oder das Verschwinden des Induktionsstromes an, indem bei den geringsten Stromunterschieden ein Rasseln gehört wird. Bei der Benutzung legt man das dem Kontrollapparat beigegebene Telephon mit der einen Hand fest an das Ohr und dreht mit der anderen Hand den Zeiger des Kontrollapparates über die Skala desselben, wobei man im Telephon ein deutliches Summen vernimmt, welches um so stärker wird, je mehr man sich vom Gradstriche entfernt, der dem Stande des Zeigers entspricht. Dieser Grad markiert sich dadurch, daß das Summen im Telephon gänzlich aufhört.

In ähnlicher Weise wie die Fernthermometer wirken Fernfeuchtigkeitsregler (von Rietschel). Zur Messung der Feuchtigkeit dient ein ausgespanntes Menschenhaar. — Ist die Feuchtigkeit so groß, daß sich das Haar ausdehnt, so giebt es an dem drehbaren Hebel Kontakt, der

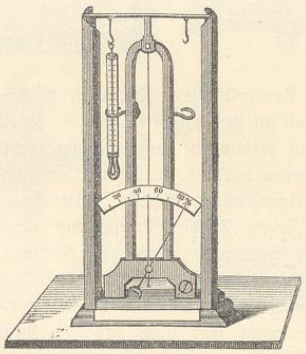
elektrische Strom wird geschlossen und durch diesen das Ventil für die weitere Befeuchtung.

Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

Die Zimmerluft soll derart beschaffen sein, daß dieselbe weder übermäßig trocken sei, noch durch zu starken Feuchtigkeitsgehalt belästigend wirke. — Nach Annahme der Physiologen ist nun eine auf 17 bis 20° C. erwärmte Luft der Gesundheit am zuträglichsten, wenn sie ungefähr zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigt ist. Da ein Kubikmeter Luft von + 20° bis zur Sättigung 17,2 g Wasserdampf aufnehmen kann, so darf im Mittel der Feuchtigkeitsgehalt der Luft unserer Wohnräume 8 bis 9 g pro Kubikmeter betragen, oder nach Prozenten ausgedrückt, würden 40 bis 60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit zu erstreben sein.

Diese Thatsachen sind bereits [1]) in der Einleitung zum sechsten Kapitel besprochen worden, und ist dort auch der Instrumente, welche zum Messen der Luftfeuchtigkeit dienen, nämlich der Hygrometer, Erwähnung geschehen. Verfasser hat sich bei seinen Untersuchungen mit Vorteil des in Fig. 280 dargestellten Prozenthygrometers von Hottinger & Co. in Zürich, mit Isoliervorrichtung von Dr. C. Koppe, bedient.

Fig. 280.



Dasselbe besteht aus einem gut gereinigten Menschenhaar, das am oberen Ende befestigt, am unteren um eine kleine Rolle geschlungen ist, deren Achse einen Zeiger trägt. Durch ein Gewicht von 0,5 g wird das Haar gespannt. In trockener Luft verkürzt es sich und dreht den Zeiger nach links, durch Befeuchten verlängert es sich, und das Gewichtchen bewirkt Zeigerdrehung nach rechts. Wenn die Luft vollkommen gesättigt ist, soll der Zeiger an der Skala auf 100 zeigen und dort stehen bleiben. Dies dient zur Prüfung des Instrumentes.

1) Vergl. § 71.

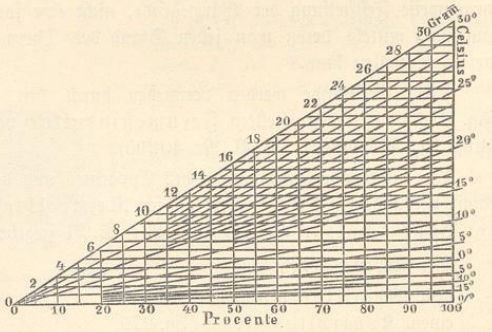
Will man Feuchtigkeitsmessungen vornehmen, so hat man vorher das Instrument zu justieren. Zu dem Ende wird der zugehörige, mit Mousselin überzogene Blechrahmen mit Wasser getränkt und in die Nut auf der Rückseite des Instrumentes eingeschoben. Sodann wird das Gehäuse vorn durch eine Glasscheibe und hinten durch den Metallschieber geschlossen, wobei sich dasselbe in kurzer Zeit mit Feuchtigkeit füllt, das Haar sich rasch sättigt und der Zeiger auf 100 vorrückt. Ist letzteres — etwa infolge von Veränderungen durch den Transport — nicht der Fall, so stellt man mittels eines auf die Achse a aufgesetzten Schlüssels den Zeiger genau auf 100.

Nunmehr ist das Instrument justiert, und nachdem Schieber, Rähmchen und Glasscheibe entfernt sind, zeigt dasselbe einige Minuten später die relative Feuchtigkeit des zu prüfenden Raumes richtig an.

Beim Transport wird das Gewichtchen, welches das Haar spannt, abgehängt und der Zeiger auf die linke Seite unter eine dort befindliche Öse gebracht.

Mit Hilfe der vom Hygrometer in Prozenten angegebenen relativen Luftfeuchtigkeit läßt sich mittels des nachstehenden Diagrammes auch die absolute Feuchtigkeit und der Taupunkt der Luft des betreffenden Raumes finden, wenn gleichzeitig auch die Temperatur der Luft beobachtet wird.

Fig. 281.



1. Beispiel: Ablesung am Hygrometer . 65 Proz.
„ „ Thermometer 10° C.

Geht man auf dem Diagramm vom Schnittpunkt der beiden Linien (65 und 10) in der Horizontalen nach links, so findet man 6 g; d. h. es sind in einem Kubikmeter dieser Luft 6 g Wasserdampf enthalten, verfolgt man die Horizontale nach rechts, so findet man den Taupunkt bei 3°, d. h. die Luft kann von 10° bis auf 3°, also 7° abgekühlt werden, bis ein Niederschlag erfolgt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

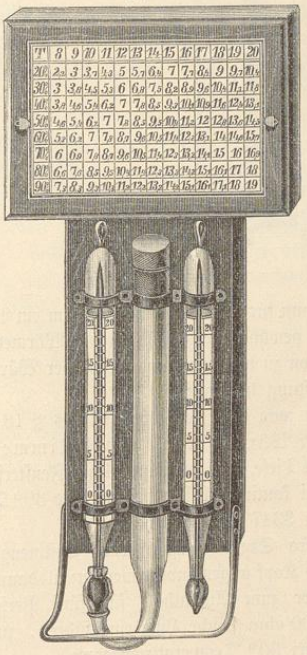
2. Beispiel:

Ablesung am Hygrometer wie vor 65 Proz.
„ „ Thermometer . . 25° C.
Absolute Feuchtigkeit . . . = 15,3 g.
Taupunkt . . . . . bei 18° C.

Während bei gleicher relativer Feuchtigkeit im ersten Beispiele die Luft nur 6 g Wasserdampf enthält, steigert sich im zweiten durch die höhere Temperatur der Wassergehalt auf 15,3 g pro Kubikmeter Luft. Es ergiebt sich hieraus, daß je höher die Temperatur steigt, desto größer das Vermögen der Luft wird, neue Wasserdämpfe aufzunehmen.

Zuverlässiger in ihren Angaben sind die Hygrometer, die — wie das August'sche Psychrometer — auf „Verdunstung" des Wassers an der umhüllten Thermometerkugel beruhen. Der Apparat von August hat durch Krell in Nürnberg eine für den praktischen Gebrauch zweckmäßige Form erhalten. (Vergl. Fig. 282.)

Fig. 282.



Die Kugel des links angebrachten Thermometers ist mit einem Leinwandläppchen umhüllt, das sich dochtartig nach dem zwischen den Thermometern angebrachten, geschlossenen Wasserbehälter fortsetzt und aus demselben mit Verdunstungsflüssigkeit versorgt wird. Die Kugel des rechts hängenden Thermometers bleibt frei. Das Wasser an der umwickelten Kugel wird verdunsten, und zwar um so rascher, je weiter die Luft von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist. Durch die Verdunstung des Wassers wird Wärme gebunden und demzufolge sinkt das umwickelte Thermometer. Wenn die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist, wird Wasser nicht verdampfen können und die Thermometer stehen dann gleich hoch; ist aber die Luft nicht gesättigt, so sinkt das umwickelte Thermometer, und zwar um so tiefer, je weiter die Luft von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist. Aus der Temperaturdifferenz der beiden Thermometer kann man sodann auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft schließen, und zwar sind die Prozente der relativen Feuchtigkeit sogleich aus der über den Apparaten angebrachten Tabelle abzulesen.

Praktische Anwendungen.

Die Anwendung der in den Paragraphen 67 bis 75 vorgeführten Prinzipien und Methoden auf die rationelle Lüftung der verschiedensten Gebäudegattungen hier vorzuführen, würde bei weitem unser Ziel überschreiten; wir werden uns daher begnügen, nur solche Beispiele vorzuführen, welche in der Praxis am häufigsten zur Anwendung gelangen, als: Lüftung der Wohnräume, Schulen, Auditorien, Sitzungssäle politischer Körperschaften, Theater, öffentlichen Lokale und Versammlungssäle, Krankenhäuser, Gefangenanstalten, Kasernen. Die Lüftung verschiedener Arten von Fabriken und Arbeitsräumen, in denen Dämpfe und der Gesundheit schädliche Gase erzeugt werden, liegt dagegen den Zielen dieses Buches fern.

§ 80.

I. Die Lüftung der Wohnräume.

Sie ist in der That eine Lebensfrage, weil von ihr Gesundheit und Wohlbefinden in hohem Grade abhängen, und dennoch wird beim modernen Häuserbau hierauf selten Rücksicht genommen. Für Abführung des Verbrauchswassers und der Exkremente wird gesorgt, an die Entfernung der verbrauchten Luft denkt der Erbauer nur in den seltenen Fällen, und zwar dann erst, wenn er durch Polizeivorschrift oder durch die Notwendigkeit dazu gedrängt wird.

Große Wohnungen, in denen 5 bis 6 Familienglieder über ebensoviele Zimmer verfügen, bedürfen allerdings einer künstlichen Lüftungseinrichtung kaum: hier genügt in der Regel dasjenige Quantum Luft, welches durch die Thüren, Fenster und die Fugen der Baumaterialien eindringt. Wo aber, wie in den Arbeiterwohnungen, kinderreiche Familien in einem kleinen Wohngelaß zusammengedrängt leben und schlafen müssen, während die Luft dieser Räume noch durch unreine Stoffe stundenlang verpestet wird, dort wäre es

Aufgabe der öffentlichen Gesundheitspflege, dahin zu wirken, daß Wohnungen dieser Art mit entsprechenden Lüftungsanlagen versehen sein **müßten.**

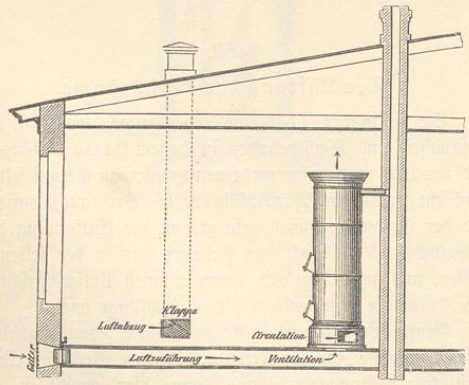
Für diese kleinen Wohnungen der Arbeiterhäuser und der sogenannten Mietskasernen sind nun zwar komplizierte und teure Lüftungsanlagen von französischen und englischen Philanthropen vielfach empfohlen worden, dieselben werden aber nie zur allgemeinen Anwendung gelangen, weil sie die Bedingung der Einfachheit und Billigkeit nicht erfüllen.

Eine Zuführung frischer Luft in solche stark bevölkerte Häuser ist gleichwohl möglich, sobald nur die sämtlichen Korridore durch angemessen verteilte Schlote mit der äußeren Luft in Verbindung gebracht werden, wobei die Luftzuführung auch von oben her, etwa unter Einfluß der pressenden Wirkung des Windes, erfolgen kann, falls von der Straße oder von engen Höfen her eine solche Zuleitung aus hygienischen Gründen unthunlich wäre.

Die Vorplätze oder Korridore sind sodann nahe der Decke mit jenen Luftschloten in Verbindung zu bringen, und die zuströmende frische Luft ist durch stellbare Klappen in die Wohnzimmer und Küchen einzuleiten.

Zur Absaugung der verbrauchten Luft können einzelne russische Röhren benutzt werden, welche dicht neben den erhitzten Rauchröhren liegen und von ihnen nur durch eine dünne Wange von Thon oder starkem Blech getrennt sind. Unterstützt wird die Absaugung der schlechten Luft durch die Wahl angemessener Öfen.

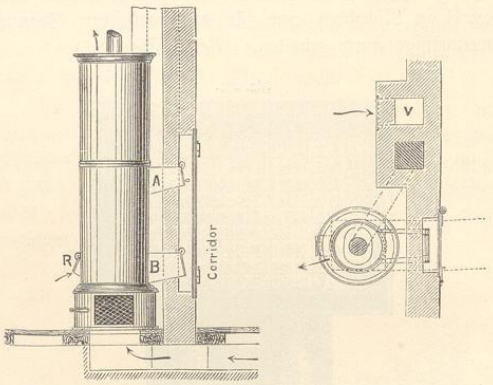
Fig. 283.



Die in § 30 und 31 besprochenen Öfen mit doppeltem Mantel können hierzu mit großem Vorteile benutzt werden. Zur Abführung eines gleichgroßen Quantums verbrauchter Zimmerluft muß man alsdann durch Anlage eines günstig gelegenen Ventilationskanales sorgen. Die frische Luft wird gewöhnl[illegible] von unten her in den Hohlraum zwischen Heizkörper und Mantel eingeführt, und kann ein Kanal unter dem Fußboden zur Luftführung dienen. Der Luftzutritt wird dicht an der Frontwand mittels Drosselklappe geregelt. (Vergl. Fig. 283, Lüftung eines Zimmers durch Ventilationsmantelöfen.)

Auch der in Fig. 284 dargestellte Ofen ist an dieser Stelle zu nennen. Die Bedienung desselben erfolgt (im vorliegenden Falle) vom Korridor her. A ist der Füllschacht, B der Aschenkasten. Durch die Regulierthür R kann der Zutritt der Luft zum Brennschacht vom Zimmer aus geregelt werden. Die frische Luft tritt unterhalb des Fußbodens in den Mantelraum in der Richtung der Pfeile ein und oberhalb erwärmt aus. V im Grundriß ist ein Abzugsrohr für verbrauchte Zimmerluft.

Fig. 284.



Soll nun für einen bestimmten Raum ein Ventilationsmantelofen gewählt werden, so ist der Wärmeverlust durch Transmission zu berechnen und diesem der Wärmeverbrauch für die Lüftung hinzuzufügen.

Hierzu mag das Zahlenbeispiel des § 18, Seite 41, dienen. Der Wärmeverlust eines Zimmers von 5 m Länge, 6 m Tiefe, 4 m Höhe und 4 qm Fensterfläche wurde ermittelt bei kontinuierlicher Heizung und 30° Temperaturdifferenz zu 3347 Wärmeeinheiten.

Die pro Stunde zuzuführende Luftmenge möge zu 20 cbm pro Kopf angenommen werden; alsdann sind, wenn das Zimmer zum Aufenthalt für fünf Personen dient, stündlich 100 cbm frische Luft einzuführen, zu deren Erwärmung bei 30° Temperaturdifferenz

$$30 \cdot 100 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}24 = 936 \text{ Wärmeeinheiten}$$

erforderlich sind (wobei 1,3 das Gewicht eines Kubikmeters Luft und 0,24 die spezifische Wärme der Luft darstellt).

Ein Kachelofen, der diesen Wärmeeffekt hervorbringen soll, liefert stündlich pro Quadratmeter 1500 Wärmeeinheiten; es sind demnach erforderlich:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$$\frac{3347 + 936 \text{ W.-Einh.}}{1500 \text{ W.-Einh.}} = \frac{4283}{1500} \text{ rot. } 2{,}86 \text{ qm}$$

Kachelfläche; der Sockel wird nicht als Heizfläche gerechnet.

In der Regel findet aber kontinuierliche Beheizung in Wohngebäuden nie statt; wenn daher der Kachelofen nur während der Tagesstunden Wärme abgeben soll, sind obigen 3347 Wärmeeinheiten (nach Redtenbacher) noch als Zuschlag 20 Proz. hinzuzufügen, so daß sich ergiebt:

der Wärmeverlust durch Transmission = 4015 W.-Einh.
" " " Ventilation wie oben 936 "
Stündlicher Gesamtwärmeverlust 4951 W.-Einh.

Hiernach vergrößert sich die Heizfläche auf $\frac{4951}{1500} =$ rot. 3,3 qm. Es genügt daher ein Ofen von drei Kachel Länge, zwei Kachel Breite und sieben Schichten Höhe; sein Flächeninhalt ist einschließlich Ofendecke

$$(3 + 2)\,2 \,.\, 0{,}20 \times 7 \,.\, 0{,}23 + 0{,}6 \,.\, 0{,}4 = 3{,}46 \text{ qm}.$$

Ein gußeiserner Ofen von $\frac{4950}{2500} = 2{,}0$ qm Heizfläche würde denselben Effekt liefern, und würde sich dazu wegen seiner gleichförmigen Wärmeabgabe einer der in § 30 genannten Regulieröfen, welche die gewünschte Heizfläche besitzen, eignen.

Der auf Tafel 9 dargestellte größere Ofen von Geiseler genügt bei starker Ventilation für ein Zimmer von 180 cbm Inhalt, während das Zahlenbeispiel nur 120 cbm Inhalt voraussetzt.

In England und Amerika, wo die Kaminheizung von jeher für Wohnungen ganz besonders beliebt ist, ist dieselbe durch eine andere Heizmethode kaum zu verdrängen; das milde Klima Englands und sein Reichtum an guten Steinkohlen begünstigen eben diese Sitte in hohem Grade. Auch ist der Komfort, den der Kamin einem Raume verleiht, durch ein anderes Heizsystem schwer zu erreichen, obwohl dabei thatsächlich nur 15 Proz. der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme durch Strahlung im Zimmer nutzbar gemacht werden. Die übrigen 85 Proz. entweichen mit den Verbrennungsprodukten in den Schornstein, sie liefern aber das Mittel, durch welches die verdorbene Luft der Wohnräume konstant abgesaugt werden könnte. Auch imitiert das offene Feuer am meisten die Wirkung der Sonnenstrahlen und ändert die Beschaffenheit der Luft in keiner Weise. — Alles dies spricht also zu Gunsten der Kaminheizung!

Was die allgemeinere Anwendung der Kamine verhindert, ist lediglich die ungleichmäßige Art der Wärmeverteilung,[1]) welche nur die dem Feuer zugewendete Seite (d. h. Gesicht und Kopf) erwärmen, während ein Strom kalter Luft von den Fenstern her sich auf dem Fußboden hinzieht und Füße und Rücken durch Kälte belästigt, denn dieser kalte Luftstrom kann zuweilen eine Temperatur von nur wenigen Graden über Null haben.

In Amerika, wo die Kaminheizung ebenfalls beliebt ist, pflegt man außer dem Heizkamin noch irgend einen anderen Heizkörper — Dampfregister, Rohrschlange oder dergl. — und zwar in der Fensterbrüstung aufzustellen. Alle durch die Brüstungsmauer eintretende frische Luft wird hier etwas vorgewärmt, man hat also stets eine belebende Luft zum Atmen, während der Körper des Zimmerbewohners durch die direkte Strahlung des Heizkörpers erwärmt und Zug verhindert wird. Die eingeführte reine und vorgewärmte Luft steigt aber bei ihrer geringen Temperatur nicht sogleich nach oben, sie thut es nur nach und nach in dem Sinne, wie sie erwärmt wird: die obere Klappe des Ventilationskanales kann daher konstant offen bleiben, und die schlechte Luft am Fußboden wird durch Öffnungen an der Schauerleiste, welche mit einem Kanal unter dem Fußboden korrespondieren, abgesaugt.

Im ganzen legt der Amerikaner mit seinem auf das Praktische gerichteten Sinne mehr Wert auf eine rationelle Lüftungsanlage in seiner Wohnung als wir Deutschen. Es wird dies wesentlich begünstigt durch die Form des amerikanischen Wohnhauses, das nur eine Familie beherbergt, obwohl in den Hauptstädten auch das Mietshaus im ausgeprägtesten Sinne zur Geltung gelangt ist.

Wir entnehmen dem früher genannten Werke von L. W. Leeds den Plan für die Lüftung und Beheizung eines amerikanischen Einfamilienhauses. Fig. 285 stellt den Grundriß vom „Basement" und Fig. 286 denjenigen vom ersten Stock dar; über diesem befinden sich noch ein zweiter und dritter Stock, welche Schlafräume, Fremdenzimmer und dergl. enthalten. Die Bestimmung der Räume ist aus den Grundrissen ersichtlich. Die Küche ist unterkellert und der Keller erhält sein Licht durch einen Einfallschacht im Hofraum; im Keller befindet sich der Warmwasserheizapparat.

Die Zimmer werden sämtlich mit direkter Strahlung geheizt, einige haben nämlich offene Kaminfeuer, andere werden durch Wasserspiralen erwärmt, an einzelnen Fenstern liegen Rohre im Fußboden. Die frische Luft gelangt in die Zimmer, nachdem sie sich, wie oben bemerkt, an den Heizröhren erwärmt hat; diese Einströmungsstellen sind durch Pfeile markiert. Die Abführung der von den

1) Um Verbesserung der Kamine hat sich der Ingenieurkapitän Douglas Galton verdient gemacht. Den Ventilationskamin von Douglas Galton haben wir — für deutsche Verhältnisse umgeformt — in § 25 beschrieben und auf Tafel 16 in Fig. 1 bis 4 dargestellt.

Gasflammen entstammenden heißen Luft wird durch Ventilationsrosetten bewirkt, wobei die Verbrennungsprodukte auf kurzem Wege in Blechkanälen innerhalb der Balkendecke nach dem nächsten Rauchrohr ziehen. Die Kochküche mit Vorflur liegt im Basement. Damit Hausflur und Treppenhaus nicht durch die von der Küche

Fig. 285.

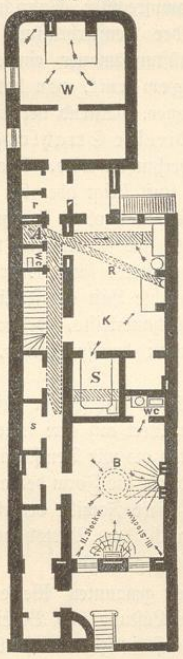
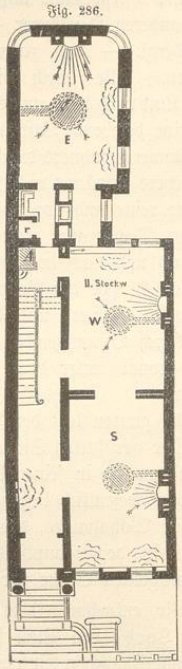


Fig. 286.



ausgehenden Speisegerüche erfüllt werden, auch Küchendunst und Wärme leicht aus der Küche u. s. w. abziehen, ist seitlich in einiger Entfernung vom Herde ein Lüftungsschlot A angebracht, welcher 0,80 zu 1,0 m Seitenabmessung hat. Um einen guten Luftzug in demselben zu befördern, ist das Rauchrohr des großen Küchenherdes unter dem massiven Küchenfußboden entlang geführt und so angebracht, daß es die eine Wange des Ventilationsschlotes bildet; durch die abgehende Wärme der Verbrennungsprodukte wird daher Luftverdünnung im Schlot hervorgerufen. (Vorteilhafter wäre es, das Rauchrohr aus Eisen herzustellen und inmitten des Schlotes aufzurichten.) Beide Teile, Schlot und Rauchrohr, sind 22 m hoch aufgeführt, wodurch ein starker, aufsteigender Luftstrom erzeugt wird.

Durch den großen Schlot werden der Küchenkorridor, die Spülküche S im Souterrain und zwei Klosetträume (WC), ferner die Kochküche gelüftet; in der letzteren befindet sich der Abzug direkt über dem Spülfaß, und die Dunstleitung erfolgt überall durch Blechkanäle zwischen den Balken. Auch der offene Kamin im Billardzimmer dient zur Lüftung. — Im ersten Stock sind sämtliche Zimmer zu gleichem Zwecke mit Heizkaminen versehen, während bei Abendbeleuchtung die obengenannten Deckenrosetten in Funktion treten. Zur Einführung frischer Luft dienen eine Anzahl Ventilationskanäle, welche in der Mauer ausgespart und mit nach innen gerichteten Pfeilen in den Grundrissen bezeichnet sind.

Da Küchenkorridor und Kochküche mit großen Ventilationsregistern in der Decke versehen sind, so wird diesen Räumen konstant eine ziemlich bedeutende Luftmenge entzogen und durch einströmende frische Luft ersetzt, welche im Sommer durch geöffnete Fenster und durch die Hausthür eindringt. Sind diese aber im Winter fest geschlossen, so wird die Luft aus den Gängen und angrenzenden Zimmern in die Küche strömen und von hier durch den Schlot A abgeführt werden. Im Sommer kann diese Methode sogar als schätzbares Mittel zur Abkühlung des Hauses verwendet werden, denn wenn die unteren Räume des Abends geschlossen sind, wird der Ventilationsschlot weiter funktionieren, die kühle Abendluft durch geöffnete obere Fensterflügel in die Räume treten und deren Temperatur für die Nacht wesentlich herabmindern. Die Lüftung der Küchen und Wohnräume des amerikanischen Hauses ist daher gut und nachahmungswert.

§ 81.

II. Lüftung der Schulen.

Volksschulen. Diese Gebäude, in denen sich täglich eine große Anzahl von Kindern versammelt, deren Reinlichkeit eine sehr verschiedene zu sein pflegt, macht es ganz besonders notwendig, daß die Luft des Schulraumes allezeit reinlich und frisch, aber dennoch frei von Zugluft sei, weil die Kinder in der Regel im erhitzten Zustande daselbst anzulangen pflegen. Je schlechter nun hier die Luft, desto größer die Gefahr der Ansteckung, welcher ihr zarter Organismus so leicht ausgesetzt ist.

Es war daher eine berechtigte Forderung der öffentlichen Gesundheitspflege, nachdem man überall an veraltete Zustände die bessernde Hand gelegt, daß auch in den Schulen die Beseitigung bestehender Übelstände und namentlich eine gründliche Umänderung des baulichen Organismus der Schule im Sinne der neueren Hygiene verlangt wurde. Auch die Techniker haben sich mit vielem Eifer dieser Angelegenheit bemächtigt, und wir sehen daher allerorten großartige Gebäude entstehen, welche der Jugendbildung gewidmet sind. In diesen Anstalten, welche den Kindern nur zu vorübergehendem (4- bis 6stündigem) Aufenthalt dienen,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

pflegt erfahrungsgemäß der Raum pro Kind je nach seinem Alter 0,5 bis 0,6 qm für Bank und Tisch zu betragen, und ebensoviel wird für die nötigen Gänge, für den Tisch des Lehrers und sonstige Schulrequisiten erfordert, so daß auf jedes Kind 1,0 bis 1,2 qm Grundfläche bei 4 m Zimmerhöhe zu rechnen ist. Der für ein Kind vorhandene Luftkubus beträgt daher 4 bis 4,8 cbm.

Aber hiermit ist den Anforderungen an gute Luft im Schullokale keineswegs Genüge geschehen; dieselbe muß vielmehr in der Stunde 3 bis 4mal erneuert werden, so daß für jedes Kind stündlich im Durchschnitt 15 bis 20 cbm frische Luft einzuführen und abzuleiten sind. Auf dieser Grundlage wird die Berechnung der Lüftungsvorrichtungen, insbesondere der Querschnitt der Abzugskanäle und des Lüftungsschlotes, geschehen müssen.

Auch die Stellung des Gebäudes zur Sonne kann dabei nicht außer acht bleiben, sofern die Wahl des Platzes freigestellt ist. In großen Städten entscheidet bei Beschaffung von Bauplätzen allerdings das lokale Bedürfnis und die finanzielle Rücksicht. Die Korridore der Schulen sollen aber stets nur auf einer Seite mit Klassen besetzt, auf der anderen mit Fenstern versehen und so eingerichtet sein, daß die Kleidungsstücke, welche die Kinder ablegen, darin hängen können. In der Schweiz und in München hat man Garderoben neben den Schulzimmern angebracht, welche ebenfalls ventiliert werden können. Nasse Überkleider, Kopfbedeckungen, Schirme und Überschuhe müssen hier abgelegt werden, so daß im Schullokale von der Feuchtigkeit, die sich daraus entwickelt, nichts verspürt wird.

Endlich soll der von den Schülern in die Klassen getragene Staub täglich durch Abputzen der Subsellien und des geölten Fußbodens entfernt werden; auch die Wände sind einigemal im Jahre abzufegen.

Ideale Forderungen in Bezug auf Heizung und Lüftung der Schulen. Nach dem gegenwärtigen Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege und auf Grund fortgeschrittener wissenschaftlicher Erkenntnis kann die Praxis freilich nicht in allen Teilen den gestellten Anforderungen gerecht werden, gleichwohl ist es angemessen, auch dieses ideale Programm hier aufzustellen.[1])

1) Die Temperatur soll in angemessener Höhe (auf höchstens 15° R.) erhalten werden können, ohne daß der Lehrer nötig hat, fortdauernd seine Aufmerksamkeit darauf zu richten.

2) Die Heizung soll so angelegt sein, daß die Temperatur eines jeden Schulraumes für sich, unabhängig von allen anderen Räumen, geregelt werden kann.

3) Die Temperatur soll an verschiedenen Stellen der Klasse, sowohl in der Horizontale als in der Vertikale, gleiche Differenzen zeigen.

4) Die zugeführte Luft soll in qualitativer Beziehung weder mit Staub noch mit schädlichen Gasen oder Infektionsstoffen gemischt sein, noch in Betreff der Feuchtigkeit zu Ausstellungen Anlaß geben und in Betreff der Quantität so oft erneuert werden können, daß die Verunreinigung durch den Atmungsprozeß der Schüler nie eine die Gesundheit gefährdende Grenze erreicht.

Ad 2) Die Forderung leichter, dem jeweiligen Bedarf entsprechender Regulierbarkeit wird durch Ofenheizung erreicht, wogegen die Centralluftheizung den Übelstand hat, daß die Erwärmung eines Raumes von derjenigen der übrigen Räume, die von derselben Kammer versorgt werden, mit abhängig ist. Auch schafft die Verschiedenheit der Lage und die wechselnde Windrichtung oft schwer zu beseitigende Übelstände.

Während nun in Betreff der Wärmeregulierung die Schwierigkeit auf Seiten der Centralluftheizung liegt, ist rücksichtlich der Lüftung die Centralheizung in entschiedenem Vorteil, weil mit derselben auch Lüftung untrennbar verbunden ist, denn: Heizluft ist Ventilationsluft!

In der Mitte zwischen Lokalheizung und Luftheizung steht die Wasserheizung; sie speichert, wie der Kachelofen, die Wärme auf, hat aber auf die Lüftung an und für sich keinen Einfluß.

Ad 3) Diese Forderung wird am zuverlässigsten von der Luftheizung erfüllt, denn die in den Berliner Schulen angestellten Beobachtungen haben ergeben, daß unter normalen Verhältnissen die Temperaturzunahme vom Fußboden nach der Decke hin pro Meter der Höhe

bei Kachelofenheizung . . . . . 1,30° C.,
bei Cirkulationsheizung . . . . . 0,80 bis 1,15° C.,
und bei gleichzeitiger Ventilation nur 0,42 bis 0,62° C.

betragen hat.

Über die Bewegungsrichtung der ausströmenden Luft sind schon oben Mitteilungen gemacht worden.

Im ganzen hat sich bei Untersuchung von 104 Berliner Gemeindeschulen und 21 höheren Lehranstalten das Resultat ergeben: daß den Centralheizungen unbedingt der Vorzug vor der Lokalheizung zu geben ist, wenngleich auch erstere von der Erfüllung jener oben aufgestellten idealen Forderungen noch entfernt sind. Am besten werden dieselben nach Ansicht der Kommission durch die Wasserheizung mit Drucklüftung erreicht, wobei den Klassen durch Filtration gereinigte, im Winter auch angemessen vorgewärmte Luft zugeführt wird.

Während sich in Deutschland die Lüftung der Schulgebäude ganz selbständig, ohne äußere, vom Auslande herrührende Einflüsse entwickelt hat, finden wir in Frankreich ziemlich allgemein das System der Aspiration in Verbindung mit Luftheizungs- und Misch-

1) Nach dem „Berichte über die Untersuchung der Heizungs- und Lüftungsanlagen in den städtischen Schulgebäuden", in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Kommissionsverlag von C. Beelitz 1879. 5 Bogen Oktav mit 11 Anlagen.

kammern zur Anwendung gebracht. Dieses System ist auch für die Ventilation der beiden Amphitheater im Conservatoire des arts et métiers zur Anwendung gebracht und im nächsten Paragraphen besprochen.

Eine andere Konstruktionsmethode eigentümlicher Art ist die von dem Amerikaner Lewis W. Leeds erfundene.[1]) Er sucht die Mittel, durch welche die Natur Bewegungen der Luft hervorbringt, nachzuahmen und nutzbar zu machen, und geht von der Beobachtung aus, daß Sonnenstrahlen, welche auf feste Körper fallen, eine ruhige Luftbewegung längs der Oberflächen derselben hervorrufen. Hieraus folgert er, daß die Hauptaufgabe der künstlichen Lüftung darin bestehen sollte, die Umfassungswände eines Raumes zu erhitzen und hierdurch eine analoge Wirkung auf die frisch eingeführte Zimmerluft hervorzurufen. Zu diesem Zwecke schlägt er vor, die Wände und den Fußboden der Zimmer so hoch zu erwärmen, als dies im Freien durch die Sonne geschieht (auf 30 bis 32° C.), und die Wände auch höher (auf 43 bis 46° C.).

Um dies Wärmequantum dem Fußboden zuzuführen, leitet Leeds die verbrauchte Luft durch zahlreiche horizontale Kanäle unterhalb des Fußbodens ab und legt — zwecks Absaugung — in einzelne derselben Dampfröhren ein. Die Erwärmung der Wände soll ebenfalls mittels Dampfröhren, welche hinter einer Verkleidung von Schiefer-, Eisen- oder Thonplatten gelagert sind, erfolgen. In den Fensternischen sind wegen des dort stattfindenden großen Wärmeverlustes besondere Dampfheizkörper aufgestellt. Die frische Luft tritt durch die Fensterbrüstungen mit nach oben gerichteter Strömung ein, und mischt sie sich hier sofort mit der bereits vorgewärmten Zimmerluft. Zur Abführung der verbrauchten Luft sind Ventilationsschlote aufgeführt, welche von den Rauchröhren der Heizapparate durchzogen werden. Zur Unterstützung der Saugwirkung werden außerdem noch Heizschlangen im Schlot angebracht.

Man rühmt an diesem System die beständige und gleichförmige Luftcirkulation in jedem Teil der zu heizenden Räume, das Fehlen jeglicher kalten Luftströmungen und die vom Schließen oder Öffnen der Thüren unabhängige Temperatur. Es sind dies offenbar große Vorzüge: für uns würde die Annahme dieser Prinzipien aber ein vollständig verändertes System der Deckenkonstruktionen bedingen; namentlich würde die Rücksicht auf Feuersicherheit vollständig gewölbte oder in anderer Art aus Eisen und unverbrennlichen Stoffen hergestellte Decken erfordern, welche in unseren Etagenbauten aus mancherlei Gründen bisher nicht Anwendung finden konnten.

1) Nach Spons, Dictionary of engineering etc. London 1874. Div. VIII. In deutscher Übersetzung im I. Jahrgang des „Rohrleger" Nr. 3 u. f.

Ausgeführte Beispiele.

Die Lüftungsanlagen einiger neu erbauten Schulgebäude sind schon im vorhergehenden Kapitel besprochen worden, und zwar im Zusammenhang mit den dabei zur Verwendung gelangten Heizvorrichtungen.

A. Volksschulen.

a) Eine Anwendung der Luftheizung nach Kelling'schem System zeigt die Heizungsanlage der Volksschule am Albanithor in Göttingen, Tafel 26 bis 28, § 47 im Text; die Wirkungsart der Winter-, Frühjahr- und Herbst-, sowie der Sommerventilation sind daselbst besprochen. Zur Abführung der verbrauchten Luft werden Deflektoren benutzt.

b) Tafel 39 giebt in Fig. 1 bis 5 die Anlage einer Warmwasserniederdruckheizung im Schulhause zu **Westerwik in Schweden.** Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt durch einen Aspirationsschacht, welcher von dem Rauchrohr der Kesselfeuerung erwärmt wird.

c) Die Lüftungsanlage einer durch Niederdruckwasserheizung erwärmten Berliner Kommunalschule ist in Fig. 254 des Textes dargestellt. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt wie unter b).

B. Höhere Lehranstalten.

d) Auf Tafel 40 und S. 150 u. 151 im Text haben wir die Anlage der Warmwassermitteldruckheizung der Realschule zu Darmstadt beschrieben. Der Luftbedarf war programmmäßig pro Kopf und Stunde auf 11 cbm festgesetzt. Die Vorwärmung der eingeführten Luft erfolgt durch eine besondere Heißwasserheizung bis zum Wärmegrade der Zimmerluft (20° C.). Die Lüftung ist vollständig von der Heizung getrennt, und damit der Vorteil verbunden, daß jedes Zimmer sein wohl bemessenes Quantum frischer Luft empfängt und diese infolge geringer Erwärmung ihre ursprüngliche Reinheit behält. Die Abführung der in gemauerten Kanälen über Dach geführten Ventilationsluft wird durch Deflektoren unterstützt.

Anm. Eine zweckmäßige Ventilationsanlage hat der Ingenieur Johannes Haag in Augsburg für die höhere Töchterschule am Schletterplatz in Leipzig eingerichtet. Auch hier ist die Heizung (Mitteldruckwasserheizung) von der Lüftung getrennt. Die Zimmer, welche nach einer und derselben Himmelsrichtung liegen, haben je für sich ihre getrennte Feuerung erhalten.

Die Einrichtung ist so getroffen, daß die Klassenzimmer des Morgens direkt angeheizt werden und die Lüftung erst in Gang gesetzt wird, wenn die Klassen gefüllt sind. Die frische Luft wird durch Warmwasserheizröhren bis zu + 20° C. erwärmt, und die verbrauchte Luft im Winter durch Öffnungen am Fußboden in vertikal absteigende Kanäle geleitet, welche in einem Sammelkanal münden, der sie zum Lüftungsschlot leitet. Letzterer wird durch den eisernen Schornstein des Heizapparates erwärmt. Im Sommer

strömt die verbrauchte Luft durch Öffnungen unter der Zimmerdecke in die gemauerten Lüftungskanäle, gelangt nach dem Dachraume und wird mittels Deflektoren über Dach gesaugt. Die Regelung des zu- und abströmenden Luftquantums wird vom Souterrain aus (durch den Heizer) besorgt. — Hier befindet sich auch die Lufterwärmungskammer für die ankommende Frischluft; an einem „Winkelthermometer" (vergl. S. 222) kann der Heizer jederzeit die Temperatur der vorgewärmten Luft ablesen, während die Temperatur der Schulräume vom Korridor her durch Wandschlitze, in denen innerhalb des Zimmers Thermometer hängen, kontrolliert wird.

C. Zeichensäle für Tages- und Abendbenutzung.

Eine besondere Aufmerksamkeit ist denjenigen gewerblichen Schulen zu widmen, in welchen auch Abendunterricht erteilt wird, und die daher vorzüglich beim Zeichnen eine sehr starke Beleuchtung erfordern. Da nun reichlich angebrachte Gasflammen die Temperatur eines Saales mehr als nötig erhöhen, so muß durch zweckmäßig angebrachte Abzugsöffnungen, verbunden mit reichlicher Luftzufuhr, die Wirkung der Verbrennungswärme des Gases abgeschwächt werden.

Wollte man hierbei die Abzugsöffnungen — wie gewöhnlich — am Fußboden anbringen, so würden die Zeichner sich konstant in einer Temperatur von 30 bis 35° C. befinden und außerdem von den Verbrennungsgasen belästigt werden. Um dies zu verhindern, müssen die verstellbaren Abzugsgitter möglichst in der Decke, und wo dies nicht angänglich, unter derselben angebracht werden und außerdem muß in angemessener Höhe über dem Fußboden für eintretende Frischluft gesorgt werden.

Wird ein solcher Saal jedoch mehr bei Tage benutzt und ist er mit „Abzug von unten" versehen, so thut man gut, auch diesen Weg der Cirkulation nebenher für den Abendunterricht beizubehalten, denn man erhält dadurch eine doppelt wirkende Lüftung, nämlich Absaugung der leichten Verbrennungsgase der Beleuchtung, die „nach oben" steigen und dort entweichen, und nebenher eine Luftreinigung der unteren Schichten.

Der Querschnitt der Abzugsöffnungen ist unter der Annahme zu bestimmen, daß die Temperatur der Verbrennungsluft 35° beträgt. Das frisch eintretende Luftvolumen bestimmt sich aus der Menge der stündlich durch die Flammen erzeugten Wärme (vergl. S. 195, Nr. 2, Gasbeleuchtung) und aus der Temperatur der Luft bei ihrem Eintritt in den Saal. Diese letztere darf nicht höher als 15° C. sein, und die von den Schülern erzeugte Wärme darf die Temperatur des Saales nicht über 20° steigern. Auf solche Art kann man die Temperatur der Saalluft mit 20° und diejenige des Lüftungskanales mit 35° in die Rechnung einführen. Kennt man noch die Temperatur der Außenluft und die Höhe des Schornsteines, so ist nach § 44, Abs. III der Querschnitt des Abzugsschlotes leicht zu bestimmen.

§ 82.

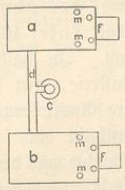
III. Lüftung von Auditorien und amphitheatralischen Hörsälen.

Im allgemeinen gelten auch bei den Schulen für Erwachsene, den Hörsälen der Hochschulen und Universitäten die in § 81 aufgestellten Grundsätze, mit der Maßgabe, daß Luftkubus und Luftbedarf nach der Morin'schen Tabelle — soweit sie nicht etwa durch das besondere Bedürfnis zu verändern sind — festgestellt werden.

Beim Bau der beiden Amphitheater des Konservatoriums in Paris wurde das stündlich pro Zuhörer erforderliche Luftquantum auf circa 25 cbm festgesetzt; Zu- und Abführung der Luft erfolgt hier durch Absaugen. — Die beobachteten und publizierten Resultate dieser, nach Morins Angaben[1]) ausgeführten, Heizungs- und Lüftungsanlage ergaben eine große Regelmäßigkeit der inneren Lufttemperaturen und eine Abflußmenge von mehr als 3000 cbm Luft pro Stunde bei einer auf beide Auditorien verteilten Zahl von 1000 Zuhörern.

Für die beiden Amphitheater a und b (Fig. 287) ist in der Mitte des Hofes ein gemeinschaftlicher Evakuationsschlot c errichtet. Derselbe ist nach oben verjüngt, hat 18 m Höhe, 2,6 m unteren und 2,1 m oberen Durchmesser. An seinem Fuße münden die beiden Kanäle ein, welche die verdorbene Luft aus den Auditorien abführen;

Fig. 287.



sie haben bei 2,48 m Höhe einen freien Querschnitt von je 2,59 qm und kommunizieren mit den Abzugsöffnungen in den Terrassen der Sitzreihen. Zwei eiserne Thüren an der Einmündung des Kanales in den Schornsteinen dienen zur Regulierung des Zuges im Lüftungsschlot. In 1,6 m Höhe über der Sohle des Schlotes liegt der Rost für die Aspirationsfeuerung, dessen totale Fläche 1,502 qm beträgt.

Die frische und vorgewärmte Luft wird möglichst entfernt von den Zuhörern, nämlich durch die Decke, in den Saal eingeführt und die Einrichtungen sind so getroffen, daß sie daselbst mit einer Temperatur eintritt, die nur wenig höher als diejenige des Saales ist. — Die Dachsparren sind verschalt und geputzt und dadurch ist über der Decke eine Luftkammer geschaffen, in welcher die Mischung der warmen und der oben zutretenden frischen Luft vor sich geht. Die warme Luft der Heizkammer tritt durch einen Heizkanal von 1 qm Querschnitt ein. Um die Temperatur der Heizluft nach Maßgabe der Außentemperatur zu mäßigen, ist eine breite, mittels Klappen verstellbare Öffnung von 5,05 qm Querschnitt im Dachwerk angebracht, durch welche mit Hilfe von Stellklappen ein größeres oder geringeres Quantum frischer Luft eintreten kann. Die

1) Ausführliche Zeichnungen giebt Morin in seinen Études etc. und Wazon, Raports etc., Tabelle V.

Summe der Zuströmungsquerschnitte für warme und kalte Luft ist demnach 6,95 qm für den Saal. Der Einströmungsquerschnitt der kleineren Mischkammer — welche zur Erwärmung der Vorräume dient, ist 2,73 qm, hiernach für beide Kammern $6{,}95 + 2{,}73 = 9{,}68$ qm. Diese Luft wird lediglich durch die saugende Wirkung des Schlotes angelockt, mischt sich in der Luftkammer und tritt mit einer Mitteltemperatur in den Saal ein.

Das Volumen der stündlich eingeführten Luft beträgt circa 18 000 cbm oder pro Sekunde 5 cbm. Die mittlere Durchgangsgeschwindigkeit in den Eintrittsöffnungen ist daher: $\frac{5{,}00}{9{,}68} = 0{,}51$ m in der Sekunde, d. h. eine außerordentlich mäßige.

Die warme Luft der Mischkammer tritt durch elf, im Plafond gleichmäßig verteilte Öffnungen ein, welche zusammen 11,737 qm freien Durchgangsquerschnitt darbieten. Da nun pro Sekunde 5 cbm geliefert werden, so beträgt die mittlere Einströmungsgeschwindigkeit der warmen Luft 0,42 m, welche um so weniger lästig werden kann, als die letztere nur wenig höher erwärmt ist, als die Luft des Saales.

Obwohl der Effekt der Anlage ein relativ recht guter ist, dürfte doch die Anordnung nicht in allen Stücken nachahmenswert sein, weil man während der Sommermonate nicht im stande ist, den Zuhörern auch eine abgekühlte Luft zuzuführen. Der Bodenraum ist nämlich im Sommer sehr der Sonnenbestrahlung ausgesetzt und möchte sich daher für diese Jahreszeit etwa eine entgegengesetzte Luftbewegung, d. h. Eintritt der Luft durch die Stufen vom Souterrain her und „Abzug von oben" empfehlen. Im anderen Falle müßte für Kühlung durch Maschinen gesorgt werden, was im Dachraum nur in seltenen Fällen angänglich sein wird. Vorteilhafter gestaltet sich nach dieser Richtung die Sommerventilation in dem auf Tafel 43 bis 46 gegebenen Beispiele.

Der große Hörsaal des physiologischen Institutes zu Berlin (vergl. Tafel 46) wird durch Dampfluftheizung erwärmt. In halber Höhe, d. h. unter dem Fußboden der Gallerie, tritt die Heizluft durch 14 kleinere und 2 größere Ausströmungsöffnungen mit zusammen 1,559 m Querschnitt ein. Die frische Luft wird mittels zweier Einfallschächte aus dem geräumigen, gartenähnlichen Hofe der Anstalt entnommen (vergl. Anwendungen § 65), und zwar wird sie beim Betriebe der Heizung in die Luftkammern „gesogen". Wenn die Heizung ruht, erfolgt die Luftzuführung auf demselben Wege, aber mit Hilfe des Ventilators (durch Drucklüftung). Das aus dem Saale stündlich abzuführende Luftquantum beträgt 4000 cbm. Die Einströmungsgeschwindigkeit ist demnach

$$\frac{4000}{3600 \,.\, 1{,}55} = 0{,}77 \text{ m}.$$

Die Regelung der Temperatur des Saales erfolgt (unter Mitwirkung von Kontaktthermometern) vom Souterrain her durch Einstellung der Mischklappen. — Die Heizungsanlage ist im § 65 ausführlich beschrieben.

§ 83.

IV. Die amphitheatralisch gebauten Sitzungssäle der Parlamente

wurden bisher nach zwei verschiedenen Prinzipien gelüftet, nämlich mit „Abzug von unten" oder mit Zuströmung von unten und „Abzug von oben". Bis zum Ausgang der fünfziger Jahre galt es als unumstößliches Dogma, daß die frische Luft von unten zuströmen müsse, und dies Prinzip wurde denn auch beim Bau des Parlamentshauses in London mit allen damals bekannten Mitteln zur Anwendung gebracht.

Die frische Luft wird in diesem Gebäude von der Themseseite her entnommen, tritt in die geräumige Mischkammer, passiert — je nach der Jahreszeit oder dem Bedürfnis — einen Sprühregen und erwärmt sich dann an Gourney'schen Dampfbatterien. Durch Klappenstellung kann das Verhältnis zwischen erwärmter und kalter Luft beliebig geändert werden.

Nachdem Staubteile und unreine Stoffe in einem Gazefilter zurückgeblieben sind, steigt die Luft gereinigt und auf einen angemessenen Grad erwärmt, aufwärts nach dem Sitzungssaale. Die Einlaßöffnungen befinden sich im Fußboden des Saales und sind mit Gitterwerk versehen, über welches Haarteppiche gelegt sind, die man von Tag zu Tag wechselt und reinigt. Zwischen dem Sprecher und Heizer ist eine telegraphische Verbindung hergestellt, denn da die Zahl der anwesenden Mitglieder fortwährend wechselt, muß die Regulierung der Temperatur und der Ventilation unter dessen unmittelbarer Kontrolle gehalten werden.

Die verdorbene Luft wird mittels Absaugen durch vergitterte Öffnungen in den Kassetten der Decke entfernt, außerdem leistet die Gasbeleuchtung wirksame Dienste zur Entfernung der verdorbenen Luft.

In den letzten drei Dezennien hat man sich dagegen mit Entschiedenheit für den „Abzug der Luft von unten" ausgesprochen, um Verunreinigung der Saalluft durch das Aufwirbeln des hineingetragenen Staubes zu verhindern. Die Schwierigkeit der Abführung von Verbrennungsprodukten der Gasbeleuchtung wird durch Anwendung elektrischer Beleuchtung, deren Wärmeentwickelung eine höchst unerhebliche im Verhältnis zur Leuchtkraft ist, behoben. (Vergl. § 72.)

Als Beispiele nennen wir:

I. Das Palais de la Nation zu Brüssel.[1]) Die Heizungs- und Ventilationsanlagen desselben sind nach dem Plane des Professor **Pauli** zu Gent ausgeführt. Die Heizung geschieht durch Warmwassercirkulation und die Ventilation wird durch einen Ventilator von Guibal (§ 78, Abs. 4) mittels Drucklüftung bewirkt. Tafel 51 giebt einen Teil vom Querschnitt und Längenschnitt des Gebäudes. In diesem erkennen wir bei d in Fig. 2 den Guibal'schen Ventilator, b und b' sind Teile des Luftzuführungsschachtes, der sich bis unter das Dach hinaufzieht. E ist das Expansionsgefäß der Wasserheizung. Zum Betriebe des Ventilators dient eine Lenoir'sche Maschine von drei Pferdekraft. Das Wasser wird mit Hilfe zweier Kessel erwärmt, und

1) Nach Mitteilungen des Professor H. Valerius zu Gent in dessen „Applications de la Chaleur", III. Edition. Paris 1879.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Cirkulationsrohre befinden sich zum Teil in dem vertikalen Luftzuführungsschlot b und zum Teil in dessen horizontaler gewölbter Fortsetzung m. In dieser letzteren mischt sich die aufgestiegene Heizluft mit der bei s eintretenden Frischluft des Schachtes b': der Raum m ist also als Mischkammer zu bezeichnen.

Der Sitzungssaal wird in seinem ganzen Umfange von einem ringförmigen Kanal o umgeben. Durch die Öffnungen q q, welche das Deckengesims in kurzen Abständen durchdringen, tritt die angemessen erwärmte Luft aus dem Sammelkanal o mit einer Geschwindigkeit von höchstens 0,70 m in der Sekunde ein. Durch Schieberverschlüsse ist für gleichmäßige Verteilung und Mischung der warmen und kalten Luft derart gesorgt, daß eine vorgeschriebene Normaltemperatur innegehalten werden kann.

Die verbrauchte Luft entweicht durch Öffnungen q' in den Stufenabsätzen der Sitzreihen, und der Raum unterhalb des terrassenförmigen Podiums kommuniziert mit zwei vertikalen Schächten h, welche in die Kanäle g eingeleitet sind und die schlechte Luft nach der Saugesse e führen, deren Zug durch das eiserne Schornsteinrohr e' der Kesselanlage wesentlich unterstützt wird.

Berechnung der Ventilationskanäle. Die Querschnitte der Abzugskanäle sind so gewählt, daß die Luftgeschwindigkeit pro Sekunde folgende Zahlen nicht überschreitet:

Für die Öffnungen q^1	0,70 m,
„ „ vertikalen Kanäle h	1,60 „
„ „ horizontalen Leitungen g . .	1,50 „
„ den Aspirationsschlot e	2,00 „

Die Ventilation des Sitzungssaales wurde berechnet zu 400 Personen, und zwar zu 30 cbm pro Kopf und Stunde; das stündlich einzuführende Quantum frischer Luft ist also 12000 cbm pro Stunde oder pro Sekunde 3,33 cbm. Die Geschwindigkeit, mit der diese Luft in den Saal eintritt, soll 0,70 m nicht überschreiten, der totale Querschnitt der Einströmungsöffnungen ist demnach $\frac{3,33}{0,70} = 4,75$ qm, und da die Anzahl der Öffnungen 34 beträgt, muß der freie Querschnitt einer jeden etwa 0,14 qm betragen.

Die Geschwindigkeit der reinen Luft im Ventilationsschacht b ist 1 m per Sekunde, der Querschnitt dieses Schachtes ist 3,33 qm.

Die verbrauchte Luft bewegt sich mit 0,70 m Geschwindigkeit in der Sekunde, der gesamte Querschnitt der Abzugsöffnungen beträgt 4,75 qm, so daß jede der 104 Einströmungsöffnungen von oblongem Querschnitt 0,14 m × 0,30 m Seitenabmessung erhält.

Die Geschwindigkeit in den horizontalen Leitungen war auf 1,50 m per Sekunde festgesetzt, wonach die Summe ihrer Querschnitte $\frac{3,33}{1,50} = 2,22$ qm beträgt.

In gleicher Art ist der Querschnitt des Lüftungskamines zu $\frac{3,33}{2,00} = 1,66$ qm bestimmt worden.

Bestimmung der Heizflächen. Es wurde im Programm festgestellt, daß die Temperatur des Saales konstant auf 18° bei — 5° Außentemperatur gehalten werden solle (welches nahezu die in Belgien beobachtete niedrigste Wintertemperatur bezeichnet). Hiernach wird bei einer stündlichen Luftzuführung von 12000 cbm der Wärmeverlust bei 23° Temperaturdifferenz sich beziffern auf:

$$12000 \,.\, 1,30 \,.\, 23 \,.\, 0,237 = 85000 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

und wenn man in den Leitungen vom Guibal'schen Ventilator bis zu den Ausströmungsöffnungen einen Wärmeverlust von 25 Proz., d. h. rot. 21000 Wärmeeinheiten annimmt, so dürfte der stündliche Gesamtwärmebedarf 85000 + 21000 = 106000 Wärmeeinheiten betragen.

Andererseits kann man annehmen, daß jeder Quadratmeter Warmwasser-Cirkulationsrohr stündlich 400 Wärmeeinheiten abgiebt, die erforderliche Heizfläche berechnet sich daher auf:

$$106000 : 400 = 265 \text{ qm.}$$

Professor Pauli behauptet, ohne es jedoch nachzuweisen, daß der Wärmeverlust infolge Transmission der Umschließungswände durch die von den 400 Personen entwickelte Wärme ausgeglichen werde; andernfalls würde dazu etwa $^1/_2$ obiger Heizfläche (132 qm) nötig sein.

Nach dieser Annahme beträgt die Gesamtheizfläche 265 + 132 = 397 qm. Bei Anwendung von 0,14 m weiten Röhren ist also eine Röhrenlänge von 882 m erforderlich, und diese Dimension ist in der Ausführung auch effektiv vorhanden.

In den Sommermonaten, wo die Heizung nicht in Thätigkeit ist, wird auf einem besonderen Herde ein Lockfeuer entzündet und dadurch das eiserne Rauchrohr e' für die Lüftung in Thätigkeit gesetzt. — Wenn der Saal nicht im Gebrauch ist, werden die Schleusen c' und c'' der Windröhren am Ventilatorgehäuse und die Klappe l im Kanal g geschlossen, um unnütze Wärmeverluste zu vermeiden.

Hauptabmessungen des Ventilators. (Vergl. auch S. 215.) R = 1,50, r = 0,50 m; l = 1,50 m; Peripheriegeschwindigkeit der Flügel circa 10 m, also s = 3,33 m : 5 = 0,66 m. S der Querschnitt des Ventilationsschlotes an der Antrittsstelle 2,66 qm.

Die Geschwindigkeit der Luft bei S ist ungefähr 1 m, die Arbeitsleistung pro Sekunde[1]) ungefähr 8 Kilogrammmeter.

II. Das provisorische Reichstagsgebäude zu Berlin. Auch hier war die Bewegung der Luft im Sitzungssaale „nach abwärts" gerichtet, die Ausströmung derselben fand aber nicht dicht unter der Saaldecke, sondern in 4 m Abstand von derselben statt. Die Heizungs- und Lüftungseinrichtungen wurden durch die „Aktiengesellschaft für Centralheizungsanlagen in Berlin" ausgeführt; dieselben sind in der Hauptsache auf Tafel 50 dargestellt.[2])

Die frische Luft gelangte gewöhnlich durch die Öffnungen d d von dem Garten des anstoßenden Herrenhausgrundstückes in die Korridore B und B^1 des Kellergeschosses; jedoch war bei A ein Thürabschluß angebracht, um bei Bedarf auch mittels zweier Ventilatoren von Schiele frische Luft eintreiben zu können. Aus den Korridoren trat die

1) Diese Arbeitsleistung ist das Produkt aus dem in einer Sekunde debütierten Luftvolumen in die Depression einer Wassersäule in Millimetern, welche dem Überdruck das Gleichgewicht hält.

2) Vergl.: E. Haeseke, „Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung". Berlin 1877. A. Seydel.

Luft in der Richtung der Pfeile in die durch Dampfröhren erwärmten Heizkammern. Für gewöhnlich wurde jedoch nur die größere Kammer links benutzt; in der wärmeren Jahreszeit fand Zuführung frischer Luft an beiden Saalseiten statt.

Über dem Korridor B^1 und andererseits über den Zuführungen Z Z zur rechtsseitigen Heizkammer lag der Länge nach die Mischkammer C C^1, welche die Luft passieren mußte, um nach den vertikalen Kanälen zu gelangen und in Höhe von 9,4 m über dem Podium an jeder der langen Saalseiten durch acht kreisrunde, vergitterte Öffnungen von 1,2 Durchmesser auszuströmen. In die Kammer C^1 konnte von unten her durch eine Anzahl von mit verstellbaren Klappen versehene Öffnungen auch kalte Luft eintreten und sich mit der Heizluft mischen. Zur Erzielung möglichst gleichmäßiger Temperatur in den vertikalen Kanälen wurde die linksseitige Kammer durch Zwischenwände in so viele Abteilungen gebracht, als Vertikalkanäle resp. Ausströmungsöffnungen vorhanden waren.[1]) Durch am oberen Teil der Kanäle angebrachte Thermometer ließ sich der Temperaturstand kontrollieren und die Einströmung frischer Luft in die Heizkammern ebenso durch Klappen regeln, wie die Mischung warmer und kalter Luft. Diese Mischung war nötig, weil die Saaltemperatur vor Beginn der Sitzung nicht mehr als $13^1/_2{}^0$ R. betragen und die Frischluft nur 1^0 wärmer ausströmen durfte, damit einerseits nicht Zug empfunden wurde, andererseits aber auch die Temperatur nicht zu schnell stieg.[2])

Die Luft bewegte sich, nachdem sie die Ausströmungsgitter passiert hatte, im Saale abwärts. Hierbei wurde — infolge der nach unten gerichteten starken Absaugung — nur im unteren Teil der Rosetten Luftbewegung wahrgenommen, was einen Rückschluß auf die mäßige Ausströmungsgeschwindigkeit gestattet. Rechnet man hiernach als freien Querschnitt nur die Hälfte der Ausströmungsöffnungen, so ergiebt sich bei 0,5 m Ausflußgeschwindigkeit ein stündlich zugeführtes Luftquantum von 9,043 qm $\times$ 0,5 m $\times$ 3600 = rot. 16,000 cbm, so daß bei Anwesenheit von 600 Abgeordneten auf jede Person etwa 23 cbm stündliche Luftzufuhr entfiel.

Die verbrauchte Luft gelangte durch zahlreiche Öffnungen in den vertikalen Stufenabsätzen der Sitzreihen des Saales nach dem Raume unterhalb des Podiums, von hier in der Richtung der Pfeile in die Korridore D D und nach dem Aspirationsschlot, der durch einen großen Schüttofen stark erwärmt wurde. Die Tribünen hatten gesonderte Luftabführung durch zahlreiche Gitter in den Futterstufen der Sitzreihen.

An Luftabführungsöffnungen waren vorhanden:

29	Gitteröffnungen auf Tribüne I über Korridor D D)	0,8333 qm,
47	Gitteröffnungen auf Tribüne II rechts . .	1,8035 „
43	„ „ „ III (gegenüber von I)	1,4505 „
	Zusammen auf den Tribünen	4,0873 qm.
2266	kreisförmige Öffnungen in den vertikalen Stufenabsätzen des Saales à 3,5 cm Diameter	2,8072 „
18	Gitter zu beiden Seiten der Rednertribüne	0,8274 „
6	Gitter in den Ecken des Saales . .	0,6147 „
	Zusammen im Saal	4,2493 qm.

Hiernach hatten die Abzugsöffnungen einen Gesamtquerschnitt von 8,3366 Quadratmeter.

Diesen gegenüber stehen die oben genannten 16 Zuströmungsrosetten (welche nur mit der unteren Hälfte in Rechnung zu stellen sind), also mit:

9,043 qm.

Zum Eintreiben der frischen Luft in die Kammern wurden, wie erwähnt, zwei Ventilatoren von Schiele in Frankfurt a. M. (vergl. S. 215, Fig. 261) benutzt, mit Ausblaseöffnungen von 0,39 m Weite und 0,75 m Flügeldurchmesser. Jeder der Ventilatoren liefert pro Minute etwa 120 cbm Luft, welche durch eine unterirdische Thonrohrleitung von 31 m Länge bei 0,52 m Durchmesser nach den Heizkammern getrieben wurde. — Zum Betriebe diente eine liegende Dampfmaschine von acht Pferdekraft mit 25 cm Cylinderdurchmesser, 0,40 cm Hub und Expansionsregulator.

Jeder der beiden Dampfentwickler zum Betrieb der Maschine u. s. w. hatte 6,37 m Länge, 1,41 m Durchmesser und, einschließlich der beiden Feuerrohre von 0,44 m Diameter, 31,01 qm feuerberührte Fläche.

Kosten dieser Heizungs- und Lüftungsanlage.

1)	Dampfkessel-, Maschinen- und Lüftungsanlage	Mk. 18,666
2)	87 qm 8 cm weite Dampfrohrleitung, inkl. Heizeinrichtung der Kammern . .	„ 25,590
3)	Windrohrleitung, Luftab- und Zuführungen, inkl. Regelungsvorrichtungen . .	„ 2,829
		Mk. 47,085

1) Von den im Grundriß angedeuteten Kanälen der Kammer B′ B′ vereinigen sich oberhalb je zwei zu einem Kanal, so daß auch hier nur acht Ausströmungsrosetten vorhanden sind.

2) Während der Sitzung steigt die Temperatur stündlich im Mittel um einen Grad.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 84.

V. Lüftung der Theater.

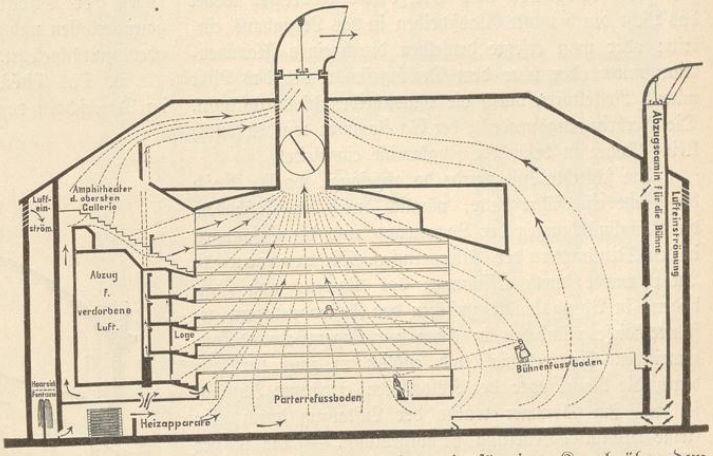
Eine der schwierigsten Aufgaben für den Heiztechniker bildet die Lüftung der Theatergebäude. Hier handelt es sich nicht darum, wie in den vorgenannten Fällen, einen einzigen großen Versammlungssaal oder einen Komplex getrennter Räumlichkeiten auf normaler Temperatur zu erhalten, resp. mit angemessenen Lüftungseinrichtungen zu versehen, sondern es müssen die drei Hauptbestandteile des Gebäudes, der Zuschauerraum, die Bühne und die Foyers so hergerichtet sein, daß sie zeitweise getrennt und bald darauf durch weite Öffnungen verbunden werden können, ohne daß in einem der Teile unbequeme Luftströmungen entstehen oder die Temperatur sich (bei eintretender Trennung) erheblich steigert. Zu diesen Schwierigkeiten gesellen sich diejenigen, welche aus der Beleuchtung dieser Räume entstehen, die, je nach dem scenischen Erfordernis, mannigfachem Wechsel unterworfen sind. Endlich bietet die eigentümliche Einrichtung des Zuschauerraumes mit den übereinander aufgebauten Ranglogen und der wechselnden Zuschauerzahl eines der Hindernisse, welche die rationelle Lösung der Aufgabe erschweren. Es kann daher nicht auffallen, wenn von den bisher ausgeführten Anlagen zur Lüftung der Theater keine den komplizierten Ansprüchen in allen Stücken gerecht geworden ist, obwohl die neuesten Ausführungen sehr erfreuliche Resultate ergeben. Wir begnügen uns hier, kurz den gegenwärtigen Stand der Theaterventilation durch einige hervorragende Beispiele neuerer Konstruktion klarzustellen.

Geschichtliche Vorbemerkungen.

1) Der erste, der sich eingehend mit der Lüftung der Theater beschäftigte, war Darcet. Er benutzte, in richtiger Erkenntnis der Sachlage, die von dem Kronleuchter abgehende Wärme zur Abführung der verdorbenen Luft und stellte über der Lüsteröffnung ein weites, hohes Rohr als Abzugsschlot für die verdorbene Luft des Zuschauerraumes auf. Ein ähnlicher Schlot wurde über der Mitte des Bühnenhauses aufgestellt, um dieses nach Erfordern schnell von Rauch und Pulverdampf befreien zu können. Die frische Luft trat in dünnen Strömen durch kleinere Löcher im Fußboden des Parterre und durch Öffnungen in der Logenrückwand in den Zuschauerraum ein; vorher wurde sie in Heizkammern erwärmt und gelangte daher im Winter vorgewärmt, im Sommer kühl in den Saal. Aber die Zuschauer verstopften die Öffnungen im Fußboden, da ihnen der eintretende warme resp. kalte Luftstrom unbequem war, und bei geöffnetem Vorhang äußerte sich die Ventilation lediglich auf der Bühne, indem sich ein starker Luftstrom von dort nach der Kronleuchteröffnung hin geltend machte, der die Akustik beeinträchtigte, indem er die Schallstrahlen ablenkte. Die Ventilation des Zuschauerraumes war zum großen Teil unwirksam.

Zur Abhilfe dieses Übelstandes legte Darcet bei späteren Einrichtungen ringsum in der massiven Logenrückwand hinreichend viele Abzugskanäle für verdorbene Luft an,[1]) versah dieselben in den Ranglogen mit Einmündungen, führte die Kanäle bis zur Decke des Zuschauerraumes und ließ sie — der Deckenlinie folgend über jene fort — in einen ringförmigen Kanal über dem Kronleuchter einmünden. Die untere Öffnung des Schlotes hatte nun lediglich die Verbrennungsprodukte des Kronleuchters abzuführen und war zu diesem Zwecke mit einem regulierbaren, kalottenförmigen Hut verschließbar.

Fig. 288.



2) Der Einrichtung von Darcet ähnlich ist diejenige, welche Dr. Reid — nach dem Prinzip der von ihm ausgeführten Lüftung des englischen Parlamentshauses — in Vorschlag brachte. Das Schema der Anlage giebt Fig. 288. Die frische Luft wird unter dem Dachgesimse an den entgegengesetzten Enden des Gebäudes entnommen, in weiten, gemauerten Kanälen abwärts geführt, durch ein

[1]) Auch Runge hat diese Einrichtung im Theater zu Philadelphia getroffen. Detaillierte Zeichnungen enthält die Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1860.

Filter gereinigt, durch eine Brause von Staub befreit und zwischen Heißwasserspiralen hindurch nach den Verteilungskammern unterhalb des Parketts und der Bühne geleitet, von wo aus sie durch kleine Öffnungen im Fußboden in den Zuschauerraum strömt. In die Logen gelangt warme Luft durch Heizkanäle in der Logenrückwand, welche nahe dem Fußboden mit Ausströmungsöffnungen versehen sind; auf den Gallerien befinden sich diese Öffnungen in den Stirnbrettern der Stufen. Die abströmende Luft ist von allen Punkten des Saales und der Bühnenöffnung konvergierend gegen den inmitten des Plafonds über der Kronleuchteröffnung errichteten Ventilationsschlot, der mit Drosselklappe reguliert werden kann, gerichtet. Dieser Abzugsschlot nimmt auch die verdorbene Luft des Amphitheaters, des Malersaales und des „Schnürbodens" auf. Zur schnellen Lüftung der Bühne dient für besondere Fälle der Abzugsschlot im Fond derselben.

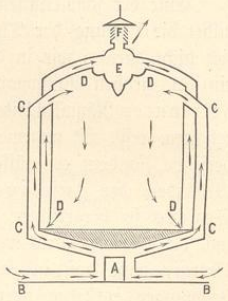
3) In einigen Theatern wurde der Kronleuchter gänzlich oberhalb des Plafonds verlegt, wobei das Licht durch matte Glasscheiben in das Logenhaus eintritt; oder man ersetzte denselben durch einen Flammenkranz unter oder über dem Deckengesims, der das Licht mittels Reflektoren durch die Glasscheiben hindurchstrahlt. Die Verbrennungsprodukte der Gasflammen wurden durch kleine Rohre in besondere Zugkamine eingeleitet.

Die schlechte Luft wurde da abgesaugt, wo Dr. Reid die frische eingeführt hatte, nämlich durch den Fußboden, die Kanalmündungen der Logenwand und die Öffnungen in den Stirnbrettern der Galleriestufen. Die verbrauchte Luft wurde durch Öffnungen des Parketts und Fußbodens in Abzugskanäle zwischen den Fußbodenlagern geführt; diese mündeten in einen zur Logenrückwand konzentrischen Sammelkanal und endlich in zwei vertikale, durch die Rauchrohre der Kalorifèren erwärmte Abzugsschlote. Im Sommer wurde der Luftabzug durch eine kleine Aspirationsfeuerung hervorgebracht. — Die in der Mischkammer des Souterrains vorgewärmte und frische Luft strömte durch Register über und zu beiden Seiten der Bühnenöffnung aus.

Dieses, seiner Zeit beim Théâtre de la Gaîté und dem Théâtre lyrique in Paris angewendete Lüftungssystem, hat den gehegten Erwartungen nicht entsprochen, denn die Lüftung war unzureichend.

4) Einen anderen Vorschlag machte Trélat in seiner Abhandlung „Le théâtre et l'architecte", 1866. Sein durch Dr. Bonnaford modifiziertes System wurde (1869) im neuen Vaudevilletheater zu Paris zur Anwendung gebracht. Der Kronleuchter wurde in die Decke eingelassen, die Verbrennungsprodukte gelangten daher nicht in den Zuschauerraum, sondern die Hitze der Gasflammen wurde zur Abführung der verbrauchten Luft benutzt und die Zuströmung frischer Luft erfolgte durch einen Kranz von Öffnungen „unter der Decke". Der Abzug der verdorbenen Luft durch Register „über dem Fußboden" des Orchesters und der Logen. Diese mündeten in Kanäle der Logenwand, welche durch die saugende Wirkung des Kronleuchters in Funktion traten. (Vergl. Fig. 289.)

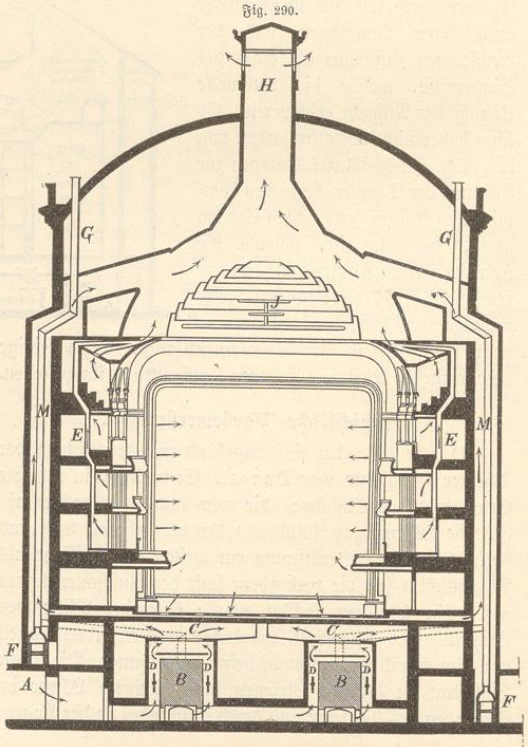
Fig. 289.



Auch dies System mußte wegen der nicht genügend vermiedenen Zugluft und wegen der ungenügenden Erhellung des Logenhauses wieder verlassen werden. Das System „Bonnaford" hat hiernach ebensowenig reüssiert wie die Einrichtung im Théâtre lyrique und de la Gaîté. Man hat daher für die Lüftung der Theater den „Abzug von unten" fast ganz verlassen und ist zu der Methode des „Abzuges von oben" zurückgekehrt.

5. Das **Théâtre lyrique** zu **Paris**, in Fig. 290 im Durchschnitt dargestellt, soll nunmehr als Beispiel der

Fig. 290.



neueren und rationelleren Lüftungsmethoden besprochen werden. Die frische Luft wird aus dem Square de la Tour St. Jacques entnommen, tritt bei A ins Gebäude und gelangt durch Verteilungskanäle in die unterhalb des Parketts angeordneten Heizkammern B B. Ein Teil der Luft wird durch Kontakt an den Heizflächen der Kaloriferen erwärmt, der Rest gelangt durch Seitenkanäle D D in die Mischkammern C C, woselbst die Temperatur der Heizluft durch geeignete Klappenstellung geregelt wird.

Die frische und vorgewärmte Luft wird gleichmäßig durch eine Anzahl Röhren im Logenhause verteilt und strömt teils durch zahlreiche Öffnungen unterhalb der Logenbrüstungen (Zwischendecken), teils durch Auslaßgitter in den Seitenwänden der Prosceniumsöffnung aus, wie solches durch Pfeile angedeutet ist.

Die verdorbene Luft wird teils durch Öffnungen unter den Fauteuils des Parketts, teils unterhalb der Decke der oberen Ranglogen abgesaugt und gelangt durch die Kanäle E E über die kuppelförmige Saaldecke und sodann in den großen Lüftungsschlot H.

Der Abzug der in denselben eintretenden Luft wird unterstützt durch:

die Wärme der im kuppelförmigen Plafond infolge des Beleuchtungsprozesses erzeugten Verbrennungsgase und

die in den Schornsteinen abgeführten Heizgase der Kaloriferen.

Während der Sommermonate sind zu demselben Zweck zwei Lockfeuer F F in Thätigkeit, deren Rauch in den eisernen Schornsteinen G G über Dach entweicht.

Die am Fußboden abgesaugte Ventilationsluft gelangt in horizontalen Kanälen nach den Lüftungsschächten M M.

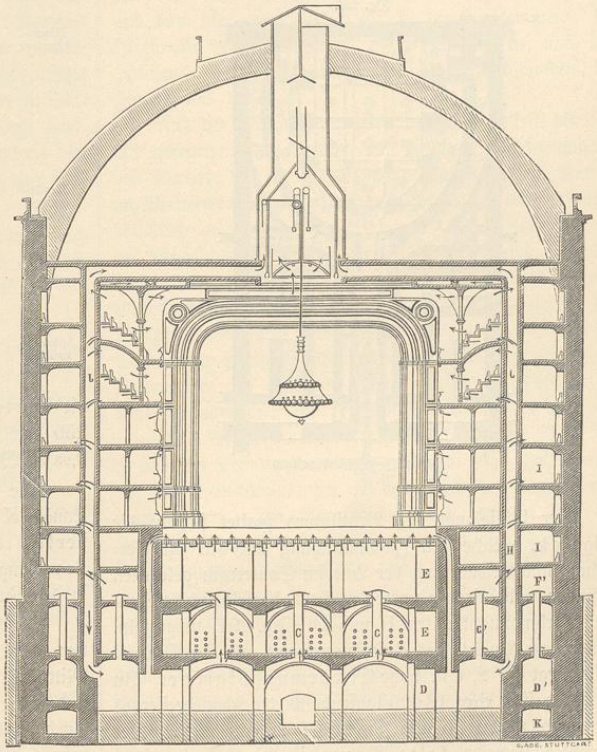
Der Ventilationseffekt ist zwar sehr energisch, aber es soll demzufolge auch beim Öffnen von Thüren eine starke Strömung nach dem Logenhause stattfinden.

Als vorzüglich gelungene Beispiele — und zwar Produkte **deutscher Ingenieurwissenschaft** — nennen wir sodann die Ventilationseinrichtungen des Wiener Opernhauses, des Königlichen Hoftheaters in Dresden und des Stadttheaters in Rostock.

1) Das in Fig. 291 und 292 dargestellte Wiener Opernhaus wird von den Gesundheitstechnikern und Heizingenieuren als ein Beispiel betrachtet, welches sich der Vollkommenheit in hohem Grade nähert. Man wirft ihm zwar von fachmännischer Seite eine gewisse Kompliziertheit vor: diese wäre aber offenbar zu vereinfachen, ohne ihm seine Vorzüge zu rauben. Die nachfolgende Beschreibung ist der Broschüre, welche der eine der ausführenden Architekten der Oper, Prof. Sicard v. Sicardsburg, veröffentlicht hat, entnommen:[1])

Die Bewegung der Ventilationsluft erfolgt „von unten nach oben", d. h. die erhitzte Saalluft steigt zur

Fig. 291.

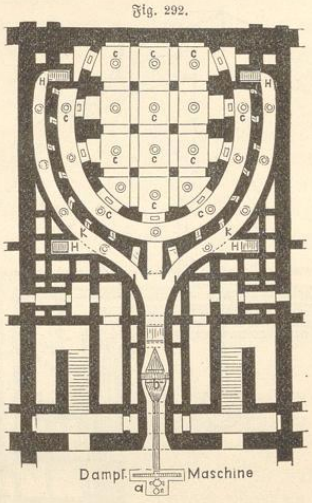


Lüfteröffnung empor und entweicht durch dieselbe, während die frische (im Winter auch erwärmte) Luft durch Öffnungen im Fußboden (vergl. Fig. 291) und durch die tiefliegendsten Punkte der Logen und Gallerien mit einer kaum fühlbaren Geschwindigkeit einströmt. Die dem vorübergehenden Bedürfnis entsprechende Luftzufuhr — offenbar der schwierigste Teil der Aufgabe — erfolgt in sicherster Weise durch die bei a im Grundriß, Fig. 292, placierte Dampfmaschine von

1) Stand der Ventilationsfrage. Vergleiche auch Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme, S. 454 f.; Wazon, Rapports sur l'exposition universelle de 1879.

16 Pferdekraft, welche einen von Prof. Dr. Heger in Wien angegebenen und berechneten Ventilator b in Bewegung setzt. Die frische Luft wird einem mit Fontänen geschmückten Gärtchen am Haupteingang mittels eines maskierten kleinen Hofes entnommen und strömt in etwa 12 m Tiefe unter dem Straßenniveau durch eine große Thüröffnung in das Gebäude ein, muß jedoch, bevor sie in den Ventilator eintritt, erst einen Wasserzerstäubungsapparat passieren, welcher die Luft erfrischt und vom Staube befreit.

Fig. 292.



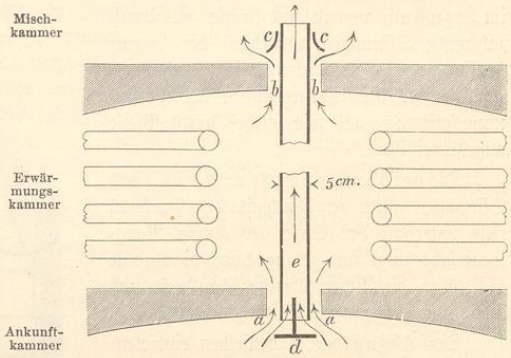
Der Blasekanal des Ventilators spaltet sich in die Züge k k, welche den Zusammenhang mit den zur Verteilung und Erwärmung der Luft im Souterrain gelegenen Räumen und mit den unter der Sohle desselben hinziehenden Verbindungskanälen D und D' (Fig. 291) vermitteln. Unter dem Parkett des Zuschauerraumes, also im Souterrain, liegt die 2,20 m hohe Erwärmungskammer. In derselben sind circa 18000 laufende Meter schmiedeeisernes Dampfrohr von 25 mm Lichtweite untergebracht. Der darunter liegende kalte Raum ist die „Ankunftskammer für die frische Luft", das oberste Souterraingeschoß bildet den „Mischraum".

Fig. 293 stellt die Anordnung des Luftzutrittes zur Heiz- und Mischkammer schematisch dar. Die frische Luft steigt nämlich aus der Ankunftskammer durch zwölf ringförmige Öffnungen a a in die Erwärmungskammer, wird hier von den Dampfröhren erwärmt und strömt durch ebensoviele ringförmige Öffnungen b b im Gewölbe in den oberen Mischraum. Die Größe des Luftzutrittes kann durch die in vertikaler Richtung beweglichen Hülsen c c geregelt werden. Gleichzeitig steigt aber auch durch die 90 cm weiten gußeisernen Rohre e e Luft in die Mischkammer; die Einströmungsöffnung wird durch das Tellerventil d nach Bedarf eingestellt.

In der Mischkammer treffen beide Luftströme zusammen, wodurch sich bei jedem der zwölf Rohre die Mischung der frischen und der erwärmten Luft vollzieht.

Bei starker Kälte wird die vom Ventilator herkommende Frischluft schon im Zuführungskanal durch Dampfrohre erwärmt. Über der Mischkammer liegt noch ein vierter Raum,

Fig. 293.



die Verteilungskammer, aus welcher die Luft durch 250 mit gelochten Blechen bedeckte Öffnungen von 0,23 m Weite in den Zuschauerraum gelangt.

Die vom Ventilator ausgehenden peripherischen Kanäle K (Fig. 292) führen die Luft im Sommer in vertikale Kanäle H, von wo dieselbe in die Logen, die Logengänge und endlich längs der Peripherie der Decke in den Zuschauerraum gedrückt wird.

Zur Beleuchtung des Theaters diente seiner Zeit ein von 18 Sonnenbrennern umgebener Kronleuchter in der Mitte des Auditoriums. Auch an den Logenbrüstungen sind Gasausläße vorhanden, deren Verbrennungsprodukte durch Schlote von Kupfer abgeführt und in ein Sammelrohr eingeleitet werden.

Die verdorbene Luft wird teils durch die 4 m weite Lüfteröffnung, teils durch eine Menge kleiner Öffnungen in der Logenwand nahe der Decke abgeführt. Sämtliche Kanäle münden in einen Sammelkanal von rechteckigem Querschnitt, der mit den Öffnungen im Gesimse kommuniziert; von hier gelangt die Luft in das 3 m weite Ventilationsrohr über der Kronleuchteröffnung. Dieses letztere mündet über Dach in einen vom Winde automatisch gesteuerten Drehturm, um die Wirkung des letzteren zum Absaugen benutzen zu können. Für vorkommende Fälle wird dann der im Dachraum aufgestellte Exhaustor

benutzt, welcher ebenfalls 3 m Durchmesser hat, 160 Umdrehungen per Minute macht und mittels Drahtseiltransmission von der im Souterrain aufgestellten Dampfmaschine getrieben wird.

Unter dem Auditorium befindet sich in centraler Lage das Inspektionszimmer, von welchem aus die verschiedenen Hauptregulierklappen gehandhabt werden. Von hier geht ein Sprachrohr nach dem Kesselhause und dem Dampfverteilungsraume ab; auch die Abzugsklappen für Schnürboden, Bühnenraum, Parkett und Gallerien werden von hier aus gestellt und die Klappen für die Luftzuführung hier reguliert. Abweichungen von der Normaltemperatur werden durch Spiralfederthermometer, welche in den betreffenden Räumen aufgestellt sind, selbstthätig nach dem Inspektionszimmer hin angezeigt, indem ein Stift zur Schließung des galvanischen Stromes bewegt wird. Die elektrischen Apparate werden von einer Batterie von 300 Elementen bedient, dieselbe wird aber auch zur elektrischen Beleuchtung der Bühne benutzt.

Das ganze erwähnte Ventilationssystem wurde nach Angaben des Prof. Dr. Karl Böhm, Direktor des k. k. Rudolph-Hospitals in Wien, durch die Maschinenfabrik von H. D. Schmidt in Wien ausgeführt.

2) Als ferneres Beispiel einer zweckmäßigen Lüftungsanlage bietet das Königliche Hoftheater in Dresden.[1]) Die ersten Dispositionen zu derselben rühren von Prof. Dr. Weiß her; die weitere Bearbeitung und Ausführung des Ventilationsprojektes wurde dem jetzt verstorbenen Ingenieur **Emil Kelling** zu Dresden übertragen.

Die Heizung erfolgt durch sieben Luftheizsysteme mit zusammen 13 Apparaten und werden damit erwärmt: die hintere Bühne, die Chorgarderoben, die Vestibüle, Foyers, Logenumgänge und das Auditorium, während die Bühne mit ihren Nebenräumen, der Ball- und Chorprobesaal und die königlichen Logen, durch Dampfheizung resp. Dampfluftheizung erwärmt werden.

Was die Ventilationsanlagen des Bühnenhauses anlangt, so sind diese direkt mit der Heizung verbunden, während die Heizeinrichtung im Logengebäude nur zur eventuellen Erwärmung der Ventilationsluft dient.

Die den Höfen der Zwingerseite entnommene Luft gelangt durch einen ringförmigen Saugkanal in die Filter, setzt dort den von außen kommenden Staub ab und muß auf dem Wege zu den Dampfvorwärmern die üblichen Wasserzerstäubungsapparate passieren, um sich abzukühlen. Eine Dampfmaschine von acht Pferdekraft treibt die Ventilatoren von 1,75 m Diameter, welche — bei 320 Umdrehungen pro Minute — 108000 cbm Luft per Stunde eintreiben, so daß bei vollem Hause circa 50 cbm pro Kopf und Stunde eingeführt werden können. Diese bedeutende Luftmenge war erforderlich, um die durch 3000 Gasflammen entwickelte beträchtliche Wärmemenge abzuführen. Laut Programm sollte bei Lufttemperaturen unter 15° C. die durch Ventilatoren eingeführte Luft auf 17° erwärmt werden, was durch Dampfvorwärmer geschieht, indem der abgehende Dampf der Maschine dazu benutzt wird. Reicht dies nicht aus, so wird die Frischluft durch Kaloriféren erwärmt. Aus den Ventilatoren gelangt die Luft nun in den dem „Saugkanal" konzentrischen „Druckkanal" und von hier aus gelangt sie in die Heizkammern, die Heizkanäle der Logengänge, die Mischkammern, nach den „Höllen" (der Unterbühne) und den Heizkammern der Foyers und Vestibüle.

Aus der Mischkammer unter dem Parkett tritt die Luft mit geregelter Temperatur und geringer Geschwindigkeit ins Parkett; in die Logengänge steigt sie durch Kanäle im Mauerwerk empor und durch Öffnungen mit Jalousieverschluß gelangt sie in die Logen. Die Jalousien kann der Logenschließer nach Bedarf, resp. der Zuschauer in der Loge selbst einstellen. Die Regulierung des vorgeschriebenen Luftquantums geschieht durch Stellklappen, diejenige der Temperaturen durch elektrische Thermometer. Steigt die Temperatur irgendwo über die normale Grenze oder sinkt sie darunter, so fällt ein Plättchen auf dem Tableau im Telegraphenzimmer und es kann sogleich Abhilfe erfolgen.

Zum Abzug der verdorbenen Luft von der Decke her ist über der Kronleuchterrosette ein Kanal abgeführt, welcher mit dem Ventilationsturm auf dem Dache des Logenhauses kommuniziert. Im Verbindungskanal befindet sich ein Saugventilator von 2,75 m Durchmesser, der durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, welche, an dem eisernen Dachbinder im Bodenraum angebracht, genau ausbalanziert ist und den Dampf von dem unteren Kesselhause zugeführt erhält. Diese Maschine tritt erst in Thätigkeit, wenn die Temperatur im Abzugsschlot höher als 31° C. steigt. Über dem Saugventilator befinden sich Abstellklappen und in dem darüber befindlichen Abzugsturm stellbare Jalousien. Zur Bedienung der oberen Maschine ist ein Maschinist auf dem Kronleuchterboden postiert, dem vom Oberheizer die Befehle mittels Sprachrohr erteilt werden.

Auch über der Bühne befindet sich ein Abzugsturm mit Jalousieverschluß. Die Schieber für die Abzugsöffnungen der Bühne werden nach Bedarf vom Kronleuchterboden aus mittels einer Winde geöffnet.

Trotz der 3000 Gasflammen im Auditorium ist es möglich, die Temperatur des Hauses überall auf 19° zu halten. Beobachtungen bei den Vorstellungen haben sogar ergeben, daß bei normaler Heizung und Klappenstellung

1) Nach Mitteilungen im Jahrgang I des „Rohrleger" S. 87.

im vierten und fünften Rang die Temperatur 2 bis 3° niedriger war als im Parkett, und daß in keinem Teile des Gebäudes Zugluft verspürt werden konnte.

3) Das neue Stadttheater in Rostock. Dasselbe ist nach den Plänen des bekannten Theatererbauers, Architekten **Heinrich Seeling** in **Berlin**, mit denen er im Jahre 1893 aus einem engeren Wettbewerbe siegreich hervorgegangen war, errichtet und im Jahre 1895 dem Betriebe übergeben worden. Das Theater ist für die Aufführung von Schauspielen und Opern eingerichtet und die Anordnung der Räume in sämtlichen Geschossen aus den Grundrissen auf Tafel 52 bis 54 und dem Durchschnitt (Tafel 55) ohne weiteres ersichtlich.

Die Hauptabmessungen des Gebäudes betragen in der Mittelachse 63,0 m (Länge), in der Querachse des Bühnenhauses 33,50 m und in der Querachse des Zuschauerhauses 27,50 m. Der Zuschauerraum ist 10,50 m lang, 15,50 m breit und 13,0 m hoch. Die Bühne ist im Lichten 10,0 m breit, mit Hinterbühne 17,60 m tief und vom Podium bis zur Unterkante des Schnürbodengewölbes 17,0 m hoch.

Der Zuschauerraum faßt etwa 1000 Personen; davon kommen auf das Parkett 420, den ersten Rang 154, den zweiten Rang 160, den dritten Rang 215, zusammen 949 Sitzplätze und etwa 70 Stehplätze.

Die Zwischendecken der einzelnen Ränge und die Decke des Zuschauerraumes sind auf eisernen Tragkonstruktionen feuersicher nach Rabitz-System hergestellt, dagegen der Bühnenraum über dem Schnürboden, das an die Bühne anschließende Coulissenmagazin, die Korridore des Bühnenhauses und das ganze Kellergeschoß — auch unter dem Parkett — mit Gewölbekonstruktionen überdeckt worden ist.

Die Erwärmung des Gebäudes wird teils mit Feuerluftheizung, teils mit Niederdruckdampfheizung bewirkt.[1]) Die Bühne mit den Magazinen, der Zuschauerraum nebst Foyer und die Logenkorridore sind mit Feuerluftheizung versehen, und zwar bedient man sich für den Bühnenraum und die Magazine der Cirkulationsheizung, während Zuschauerraum, Erfrischungssaal und Logenumgänge mit vorgewärmter Frischluft versorgt werden, welche durch einen elektrisch betriebenen Ventilator (vergl. VI, Tafel 52, Grundriß des Kellergeschosses) in die Luftheizkammern und in die Mischkammer gepreßt wird.

Die Treppenhäuser, der Musikprobesaal im dritten Geschoß, die Nebenräume der Bühne einschließlich der Ankleidezimmer und die Aborte werden durch Niederdruckdampfheizung erwärmt.

Im Grundriß des Kellergeschosses sind ersichtlich:

a) die Luftheizkammern I und II unterhalb des Zuschauerraumes;
b) die Luftheizkammer III an der westlichen Seite der Bühne unterhalb des Möbelmagazins;
c) die beiden Niederdruckdampfkessel ebendaselbst.

Vor Einlaß des Publikums ist nur die Heizanlage in Thätigkeit, d. h. die Niederdruckdampfkessel und die Luftheizkammer im Bühnenhause sind in Betrieb. Nach Eröffnung des Theaters tritt auch die Lüftungsanlage in Kraft, d. h. es muß durch die Luftheizöfen I und II frische und vorgewärmte Luft an den Zuschauerraum, das Foyer und die Gänge abgegeben werden. Auch die Korridore, welche in den Zwischenpausen als Wandelgänge dienen, haben Kanäle für frische und verdorbene Luft, die Einzelzimmer und Aborte nur Abluftkanäle erhalten.

Die frische Luft wird aus dem Freien entnommen und tritt bei VI im Grundrisse des Kellergeschosses in das Gebäude ein, woselbst sich eine jalousieähnliche Stell- und Abschlußvorrichtung befindet. Der Ventilator preßt die Luft in den Hauptzuführungskanal, aus dem sie in die Heizkammern tritt, in denen sie im Winter erwärmt wird und durch besondere Kanäle nach der Mischkammer gelangt. Aus dieser tritt sie dann, wie aus dem Durchschnitt Tafel 55 ersichtlich gemacht ist, in den freien Raum unter den Parkettplätzen, sowie den Sitzen des I., II. und III. Ranges. Hier sind in den Futterstufen der Sitzreihen vergitterte Öffnungen angebracht, durch welche die Luft in den Zuschauerraum einströmt.

Der Abzug der verbrauchten Luft erfolgt durch Kanäle in den Zwischendecken des I., II. und III. Ranges. Dieselben werden nach dem großen Sammelkanal geleitet, welcher in der Kuppel über dem Musikprobesaal hochgeführt ist und daselbst durch die mit Jalousien versehene Laterne ins Freie strömt.

Die Regulierung der Temperatur der zuströmenden und der abzuführenden Luft erfolgt vom Kellergeschoß aus und sind hierzu elektrische Fernthermometer vorhanden, welche dem im Kellergeschoß befindlichen Heizer den jeweiligen Stand der Temperatur in den verschiedenen Rängen anzeigen.

Das während der Vorstellung einzuführende Quantum frischer und vorgewärmter Luft beträgt pro Kopf und Stunde 25 cbm, und da das Theater bei voller Besetzung 1000 Personen faßt, so ist von der ausführenden Firma die Anordnung derart getroffen, daß stündlich 25000 cbm in den Zuschauerraum einströmen. Daß die Zuströmungsöffnungen nicht allein auf das Parkett, sondern auch auf die oberen Ränge verteilt sind, wurde bereits erwähnt; in den

1) Wenn der Konstrukteur der Heizungsanlage von der üblichen Regel, daß möglichst nur eine Feuerstelle im Souterrain des Theatergebäudes anzulegen sei, abgesehen hat, so geschah dies lediglich in Rücksicht auf den knapp bemessenen Baufond. D. Verf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Grundrissen auf Tafel 52 bis 54 sind die Ausströmungsöffnungen durch einen rötlichen Farbenton kenntlich gemacht.

Zur Vorwärmung der in das Logenhaus nebst Foyer eintretenden Frischluft dienen zwei Luftheizöfen Kelling'scher Konstruktion mit je 42 qm Heizfläche, wie solche detailliert auf Tafel 25 dargestellt sind. Zur Erwärmung des Bühnenhauses dient ein Luftheizapparat von 40 qm Heizfläche.

Die zum Betriebe der Niederdruckdampfheizung benutzten beiden Heizkessel haben 16,0 resp. 12,0 qm Heizfläche, der kleinere wird als Reservekessel benutzt.

Die Ausführung der gesamten Heizungs- und Lüftungsanlage, deren regelrechtes Funktionieren sehr gerühmt wird, war der bewährten Firma Emil Kelling übertragen; Entwurf, Berechnung und praktische Durchführung lag in den Händen des leitenden Ingenieurs und Mitinhabers der Firma, **C. Purschian.**

Die Abendbeleuchtung des Zuschauerraumes und des Bühnenhauses ist elektrisch und wird durch eine besondere Maschinenanlage mit Accumulatoren bewirkt. Zwei Deutzer Gasmotoren von 40 und 16 Pferdekräften versorgen mit Unterstützung der Accumulatorenbatterie von 60 Elementen 1400 Flammen. Die Vorsatz-, Rampen-, Coulissen- und Soffittenbeleuchtung der Bühne (zusammen 700 Lampen) ist nach dem sogenannten Dreilampensystem eingerichtet.

§ 85.

VI. Lüftung der öffentlichen Lokale.

Die baulichen Verhältnisse in derartigen Lokalen sind in der Regel so verschieden, daß sich bestimmte allgemeine Prinzipien für die Lüftung derselben nicht leicht aufstellen lassen; aber sie haben doch das mit den Theatern gemein, daß der stärkste Besuch des Abends und bei glänzender Beleuchtung stattfindet. Hierzu kommt als ganz besondere Beigabe, daß die Atmosphäre solcher Lokale mit Tabaksrauch und Speisegerüchen mancher Art geschwängert ist, daß also, um sie immer rein zu erhalten, ein sehr reichlich bemessenes Luftquantum eingeführt werden muß. Dazu sind weite Luftschlote und eine wirksame Sauglüftung nötig. In allen Fällen aber empfiehlt sich — wie bei den vorbesprochenen Beispielen — Abzug der verbrauchten Luft „von oben", was mit Hilfe der durch Gasflammen erzeugten Wärme leicht erreicht werden kann.

1) Als Beispiel geben wir auf Tafel 56 die Anlage der Sauglüftung des durch Eleganz der inneren Einrichtung bekannt gewordenen **Café Bauer,** Unter den Linden 26 zu Berlin, erbaut von den Architekten Ende und Boeckmann.

Die Lüftungseinrichtung des Lokales wurde von dem inzwischen verstorbenen Civilingenieur Stumpf zu Berlin entworfen und ausgeführt, auch in Nr. 10 des Jahrganges 1878 des „Rohrleger" veröffentlicht.

Die zu lüftende Lokalität besteht aus einem im Parterre gelegenen Saal (Tafel 56, Fig. 1 u. 2), dessen nach der Straße „Unter den Linden" gerichtete Front 10 m Breite hat, während die Länge desselben 30 m beträgt. Um die hintere Saalpartie genügend durch Tageslicht beleuchten zu können, ist unmittelbar über der Saaldecke im I. Stock ein Oberlicht angeordnet. Der obere Saal hat die Dimensionen des unteren (im Parterre belegenen); um die Oberlichtöffnung des letzteren ist eine Glaswand gezogen, welche die Kommunikation der Luft des unteren mit derjenigen des oberen Saales verhindert.

Der untere Saal hat bei 4 m Höhe 1486 cbm Rauminhalt,
„ obere „ „ „ 3 „ „ 1006 „ „

Das Programm verlangte zweimaligen Luftwechsel in der Stunde, und die Luft sollte mit 1 m Geschwindigkeit in der Sekunde einströmen, was eine stündliche Luftzufuhr von circa 5000 cbm darstellt.

Die frische Luft wird von den Linden her durch Luftgitter, welche sich längs der ganzen Hausfront hinziehen, entnommen und von einem Kanal A unter der Decke des Kellers aufgenommen. Im Winter geht die so eingeführte Frischluft in die Heizkammer B, in welcher drei Luftheizapparate C C' C" von je 30 qm Heizfläche angelegt sind. Der dritte Apparat wird als Reserveapparat benutzt, wenn der eine oder der andere schadhaft werden sollte. Die Luft zieht sodann aus der Heizkammer durch die horizontalen Kanäle D nach dem Parterresaal und mündet dort unter fest angebrachten Sitzen mittels der Ausströmungsöffnungen E. In die obere Etage wird die Luft durch senkrechte Kanäle F geleitet und tritt daselbst durch die dicht über dem Fußboden ausmündenden Öffnungen G in den Raum ein.

Die Abführung der verbrauchten, durch die Verbrennungsprodukte einer großen Menge von Gasflammen verunreinigten Luft, geschieht dicht unter der Decke, und zwar: für den Saal im Parterre unter dem Oberlicht bei H, und für den Saal der ersten Etage in gleicher Höhe wie dort, jedoch durch die Glaswand getrennt, bei J. Die Abführungsöffnungen münden sämtlich in eine rings um das Oberlicht angelegte Lockkammer K, aus welcher die Luft durch Saugschächte abgeführt wird.

Zu dem Ende münden die Verbrennungsprodukte der Luftheizöfen durch je eine eiserne Düse M, welche etwas höher als der Lockkamin liegt, in die beiden Saugschächte: die Schächte selbst stehen durch Öffnungen mit der Lockkammer K in Verbindung. Die Verbrennungsprodukte steigen in den Schornsteinen empor, entweichen mit großer Geschwindigkeit durch die Düsen und reißen die Luft der

Lockkammer nach sich. In den Sommermonaten, wenn das Lokal nicht geheizt wird, muß ein besonderes Lockfeuer bei P (vergl. Fig. 1 u. 2, Tafel 56) entzündet werden; der Rauch dieses Feuers strömt durch die Kanäle Q am Fußboden der Heizkammer direkt in die Schornsteine O O, und die Düsen wirken, wie vorher, d. h. absaugend.

Zur Verstärkung des Luftaustausches sind auf der Lockkammer sechs kurze Schächte aufgesetzt, welche gestatten, daß die unter der Decke befindliche warme Luft direkt entweichen kann. Gleichzeitig soll auf diesem Wege auch frische, kalte Luft von oben her eintreten, sich mit der warmen Luftschicht mischen und dadurch die Temperatur des oberen Raumes herabstimmen, ohne daß im unteren Saale Zug empfunden wird.

Anm. Über die Beschaffenheit der Luft in verschiedenen stark besuchten Lokalen Berlins hat Professor **H. Wolpert** Untersuchungen angestellt, und dabei nach der Methode von Pettenkofer den Kohlensäuregehalt als Maßstab der Verunreinigung zu Grunde gelegt. Es betrug der Kohlensäuregehalt im:

Café Bauer, Unter den Linden	3,27	pro Mille,
„ Kaiserkrone, Friedrichstraße	3,18	„ „
„ National, Friedrichstraße	2,61	„ „
Restaurant Siechen	3,38	„ „

Von den genannten drei Cafés ergiebt sich für das Café Bauer das verhältnismäßig unerfreulichste Resultat, nämlich ein Kohlensäuregehalt, welcher denjenigen guter Luft im Freien um das Zehnfache übertrifft; hierin wurde dasselbe nur von dem Restaurant Siechen, welches gleichwohl mit Lüftungsanlagen versehen ist, übertroffen.

2) Gesellschaftssäle. Auch diese gehören zu den Lokalen, in welchen die Luft nicht allein durch den Beleuchtungsprozeß erwärmt, sondern auch durch Beimischung der Verbrennungsprodukte verdorben wird. Es empfiehlt sich daher „Abzug von oben".

Wenn aus lokalen Gründen der Abzug an der Decke nicht möglich ist, so müssen Öffnungen von genügendem Querschnitt in den Umfassungswänden dicht unter der Decke angebracht und mit Lüftungsschloten in Verbindung gesetzt werden. Als älteres Beispiel für diese Methode der Lüftung möge der Saal der Marschälle in den Tuilerien zu Paris dienen.[1])

Der Saal ist 19,1 m lang, 16,3 m breit und 14,5 m hoch und hat hiernach 4500 cbm Inhalt. Er faßt etwa 600 Personen und wurde früher bei festlichen Gelegenheiten durch 548 Kerzen und 166 Lampen (= 498 Kerzen) erleuchtet, welche zusammen (548 + 498) . 120 = rot. 125 000 Wärmeeinheiten entwickeln. Ein Teil der verdorbenen Luft (25 Proz.) zieht unterhalb fester Sitze am Fußboden ab, der Rest entweicht durch die Decke.

Sämtliche vergitterte Abzugsöffnungen haben einen Querschnitt von 10,75 qm, wovon etwa nur $^1/_2$ bis $^2/_3$ als freie Abströmungsöffnung zu rechnen ist. Die Abzugsgeschwindigkeit in denselben beträgt wenigstens 1 m per Sekunde, es werden daher stündlich abgeführt:

$$\frac{2}{3} \cdot 10{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot 3600 = 25\,800 \text{ cbm},$$

d. h. der Inhalt des Saales wird stündlich etwa fünfmal erneuert. Auf jede Person entfallen also bei voller Besetzung des Saales

$$\frac{25\,800}{600} = 43 \text{ cbm},$$

was als vollkommen genügend bezeichnet werden kann.

Speisesäle. Auch in diesen Räumen ist darauf zu achten, daß stündlich eine vier- bis fünffache Lufterneuerung stattfinden kann, um die Speisegerüche abzuführen und die durch zahlreiche Besetzung und glänzende Beleuchtung erzeugte hohe Lufttemperatur herabzumindern. — Sind insbesondere glänzende Kronleuchter angebracht, so wird mit Erfolg die Absaugung der Verbrennungsprodukte an der Decke erfolgen können. Dagegen kann ein Teil der Luft am Fußboden abgesogen werden, wozu Wandarme nicht unwesentlich beitragen. Als Beispiel für die Behandlung solcher Aufgaben mag der Speisesaal im Stadthause zu Paris vorgeführt werden.

Dieser Saal ist 14,9 m lang, 7 m breit und 7,5 m hoch, enthält also 782,25 cbm Luftraum. In demselben speisen 54 Personen, zu deren Bedienung nötig sind . . . . . 14 „

zusammen 68 Personen.

Für jede Person sind daher $\frac{782{,}25}{68} = 11{,}5$ cbm Luftraum vorhanden.

Der Saal wurde seiner Zeit erleuchtet durch
15 Wandarme mit . . . . . 340 Kerzenflammen,
und durch tragbare Leuchter mit . . . . . 170 „ „

zusammen 510 Kerzenflammen.

Rechnet man die stündliche Wärmeentwickelung eines Menschen gleich derjenigen einer Kerzenflamme = 120 Wärmeeinheiten, so werden per Stunde entwickelt:

$$(68 + 510) \cdot 120 = 69\,360 \text{ W.-Einh.}$$

Die frische Luft soll mit einer Temperatur von 15° C. durch Öffnungen in den Saalwänden eingeführt und, nachdem sie sich auf 35° erwärmt hat, durch vier Deckenrosetten abgeführt werden; jeder Kubikmeter muß daher aufnehmen:

$$1{,}23 \times 20 \times 0{,}237 = 5{,}82 \text{ W.-Einh.},$$

so daß sich in diesem Falle ein Lüftungsbedarf ergiebt von:

$$\frac{69\,360}{5{,}82} = 11\,917 \text{ cbm stündlich oder}$$

$$3{,}31 \text{ cbm in der Sekunde.}$$

Bei solcher Leistung müßte die Luft des Saales etwa 15 mal in der Stunde erneuert werden. Gesetzt nun, die Abzugsgeschwindigkeit durch die Deckenöffnungen betrüge 1 m in der Sekunde, so würde sich daraus ein Gesamtquerschnitt derselben von $\frac{3{,}31}{1{,}0} = 3{,}31$ qm ergeben, oder jede der vier Rosetten rot. 0,82 qm freien Querschnitt erhalten müssen.

1) Vergl. Morin, Manuel du chauffage et de la ventilation (deutsch von Degen). München.

§ 86.

VII. Lüftung der Krankenhäuser.

Geschichtliche Vorbemerkungen.

Die Lüftung der Hospitäler, als Vorsichtsmaßregel gegen die Gefahr der Infektion durch Krankheitsstoffe, gab schon vor mehr als 100 Jahren die Veranlassung zu beachtenswerten Untersuchungen. Bailly und der Chemiker Lavoisier waren es, welche im Jahre 1786 der französischen Akademie der Wissenschaften Vorschläge zu einer Lüftungsanlage für das Hôtel-Dieu[1]) zu Paris machten, um die mangelhaften Heilerfolge in dieser Anstalt zu verbessern. Aber die unruhige Revolutionsepoche war nicht die geeignete Zeit für Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege, und so blieb der Stand dieser Angelegenheit bis zum Jahre 1840 fast unverändert. Damals bearbeitete nämlich d'Arcet einen Entwurf zur Lüftung und Heizung des Hospitals „Necker" in Paris, der indes nicht zur Ausführung gelangte, denn erst im Jahre 1846 wurde das schon erwähnte „System Duvoir" in einem Flügel des Hospitals Beaujon versuchsweise zur Anwendung gebracht. Sieben Jahre später, beim Neubau des Hospitals Lariboisière, bot sich endlich die Gelegenheit zu Versuchen im größten Maßstabe. Es kam das System der Ingenieure Thomas, Laurens und Grouvelle (nämlich Dampfwasserheizung[2]) und Drucklüftung) für die Männerabteilung, dagegen das System Duvoir-Leblanc (Warmwasserheizung mit Sauglüftung) für die Pavillons der Frauenabteilung zur Anwendung.[3]) Jedes der beiden Systeme sollte programmmäßig eine Mitteltemperatur von 16 bis 18° C. in den Sälen und eine Luftzufuhr von 60 cbm pro Bett und Stunde bewirken.

Nach den eingehenden anemometrischen Messungen von Dr. Grassi wurde diese Luftmenge nur von dem System Thomas und Laurens (Drucklüftung) — und zwar reichlich — geliefert, während das System Duvoir etwa nur 30 cbm pro Bett und Stunde bei gleichem Temperaturstande leistete. Professor Ser, Chefingenieur der französischen Hospitäler, konstatierte: daß im Grunde genommen keines der Systeme die an eine gleichmäßige und lebhafte Luftcirkulation in den Sälen zu stellenden Anforderungen genügend sicherstelle. Er fand, daß es nötig sei, mit dem System Thomas und Laurens eine energische Absaugung der schlechten Luft zu verbinden, um das Zurücktreten derselben aus den Kanälen zu verhindern, wogegen das System Duvoir-Leblanc das verlangte Luftvolumen nur zur Hälfte lieferte. — Bedenkt man, daß die Kosten dieser Einrichtung pro Bett etwa 800 Frcs. erforderten, wozu die Betriebskosten pro Jahr mit 80 000 Frcs. hinzutreten, so ist das Resultat ein ziemlich betrübendes zu nennen, da die Sterblichkeitsziffer hier 25 Proz. höher war, als in den damals noch mit natürlicher Lüftung versehenen Hospitälern Hôtel-Dieu,[1]) Pitié und Charité.

Günstiger stellte sich das Ergebnis im Hospital St. Eugénie zu Lille. — Dasselbe enthält in drei Abteilungen mit je drei Geschossen Raum für 344 Betten; die Kosten der Heizungs- und Ventilationsanlage betrugen 100592 Mk., so daß pro Bett 288 Mk. entfallen. Die städtische Verwaltung verlangte einen stündlichen Luftwechsel von nur 45 cbm pro Bett; der ausführende Ingenieur Guérin hat jedoch Einrichtungen getroffen, daß die Grenze weit überschritten werden kann. Die Heizung geschieht mittels gut konstruierter Luftheizapparate unter Mithilfe eines großen Heizkamins für jeden Saal, welcher die Heizung unterstützt und die Lufterneuerung befördert.

Interessante Hospitalanlagen, welche seiner Zeit als Musteranstalten gelten konnten, sind ferner: das St. Thomas-Hospital und das Guy-Hospital in London. Im Hospital Guy wird die Luft „durch Absaugen" entfernt und die frische eintretende Luft durch „Wasserluftheizung" erwärmt. Der Luftraum in den Krankensälen beträgt 44,8 bis 47,6 cbm pro Bett.

Auch die Entbindungsanstalt in Petersburg ist als Beispiel einer glücklichen und nachahmungswerten Anlage dieser Art anzusehen.[2]) Jeder Saal enthält nur vier Betten, jedes Stockwerk 64 Betten, außerdem ein Arbeits- und ein Dienerzimmer. Der für jedes Bett zugemessene Raum beträgt nur 50 bis 60 cbm (ohne Zweifel mit Rücksicht auf den strengen nordischen Winter). Durch genaue anemometrische Messungen wurde jedoch konstatiert, daß in den Sälen pro Bett und Stunde im Mittel 92 cbm frische Luft zugeführt werden können.

Luftkubus. Vergleicht man die Bemessung des Luftraumes in verschiedenen Hospitälern des In- und Auslandes, so beträgt derselbe im:

	pro Bett
Hospital Lariboisière circa	50,00 cbm
„ St. Thomas in London . . .	47,60 „
„ Guy in London	36 bis 56,00 „
Krankenhause Bethanien zu Berlin teils .	30,00 „
teils	50 bis 60,00 „
In der Charité zu Berlin	40 bis 50,00 „
Im städtischen Krankenhause daselbst . .	60,00 „

1) Oeuvres de Lavoisier, t. III, p. 646.

2) Vergl. § 62 des Werkes.

3) Ein drittes System, Luftheizung mit Ventilatorbetrieb von Dr. van Hecke aus Brüssel wurde in den Hospitälern Beaujon und Necker angewandt.

1) Das Hôtel-Dieu ist jetzt mit Dampfwasserheizung und Sauglüftung versehen, zu welchem Zweck Ventilatoren in Gebrauch sind. Die Einrichtung rührt vom Chefingenieur Professor Ser her. Vergl. Denfer, Chauffage et Ventilation. Paris 1896.

2) Annales du Conservatoire, t. V, p. 502.

Die Lufterneuerung dagegen beträgt:

	pro Bett und Stunde:
Hospital Lariboisière durchschnittlich . . .	74 cbm
„ Necker im Winter	88 bis 98 „
im Sommer	69,7 „
„ Guy am Tage	66 bis 118 „
in der Nacht	20 bis 40 „
Städtisches Krankenhaus im Friedrichshain zu Berlin	77,29 „
Krankenhaus d. Strafanstalt am Plötzensee	80 bis 100 „ [1]

Als interessantes Beispiel auf dem Gebiete deutscher Heiztechnik nennen wir:

Das städtische allgemeine Krankenhaus im **Friedrichshain** bei **Berlin** — dessen kombiniertes System der Wasserluftheizung in § 68, II. (Anm.) und im Zusammenhange mit der Ventilationseinrichtung in § 77 besprochen wurde — ist nach dem Vorbilde amerikanischer Barackenhospitäler in technisch vollendeter Ausführung zur Anwendung gebracht. Diese im Jahrgange 1875 der Zeitschrift für Bauwesen publizierte Anlage ist nach dem Pavillonsystem erbaut und besteht aus vier einstöckigen Pavillons für die chirurgische Abteilung, sechs zweistöckigen Pavillons für innerliche Kranke und zwei Isoliergebäuden für ansteckende Krankheiten. Tafel 49 giebt in Grundrissen und Durchschnitten die Errichtung eines zweistöckigen Pavillons.

Die durch Ventilatoren zugeführte frische Luft soll bei dieser Anlage nur in geringem Grade zur Heizung beitragen, es findet daher ein Ersatz des stündlichen Wärmeverlustes nur durch die in der Mitte der Säle aufgestellten Heizkörper, welche Registerform haben und tischähnlich gestaltet sind, statt. An diesen Registern erwärmt sich die aus der Heizkammer eintretende Luft, indem sie durch eine große Öffnung des Fußbodens in das Registergehäuse eintritt, darin zur Decke emporsteigt und — sich allmählich abkühlend — zu Boden sinkt. Der Luftabzug erfolgt im unteren Geschoß der zweistöckigen und in den einstöckigen Pavillons durch eine große Anzahl vergitterter Öffnungen in den Fensterpfeilern dicht am Fußboden. Die Luft tritt hier in der Richtung der Pfeile (vergl. den Grundriß des Kellergeschosses) in die, unter dem Fußboden angebrachten, horizontalen Abluftkanäle, und diese münden in den gemeinsamen Ventilationsschlot, der durch das Rauchrohr der Feuerungsanlage erwärmt wird.

Es ist aber eine offene, von den Hygienikern verschieden beantwortete Frage, ob das System der Sauglüftung allein im stande sei, die Rückströmungen, welche bei gewissen Windrichtungen im Lüftungsschlot eintreten, unschädlich zu machen. Einzelne Autoritäten wollen sogar aus der „nach abwärts gerichteten" Bewegung der Ventilationsluft die Möglichkeit einer Übertragung von Krankheitsstoff herleiten, welche nicht stattfinden könnte bei einem Abzug der Luft von oben), wie sie z. B. in den Barackenhospitälern stattfindet. Im letzteren Falle wird der Kranke sofort seiner eigenen Ausdünstung ledig und vor derjenigen seines Nachbars geschützt, und das ist die Hauptaufgabe der Hygiene.

Der Übelstand der Rückströmungen läßt sich übrigens bei richtiger Anlage der Kanäle ganz vermeiden durch Anwendung der Drucklüftung, wobei der Luftbewegung nur eine Richtung gegeben wird und es in der Hand des Betriebsingenieurs liegt, eine ganz bestimmte Menge frischer und vorgewärmter Luft in die Krankensäle einzuführen.

Dieses Prinzip ist zur Anwendung gekommen:

Im Krankenhause der **Strafanstalt am Plötzensee bei Berlin.** Zur Erwärmung der frischen Luft werden Heißwasserschlangen verwendet, wobei eine stündliche Lufterneuerung von 80 bis 100 cbm zu Grunde gelegt ist. Die Luft tritt mit einer Temperatur von 30° und einer Geschwindigkeit von 1 m in die Räume ein, wobei die Zimmerluft auf 20° C. erwärmt wird. Bei ununterbrochenem Betriebe der Druckventilatoren ist der Heizeffekt ein ganz ausreichender und die Luftbeschaffenheit eine vorzügliche. Aber es ist gleichzeitig zu konstatieren, daß die Drucklüftung in den Anlage- und Betriebskosten sich um circa 30 Proz. teurer stellt als die Sauglüftung.

Im Garnisonlazarett zu Altona, ausgeführt in den Jahren 1868 bis 1872, werden die Krankenzimmer durch mechanische Kraft — nach dem französischen System van Hecke — gelüftet, wobei pro Bett und Stunde 60 cbm frische Luft zugeführt werden müssen. Beide Anlagen wurden dem Ingenieur Johannes Haag in Augsburg übertragen und durch dessen Vertreter R. Uhl in Berlin ausgeführt. — Abweichend von den bisher besprochenen Anlagen findet in manchen Fällen auch Lokalheizung, unterstützt durch Kamine, Anwendung.

Im zweiten Garnisonlazarett für **Berlin** zu **Tempelhof,** ausgeführt von den Architekten Gropius & Schmieden,[1] sind als Heizkörper Ventilationsschüttöfen mit doppeltem Mantel zur Anwendung gekommen; die äußere Mantelfläche derselben reicht bis zum Fußboden. Diese Öfen sind in jedem Saal paarweise aufgestellt (Fig. 294). Zur Absaugung der verbrauchten Luft dient ein zwischen den Öfen aufgestellter Absaugeschacht, dessen Sockel durchbrochen ist. Im Schacht befindet sich eine Drosselklappe zur Regulierung des Luftabzuges, und die Absaugung wird dadurch besonders wirksam, daß das gemeinschaftliche Rauchrohr der Öfen sich im Schacht befindet. — Die Luftzuführung geschieht durch vergitterte Öffnungen in den Fronten, welche mit Kanälen im Fußboden kommunizieren und mittels Drosselklappen abschließbar sind. Hierbei kann stets die dem Wind abgewendete Seite zur Luftzufuhr benutzt werden. Absaugeschächte und Rauchrohre sind mit „Luftsaugern" versehen.

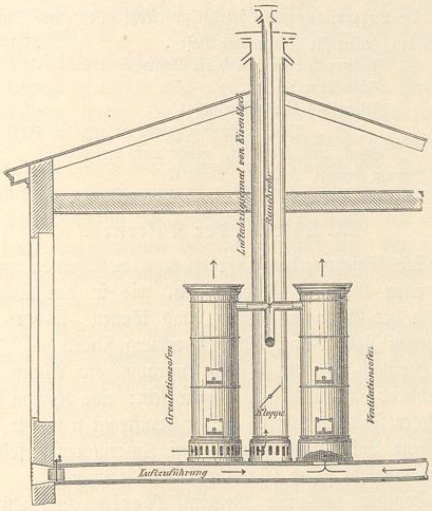
1) Der Luftkubus in den Sälen beträgt hier 38 bis 39 cbm pro Bett und die lichte Etagenhöhe 4,7 bis 5,0 m, während derselbe im Hospital Guy zu London nur 4,27 m beträgt. Vergl. im übrigen die Beschreibung im nächsten Paragraphen.

1) Mitgeteilt in Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1879.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Den Zwecken der Heizung und Lüftung dient ferner ein Kamin an der Schmalseite jeden Krankensaales, dessen wohlthätiger Einfluß sich (namentlich im Frühjahr und Herbst) bei wechselnder Witterung sehr fühlbar macht.

Fig. 294.



Während der Sommermonate tritt im Obergeschoß auch die Firstventilation in Kraft. Übrigens sind die Fenster oberhalb mit „Kippflügeln“ und die Thüren mit verschließbaren Durchbrechungen versehen, so daß in der guten Jahreszeit ein natürlicher Luftaustausch beständig unterhalten werden kann.

§ 87.

VIII. Lüftung der Gefängnisse.

Da die allgemeinen Anordnungen in den Gefängnissen manche Ähnlichkeit mit denjenigen der Krankenhäuser haben, so muß als eine der ersten Vorbedingungen für den guten Gesundheitszustand der Insassen auch hier ein besonderes Gewicht auf die Bemessung des Luftraumes gelegt werden. Wenn demnach in erster Linie ein ausreichender Luftwechsel angestrebt werden muß, so tritt hier noch die weitere Bedingung hinzu: daß die Anlage der Luftleitungen so getroffen sei, um den Verkehr der Gefangenen durch Fortpflanzung des Schalles in den Lüftungskanälen unmöglich zu machen. Dies der Grund, welcher gegen die Anlage von Luftheizungen sprechen würde.

Im Zellengefängnis zu Petonville war es, wo (im Jahre 1844) das System der „Warmwasserheizung“ mit „Sauglüftung“ zuerst zur Anwendung kam. Die Heizrohrleitung befindet sich dort im Fußboden des Korridors, und es ist ein Warmluftkanal für jede Zelle angelegt, der nahe der Decke, also unerreichbar für die Gefangenen, ausmündet. Die Abzugsöffnungen der verbrauchten Luft liegen dagegen am Fußboden, und sie steigen von hier aufwärts nach einem Sammelkanal auf dem Boden, welcher durch die von den Feuerungen entwickelte Wärme entlüftet wird.

Die frühesten Zellengefängnisse in Deutschland wurden mit Luftheizung versehen. Eine derartige Anordnung aus dem Centralgefängnis zu Bruchsal war noch in der I. Auflage des IV. Bandes dargestellt. Welche Schwierigkeiten hier die gesonderte Ab- und Zuführung der Luft für jede Zelle verursachte, ergiebt sich aus der Betrachtung der Tafeln 19 und 20 dieser vom Begründer des Werkes bearbeiteten I. Auflage. Derartige Schwierigkeiten können nur behoben werden, wenn man die Luftheizung mit der „Drucklüftung“ verbindet, denn dann kann die warme Luft, nachdem sie die Heizkammer verlassen hat, auch in horizontalen Verteilungskanälen fortgeführt werden, weil sie — infolge des ihr mitgeteilten Druckes — die Reibung in den Kanälen überwindet. Eine derartige Anlage enthält:

Das Strafgefängnis am Plötzensee bei Berlin, und zwar in demjenigen Bau, der gewöhnlich als das II. Gefängnis bezeichnet wird und in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1877, ausführlich mitgeteilt ist. Wir müssen uns gleichwohl versagen, diese Anlage hier durch Zeichnungen zu illustrieren, und verweisen auf die obengenannte Veröffentlichung.

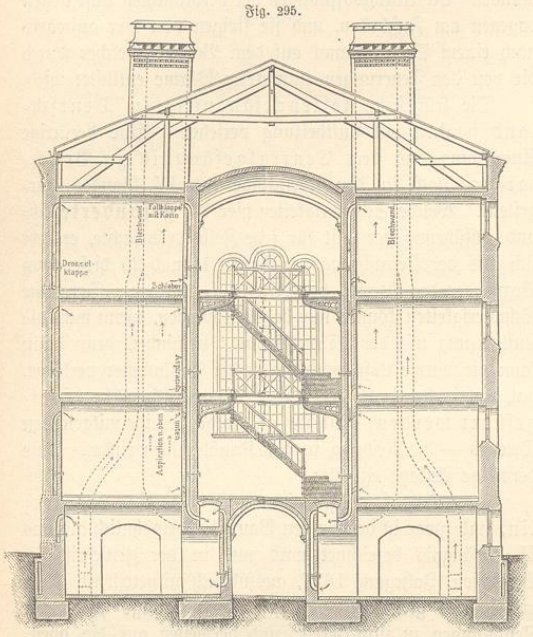
Die frische Luft wird durch drei Ventilatoren in die entsprechenden Verteilungskanäle und aus diesen in die Heizkammern getrieben, um zehn getrennte Systeme mit Heizung und Lüftung zu versorgen. Der Betrieb erfolgt mittels einer Dampfmaschine von 5 Pferdekraft. Die Luft erwärmt sich in den Heizkammern auf 40° C. und verbreitet sich unter dem Druck der Ventilatoren in größeren, horizontalen Verteilungskanälen, welche im Erdgeschoß unter dem Fußboden der Korridore liegen.

Aus diesen horizontalen Reservoiren steigt dann die frische und vorgewärmte Luft mittels senkrechter Kanäle in den Korridorwänden empor und in die zu heizenden resp. zu lüftenden Räume. Letztere sind: Isolierzellen, Tageräume für gemeinsame Haft und Schlafsäle. — Die Luftzuführungskanäle enden in jedem Raume 0,60 m unterhalb der Decke; in Brüstungshöhe befinden sich vergitterte Öffnungen mit Regulierklappen. Die Abführungskanäle liegen in den Fronten, den Zuführungen gegenüber, beginnen am Fußboden und haben abstellbare Öffnungen am Fußboden und an der Decke. Von hier aus steigen sie senkrecht aufwärts bis zum Dachgeschoß und münden in die vorerwähnten, hölzernen Sammelkanäle. Mit diesen kommunizieren gemauerte Schlote, welche über Dach führen und durch Rauchrohre erwärmt werden, also „saugend“ wirken.

Das I. und III. Gefängnis hat dagegen Heißwasserheizung mit Sauglüftung erhalten. Die Heizröhren in den Etagen liegen unverkleidet an den Frontwänden, und die frische Luft wird durch Z-förmige Kanäle in den Fronten zugeführt. Diese beginnen

außerhalb in Höhe des Fußbodens der Räume, sind in den Frontmauern senkrecht aufwärts geführt und münden innen unterhalb der gewölbten Decke aus. Die Einströmung kann durch Drosselklappen, welche in handlicher Höhe angebracht sind, reguliert werden (Fig. 295).

Fig. 295.



Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgt durch Kanäle in den Korridormauern, welche oben und unten mit Einmündungen versehen sind; diese fallen senkrecht abwärts bis unter den Fußboden des Korridors im Erdgeschoß, vereinigen sich im Souterrain zu Sammelkanälen und führen zu senkrechten Luftschloten, welche neben den heißen Rauchrohren liegen. Im Sommer werden die Abzugsschächte durch Wasserrohre erwärmt.

Die Lüftung der Aborte ist von derjenigen der Zellen getrennt; je drei übereinander liegende Klosetts haben einen gemeinsamen Luftabzugskanal erhalten.

Die Heizungs- und Lüftungsanlagen sind von Johannes Haag in Augsburg resp. dessen Vertreter Robert Uhl in Berlin ausgeführt.

Luftraum. Da Gefängnisbauten in Rücksicht auf die zur Anwendung kommenden Haftsysteme (Einzelhaft, Gemeinschaftshaft, gemischtes System) eine verschiedene Konstruktion erhalten müssen, so geben wir zum Schluß einen Vergleich des Luftraumes, welcher nach den verschiedenen Haftsystemen dem Gefangenen zu teil wird.[1])

Es ergeben sich im I. und II. Gefängnis für gemeinsame Haft in Zellen für 5 bis 10 Mann: Luftraum

durchschnittlich pro Kopf 3,88 qm Zellenfläche . . 11,82 cbm;

dem gegenüber in den Zellen für Isolierhaft:

durchschnittlich pro Kopf 9,01 qm Grundfläche . . 28,97 „

1) Vergl. Erläuterungen zu dem Modell des Strafgefängnisses zu Plötzensee u. s. w., ausgestellt in Brüssel 1876. Berlin. Geheime Ober-Hofbuchdruckerei.

Dies ist ein Durchschnittssatz, der sich vollkommen bewährt hat und in den ersten Gefängnissen fremder Länder nicht erreicht wird.[1])

Die Schlafsäle bieten pro Bett folgenden Raum dar:

	Fläche	Luftraum
Im I. und II. Gefängnis	4,52 qm,	19,75 cbm,
„ Hause für jugendliche Gefangene . .	5,77 „	18,18 „
durchschnittlich pro Bett	5,15 qm,	18,97 cbm.

Die Lufterneuerung beträgt pro Kopf (Bett) und Stunde:

1) In den Zellen für gemeinsame Haft	37,1 cbm,	
2) „ „ Isolierzellen im I. und II. Gefängnisgebäude	42,4 „	
3) „ „ Schlafsälen daselbst	48,0 „	
4) „ „ Zellen des III. Gefängnisses	41,0 „	
5) „ „ „ „ Hauses für jugendliche Gefangene	60,0 „	
6) „ „ Schul- und Betsälen, welche nur periodisch benutzt werden	25,0 „	

IX. Lüftung der Kasernen.

Die Festsetzung des Luftraumes in Kasernen unterliegt etwa ähnlichen Verhältnissen, wie in den Schlafräumen der Gefangenanstalten, und können die dort gewonnenen Zahlen auch hier Anwendung finden.

Hiernach würden 19 cbm Luftraum pro Mann als ausreichend in Ansatz zu bringen sein: eine Kommission englischer Fachautoritäten, welche beauftragt war, die angemessene Luftraumbestimmung bei Kasernements festzustellen, empfahl sogar 16,8 cbm als ausreichend.

Dagegen verlangte General Morin eine Lufterneuerung von 30 bis 40 cbm pro Stunde bei Tage und 50 bis 60 cbm während der Nacht, d. h. bei Tage einen zweimaligen, bei Nacht einen dreimaligen Luftwechsel.

Diese Anforderungen stehen in striktem Gegensatz zu dem bisher in Deutschland eingehaltenen Standpunkte, wo das Bedürfnis einer geregelten Heizung der Kasernen kaum gewürdigt wird, denn das Brennmaterial wird in der Regel an jede Korporalschaft verteilt und dieser überlassen, beliebig zu heizen resp. durch Öffnen von Fenstern und Thüren die Überproduktion von Wärme auszugleichen. — Hier ist nun eine Abhilfe sehr leicht und man sucht daher durch Flügelventilatoren in den Fensterscheiben oder durch Kippflügel eine Luftströmung in den oberen Schichten der Mannschaftsstuben zu erzeugen. Mit diesen korrespondieren Abzugsöffnungen in den Wänden zunächst dem Fußboden, so daß die Ausatmungsprodukte sofort abgesaugt werden und nicht Zeit finden, sich mit der Zimmerluft zu vermischen. Wird für je zwei bis drei Betten ein gemeinsamer Abzugskanal angelegt, so dürfte der durch Saughüte unterstützte Luftaustausch vollkommen den Anforderungen der Gesundheitstechnik genügen. Bei hoher Winterkälte, wo das Öffnen der Fensterflügel nicht angebracht ist, wird die starke Durchlässigkeit der Wände in

1) In dem berühmten Gefängnis „Mazas“ zu Paris beträgt, nach Péclet, der Luftraum 26 cbm.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verbindung mit Luftregistern in den Thüren Ersatz für den geringeren Luftaustausch bieten.

Die Vorschläge von Degen[1]) durch Anwendung von Dampfkraft — wie in den Hospitälern — das Kochen, Waschen, Beschaffen von Bädern, Zerkleinern von Holz u. s. w. zu bewirken, sind teilweise zur Anwendung gelangt, doch hat die Verwaltung, welche über hinreichende Menschenkräfte verfügt, von den sonstigen Vorteilen der Centralheizung bisher abgesehen. So treffend die Gründe sein mögen, welche Degen gegen die Holzverschwendung in den Kasernen ins Feld führt, so wenig Zustimmung haben dieselben in den maßgebenden Kreisen der Militärverwaltung vorerst gefunden. Auch ist die Lokalheizung mit Kachelöfen an sich keineswegs verwerflich, nur muß sie nach angemessenen Normen geregelt und der Heizkörper mit Vorrichtungen zur Einführung frischer Luft versehen werden.

In England hat man sich mit gutem Erfolge der **Kamine** von **Douglas Galton** bedient, so in den Kasernen von Chelsea, über welche Untersuchungen von de Chaumont vorliegen.

In den vom Kriegsbaumeister Hunäus zu Hannover ausgeführten Kasernen wurde der Gedanke verfolgt, daß die Mannschaft am Tage sich nicht in dem Lokale aufhalten dürfe, in dem sie während der Nacht schläft. Ohne den sonst für eine Korporalschaft zugemessenen Raum zu vergrößern, ist derselbe in zwei ungleiche Hälften geteilt, von denen die kleinere für den Tagesaufenthalt bestimmt ist, die größere als Schlafsaal dient und am Tage dauernd gelüftet werden muß.

Wenn mit dieser Einrichtung auch eine Lufterneuerung für die Nachtzeit verbunden werden kann, so würde sie in der That nichts zu wünschen übrig lassen!

§ 88.

Durch die vorstehenden Angaben ist das Thema der künstlichen Lüftung keineswegs erschöpft, aber die Ziele dieses Buches verlangen eine Beschränkung in der Vorführung des Stoffes. Auch würde es nicht möglich sein, für alle verschiedenen Gattungen von Gebäuden die geeignetste Methode der Lufterneuerung angeben zu wollen. Es ist vielmehr, nachdem die Grundsätze und Methoden ausführlich behandelt sind, Sache des denkenden Baumeisters, in jedem besonderen Falle selbständig oder nach vorhandenen Mustern zu verfahren.

Einzelnes ist bereits bei den Heizungen besprochen worden, so die Erwärmung der Kirchen in § 49. Selten wird hier mehr als 12° Temperatur im Kirchenraume verlangt, und wegen der Höhenverhältnisse, des bedeutenden Luftraumes und der periodischen Benutzung ist eine Zuführung frischer Luft nicht erforderlich. Zur Heizung eignet sich ganz besonders die Kanalheizung, weil sie eine vorzugsweise Erwärmung der unteren Luftschichten gestattet.

Bei der auf Tafel 31 und 32 dargestellten Kirche zu Templin werden die in den Heizkanälen liegenden ovalen, gußeisernen Heizröhren von einem unter dem Chorraum angelegten Feuerraum her erwärmt und die Röhren haben nur die Funktion, die in den Rauchgasen enthaltene Wärme für die unteren Luftschichten im Kirchenschiff nutzbar zu machen.

In den letzten beiden Decennien hat man sich jedoch zur Erwärmung der Kirchen viel häufiger der Warmwasserheizung bedient. So wird auch die Kirche St. Vincent de Paul in Paris durch in Kanälen unterhalb des Kirchenfußbodens liegende glatte, gußeiserne Rohre erwärmt. Die mit durchbrochenen Platten abgedeckten Heizkanäle sind hier im Mittelschiff der Kirche, zu beiden Seiten der Säulenstellung entlang geführt und durch einen vor den Chorschranken rechtwinkelig abzweigenden Kanal verbunden. In den Kanälen liegen je zwei weite gußeisernen Rohre, in denen das Wasser der Niederdruckwasserheizung cirkuliert und mit geringem Fall zum Kessel zurückfließt. Dieser letztere ist ein stehender Röhrenkessel, über dessen oberem Austrittstutzen sich das Expansionsgefäß befindet.

Zur Heizung des Chorraumes und der Sakristeien sind im Souterrain zwei weitere Warmwasserheizkessel aufgestellt. Der Heizkanal zieht sich längs der halbkreisförmig angeordneten Säulenstellung im Chor entlang und dient insbesondere zur Erwärmung der Chorstühle. Den Grundriß der Kirche und die oberflächlich angedeuteten Heizanlagen enthält das Werk von **Denfer,** Chauffage et Ventilation, Paris 1896, pag. 579.

Die Lüftung der verschiedenen Gebäude für Staats- und Kommunalverwaltung, Gerichtspflege u. s. w. unterliegt denjenigen Bestimmungen, welche schon im sechsten und siebenten Kapitel dieses Werkes ausführlich behandelt und durch Beispiele erläutert sind. Die Berechnung des erreichbaren Lüftungseffektes bietet — nach den im siebenten Kapitel vorgetragenen Methoden — keine Schwierigkeiten, ist auch im vorstehenden vielfach erörtert.

Eine besondere Rücksichtnahme verlangen etwa noch diejenigen Räume, bei welchen — wie bei **Lichtfluren** und **„Sälen mit Oberlicht"** — eine natürliche Lüftung durch Öffnen der Fenster ausgeschlossen ist. Hier ist zunächst für ausreichende Luftzufuhr zu sorgen, andererseits ist die Abführung der verbrauchten Luft angemessen zu regeln. Wegen Strahlung der Glasdecke in den kalten Dachraum pflegt

1) Praktisches Handbuch der Ventilation und Heizung von Ludwig Degen. II. Auflage, S. 213.

nun die Abkühlung solcher Decken mit Oberlicht sehr empfindlich auf die Insassen zu wirken. Will man dies beheben, so muß der Raum zwischen der unteren Glasdecke und dem Glasdach angemessen erwärmt werden.

Über eine solche Anordnung in der großen Halle des Schlosses Ferrières (Besitz des Baron von Rothschild) berichtete der General A. Morin folgende Einzelheiten. Am Abend erhellen Hunderte von Gasflammen den Raum und verhindern die Abkühlung des Saales durch die 100 qm große Glasdecke. Für die Zwecke der Tagesbenutzung sind in dem Raume über der Glasdecke vier Coaksöfen aufgestellt, welche in demselben eine höhere Temperatur unterhalten, als diejenige des Saales ist; durch diese Anordnung wird die Abkühlung des Saales verhindert.

Lichthöfe in Wohngebäuden pflegen in der Regel und selbst in der kühleren Jahreszeit eine sehr schlechte Luftbeschaffenheit zu zeigen. Da sich die angrenzenden Räume von hier aus mit Luft versorgen müssen, ist deren beständige Lufterneuerung geboten, in den neueren Bauordnungen sogar durch polizeiliche Verordnung vorgeschrieben. Eine Abhilfe durch Anlage von Saugeschächten, in denen ein kleines Feuer unterhalten wird, ist hier außerordentlich leicht zu bewerkstelligen; in gewöhnlichen Fällen werden jedoch feststehende Jalousien von Glas oder Blech in Verbindung mit einer geschickt angelegten Firstventilation genügen.

Zum Abhalten der Sonnenhitze, die im Hochsommer in derartigen, mit einer Glasdecke versehenen Räumen sehr bedeutend werden kann,[1]) pflegt man sich — wie in den modernen Ausstellungsglaspalästen — eines untergespannten, großen Tuches (Vela) zu bedienen. Das kontinuierliche Besprengen der Glasdächer während der heißen Tagesstunden ist ein weiteres vorzügliches Mittel, um die Temperatur solcher Räume herabzumindern.[2])

Zum Schluß ist noch die Lüftung der sogenannten **Nebenräume** unserer Wohngebäude, als da sind: Küchen, Badezimmer, Vorratskammern, Korridore, Aborte u. s. w. hier zu besprechen. Für die Küchen ist durch die beim Kochen erzeugte Wärme, welche gewöhnlich ganz ungenützt in den Schornstein entweicht, ein sehr geeignetes Mittel der „Sauglüftung" geboten. In Badezimmern wird durch die saugende Wirkung einer Gasflamme, welche man zeitweise in dem zugehörigen Luftkanal unterhält, viel gebessert und dieses Auskunftsmittel steht auch da zur Verfügung, wo die Unterhaltung eines Lockfeuers unthunlich ist.

In Korridoren, welche fensterlos an der Nachbargrenze liegen, bietet schon die natürliche Lüftung (durch Temperaturdifferenz) eine schätzenswerte Luftverbesserung. Auch die Zuführung reiner, vom Dach her entnommener Luft in geeignet angebrachten Schloten, bietet meistens nur unerhebliche Schwierigkeiten. Die Anlage von Abzugskanälen ist aber fast immer angänglich, und wenn sie durch Luftsauger unterstützt ist, auch wirksam. Jedenfalls wäre es endlich an der Zeit, daß die Architekten den vernachlässigten Nebenräumen des modernen Wohnhauses eine größere Aufmerksamkeit als bisher widmen, es würde dann um die Gesundheitsverhältnisse der Bevölkerung großer Städte besser als bisher bestellt sein und die Mortalitätsstatistik in Zukunft geringere Prozentsätze von Todesfällen nachweisen.

1) Im Pariser Bahnhof (Route Lyon) hat man nachmittags eine Temperatur von 40° C. über den Schienengeleisen der Halle beobachtet.

2) Vergl. auch die Anmerkung auf S. 206.

§ 89.

Die Aufstellung von Projekten und Berechnungen zur Erwärmung und Lüftung öffentlicher Gebäude.

Die Ansprüche der Neuzeit an sachgemäße Beheizung und Lüftung haben einen derartigen Umfang angenommen, daß für alle öffentlichen, unter der Aufsicht des Staates oder größerer Stadtbehörden ausgeführten Gebäude fast ohne Ausnahme Centralheizungen zur Anwendung kommen. In den Entwürfen, welche das betreffende Gebäude in seiner Gesamtheit umfassen, sind also die Heizanlagen derart zu berücksichtigen, daß durch Zeichnung und Beschreibung zum Ausdruck gebracht wird, welche Art, resp. welche Arten von Heizung und Lüftung zur Anwendung gelangen sollen, wo die Heizstellen Platz finden, wie die frische Luft zu- und die verbrauchte abgeführt werden soll, wo die Heizkörper ihre Stelle erhalten, welche und wie große Kanäle in den Mauern vorzusehen sind, und diese Maßnahmen sind so zeitig zu treffen, daß Lage und Größe der erforderlichen Kanäle, Schlote und Schlitze vor Beginn der Maurerarbeiten feststeht und nachträgliche Änderungen durch Stemmen vermieden werden.

Die Feststellung der Centralheizungsanlagen im einzelnen erfolgt für fiskalische Landbauten mittels Ausschreibung von Konkurrenzen zur Erlangung geeigneter Entwürfe; als Unterlage für die Konkurrenz dient ein ausführliches Programm, in welchem die an die Heizanlagen und Lüftungseinrichtungen zu stellenden Anforderungen genau klargelegt werden. Demselben ist eine Berechnung anzuschließen, welche über den stündlichen Wärmeverlust jedes einzelnen Raumes in tabellarischer Form Auskunft giebt.

Die einheitliche Aufstellung der Programme und Berechnungen für fiskalische Bauten ist in Preußen durch Ministerialerlaß vom 7. Mai 1884 und 15. April 1893 geregelt. Wir lassen die Bestimmungen des letztgenannten Erlasses hier im Auszuge folgen:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 90.

Anleitung zur Aufstellung von Programmen und Entwürfen für Centralheizungs- und Lüftungsanlagen.

I. Leistungen der Bauverwaltung.

Den Bewerbern sind seitens der Bauverwaltung nachstehende Zeichnungen unentgeltlich zu verabfolgen:

ein Lageplan des Gebäudes und seiner Umgebungen unter Angabe der Nordlinie;

die mit Raumnummern, sowie Längen- und Flächenmaßen versehenen Grundrisse aller Geschosse;

die wesentlichsten Durchschnitte unter Angabe des höchsten Grundwasserstandes.

Den Zeichnungen ist eine kurze Beschreibung des Gebäudes unter Angabe der Art und Dauer der Benutzung seiner einzelnen Räume beizufügen; es ist anzugeben, inwieweit das Gebäude etwa den Einflüssen der Witterung besonders ausgesetzt ist.

Bezüglich der zweckmäßigsten Lage der Rauchröhren, Luftkanäle und der Entnahmestellen für frische Luft sind geeigneten Falles Vorschläge zu machen, oder es ist solches durch Eintragen in die Zeichnungen klar zu stellen. Es ist auch anzugeben, für welche Rohrleitungen Schlitze, für welche Kanäle anzulegen sind.

Für die einzelnen Räume ist die Art der Beheizung anzugeben; es ist kenntlich zu machen, ob sie mittels Centralheizung nach einem oder verschiedenen Systemen erwärmt werden oder ob sie Lokalheizung erhalten sollen.

Bei Luftheizungen ist anzugeben, ob sie mit oder ohne Cirkulation oder für beide Fälle anzuordnen sind, indes wird Cirkulationsheizung nur zum Anheizen und nur für größere Räume anzunehmen sein; für Räume mittlerer Größe ist lediglich Heizung mit frischer Luft vorzusehen.

Zur Klarstellung dieser Verhältnisse sind bei den zeichnerischen Darstellungen folgende **helle Farbentöne** zu wählen:

für Luftheizung	grün
„ Heißwasserheizung . .	rot
„ Warmwasserheizung . .	blau
„ Dampfheizung . . .	gelb.

Die nicht zu heizenden oder mit Lokalheizung zu versehenden Räume sind weiß zu lassen oder in anderer Art kenntlich zu machen. Räume, die nur zeitweise geheizt werden, sind ausdrücklich hervorzuheben.

Ferner sind anzugeben alle Räume, die künstliche Lüftung erhalten, sowie diejenigen, die infolge ihrer Zweckbestimmung einer häufigeren Lufterneuerung bedürfen.

Endlich ist nach dem in Tabelle A [1]) gegebenen Beispiele eine Berechnung der Wärmeverluste aufzustellen (vergl. die tabellarischen Aufstellungen S. 118 bis 120). Die der Berechnung zu Grunde zu legende niedrigste Ortstemperatur ist möglichst nach dem zehnjährigen Durchschnitt anzugeben.

II. Ausarbeitungen der Bewerber.

Die Bewerber haben den von ihnen ausgearbeiteten „Entwurf der Heizungs- und Lüftungsanlage" in die ihnen von der Bauverwaltung übergebenen Zeichnungen einzutragen, auch eine Berechnung der zur Wärmeerzeugung in Vorschlag gebrachten Apparate (Kessel u. s. w.), der erforderlichen Rostflächen und Schornsteinquerschnitte, der Luftkanäle, sowie der zu verwendenden Heizkörperabmessungen aufzustellen.

Die ganze Anlage ist eingehend zu erläutern, etwaige Bedenken gegen die Programmforderungen sind zum Ausdruck zu bringen, jedoch ist der von der Bauverwaltung ermittelte Wärmebedarf möglichst als Grundlage beizubehalten.

A. In den Zeichnungen ist darzustellen [2]) die Lage:

a) der Rauchröhren und Luftkanäle mit ihren Ein- und Ausströmungsöffnungen;

b) der Entnahmestellen für frische Luft; der Centralheizapparate, einschließlich der Vorratsräume für Brennmaterial;

c) der Rohrleitungen, Hauptventile und Expansionsgefäße, und

d) die Stellung der Heizkörper.

Bei Luftheizungen sind die Frischluft-, Cirkulations- und Lüftungskanäle anzugeben, eventuell auch die beabsichtigten Mischkanäle, Klappen u. s. w. durch Zeichnung zu erläutern.

---

1) Siehe Tabelle A Seite 256 u. 257.

2) Zur Unterscheidung der Kanäle für erwärmte, resp. verdorbene Luft und der verschiedenen Rohrleitungen werden diese — nach Anleitung des ministeriellen Erlasses vom 7. Mai 1884 — von den Fabrikanten gewöhnlich mit folgenden Farben gekennzeichnet:

die Zuströmungskanäle für warme Luft	mit	rot,
„ Kanäle für kalte reine Luft	„	grün,
„ sogenannten Mischkanäle	„	blau,
„ Abzugskanäle für verdorbene Luft	„	gelb,
„ Zuleitungsrohre der Wasserheizung . . .	„	zinnoberrot,
„ Rückleitungsrohre, Heizkörper	„	dunkelblau,
„ Dampfrohre	„	orange,
„ Kondensationsrohre, Dampfheizkörper, Kessel .	„	dunkelgrün.

Der nach den örtlichen Verhältnissen für die Feuerungsanlage geeignetste Brennstoff ist anzugeben und die Bedienungsmannschaft, welche zum ordnungsmäßigen Betriebe erforderlich ist.

Zur Klarstellung der Einzelheiten können dem Erläuterungsberichte vorhandene Drucksachen oder Pausen beigefügt werden.

B. Kostenberechnung.

Die Kosten der Anlage sind getrennt nach den vorkommenden Arten der Beheizung und Lüftung zu veranschlagen. Der Anschlag soll enthalten alle zur betriebsfähigen Fertigstellung der Anlage erforderlichen Leistungen und Lieferungen, einschließlich Fracht und Reisekosten.

Dagegen sind Steinarbeiten, Einsetzen und Verputzen von Lüftungsklappen, Schiebern, Gittern und dergl. mehr nicht in die Kostenrechnung aufzunehmen.

Bei Kesseln, Luftheizöfen, Heizkörpern sind die Wandstärken in der Kostenberechnung anzugeben. — Wärmeentwickler und Heizapparate sind außer nach der Heizfläche auch nach dem Gewicht in Ansatz zu bringen.

Rohrleitungen sind mit dem inneren und äußeren Durchmesser, einschließlich Verlegen, Dichtmaterial und Mennigeanstrich zu veranschlagen.

Geschmiedete und gußeiserne Gitter, Klappen, Schieber, Expansionsgefäße, Deflektoren für Abzugsschlote sind nach Maß und Stückzahl aufzuführen.

Die Kostenberechnung ist nach folgenden Titeln geordnet einzureichen:

Titel I. Wärmeentwickler mit Zubehör.
„ II. Heizkörper mit Regelungsvorrichtungen.
„ III. Rohrleitungen mit Anstrich, Wärmeschutzmasse.
„ IV. Expansionsgefäße, Kondenstöpfe, Reduzierventile.
„ V. Regelungsvorrichtungen für Luftkanäle nebst Gittern u. s. w.
„ VI. Insgemein.

III. Vorschriften für die Bearbeitung der Programme und Entwürfe.

1. Grad der Erwärmung und Stärke des Luftwechsels in den einzelnen Räumen.

Als Wärmegrade sind in der Regel vorzuschreiben:

für Krankenzimmer	22° C.
„ Geschäfts- und Wohnräume	20° „
„ Säle, Auditorien, Räume für Einzelhaft	18° „
„ Sammlungs- und Ausstellungsräume, Flure, Gänge, Treppenhäuser, je nach Art der Benutzung	12 bis 18° „

Räume zum gemeinsamen Schlafen der Gefangenen bleiben ungeheizt.

Als stündlicher Luftbedarf ist zu Grunde zu legen:

bei Krankenzimmern für Erwachsene	80 cbm
„ „ „ Kinder	40 „
„ Einzelhaftzellen	30 „
„ Räumen für gemeinsame Haft	20 „
„ Versammlungs- oder Hörsälen und Geschäftslokalitäten	20 „
„ Schulzimmern je nach Alter der Schüler	10 bis 25 „

Für Flure und Treppenhäuser ist in der Regel stündlich ein halb- bis einmaliger Luftwechsel vorzusehen.

Dienen — wie in Gerichtsgebäuden — die Flure zum zeitweiligen Aufenthalt einer größeren Anzahl von Personen, so muß stündlich ein zweimaliger Luftwechsel stattfinden.

Da, wo sich üble Gerüche entwickeln, wie in Aborten, sind die Abzugskanäle für stündlich drei- bis fünffache Lufterneuerung zu berechnen.

2. Berechnung der Wärmeverluste.[1])

Bei Ermittelung des Wärmeverlustes der Räume sind nachstehende Temperaturen in Ansatz zu bringen:

a) für ungeheizte, dauernd geschlossene Räume	0° C.
b) „ „ öfter von der Außenluft bestrichene Räume (Durchfahrten, Vorhallen u. s. w.)	— 5° „
c) „ unmittelbar unter der Dachfläche liegende Räume bei Metall- und Schieferbedachung	— 10° „
d) bei dichteren Bedachungen (Ziegel, Holzcement)	— 5° „

Bei kontinuierlichem Heizbetriebe und 1° Differenz zwischen der Außen- und Innenluft ist für 1 qm Fläche ein stündlicher Wärmeverlust in Rechnung zu stellen:

bei 0,12 m starkem Ziegelmauerwerk von	2,40 W.-E.
„ 0,25 „ „ „ „	1,70 „
„ 0,38 „ „ „ „	1,30 „
„ 0,51 „ „ „ „	1,10 „
„ 0,64 „ „ „ „	0,90 „
„ 0,77 „ „ „ „	0,80 „
„ 0,90 „ „ „ „	0,65 „
„ 1,03 „ „ „ „	0,60 „
„ 1,16 „ „ „ „	0,55 „

Bei Frontwänden mit Quaderverblendung ist vorstehenden Zahlenwerten ein Zuschlag von 15 Proz. hinzuzufügen.

1) Hierzu die auf Seite 256 u. 257 befindliche tabellarische Anweisung zur Berechnung der Wärmeverluste (Tabelle A).

Bei vollem Mauerwerk aus Sandstein (Quadern oder Bruchstein) ist der stündliche Wärmeverlust anzunehmen:

bei 0,30 cm	Wandstärke zu	2,20 W.-E.
„ 0,40 „	„ „	1,90 „
„ 0,50 „	„ „	1,70 „
„ 0,60 „	„ „	1,55 „
„ 0,70 „	„ „	1,40 „
„ 0,80 „	„ „	1,30 „
„ 0,90 „	„ „	1,20 „
„ 1,00 „	„ „	1,10 „
„ 1,10 „	„ „	1,00 „
„ 1,20 „	„ „	0,95 „

Bei Kalksteinmauerwerk sind vorstehende Werte um 10 Proz. zu erhöhen.

Bei Rabitzwänden von 4 bis 6 cm Stärke	3,00 W.-E.
„ „ „ 6 bis 8 „ „	2,40 „
„ Balkenlagen mit halbem Windelboden als Decke	0,50 „
„ Balkenlagen mit halbem Windelboden als Fußboden	0,35 „
„ Gewölben mit massivem Fußboden .	1,00 „
„ Gewölben mit Dielung darüber, und zwar als Fußboden	0,45 „
„ Gewölben mit Dielung darüber, und zwar als Decke	0,70 „
„ hölzernem Fußboden, hohl über der Erdsohle verlegt	0,80 „
„ hölzernem Fußboden, auf Asphalt verlegt	1,00 „
„ massiven Fußböden über dem Erdreich	1,40 „
„ einfachen Fenstern	5,00 „
„ Doppelfenstern	2,30 „
„ einfachen Oberlichtern	5,30 „
„ doppelten „	2,40 „
„ Thüren	2,00 „

Da ein kontinuierlicher Heizbetrieb nur selten stattfindet, müssen obige Werte meist noch erhöht werden, und zwar:

um 10 Proz., wenn nur bei Tage geheizt wird, aber die Lage eine geschützte ist;

um 30 Proz., wenn bei Tagesbetrieb die Lage exponiert ist;

um 50 Proz. bei längeren Unterbrechungen des Betriebes.

Bei Kirchenschiffen und mit großen Abkühlungsflächen versehenen Räumen, welche nicht täglich geheizt werden, ist von der Berechnung der Wärmeverluste Abstand zu nehmen. Es soll vielmehr bei den für solche Räume zu entwerfenden Centralheizungen den Bewerbern überlassen bleiben, durch Erfahrungssätze nachzuweisen, daß eine angemessene Erwärmung programmmäßig gesichert ist.

3. Berechnung des Luftwechsels.

Die Wahl der höchsten und niedrigsten Außentemperatur, bei welcher der erforderliche Luftwechsel erzielt werden soll, hat unter Berücksichtigung der Bestimmung der Räume zu erfolgen.

Die höchste äußere Temperatur ist im allgemeinen anzunehmen zu:

+ 25°, wenn der Luftwechsel auch im Sommer erzielt werden soll (Krankenhäuser, Geschäftsräume für parlamentarische Versammlungen);

+ 10°, wenn nur während der Heizperiode volle Lüftung verlangt wird (Schulen, Gerichtsgebäude und dergl.);

0 bis + 5°, wenn im Winter die volle Lüftung nur durchschnittlich erzielt zu werden braucht (Wohnräume und dergl.).

Der für die höchste Außentemperatur ermittelte Luftwechsel ist, sofern die Räume nicht gleichzeitig durch die einzuführende Luft erwärmt werden (Luftheizung), der Berechnung der Kanalquerschnitte zu Grunde zu legen.

Die niedrigste Außentemperatur ist für die Größenverhältnisse des Heizapparates zur Erwärmung der frischen Luft maßgebend. Soll der volle Luftwechsel auch an den kältesten Wintertagen erzielt werden oder wird die Erwärmung der Räume an den Luftwechsel geknüpft, so ist die Temperatur gleich der niedrigsten Außentemperatur, für welche die Heizanlage bestimmt ist, anzunehmen.

Eine Beschränkung des Luftwechsels bei niedrigen Kältegraden ist im allgemeinen zulässig und daher für die Lüftungsanlage eine niedrigste Außentemperatur von etwa —5° bis —10° anzunehmen.

4. Allgemeine Forderungen für alle Heizungsarten.

a) Räume, welche nach entgegengesetzten Himmelsrichtungen liegen oder den herrschenden Winden besonders ausgesetzt sind, müssen in der Regel an getrennte Heizsysteme bezw. Rohrstränge angeschlossen werden.

b) Um Rauchbelästigung zu verhüten, müssen Einrichtungen zur möglichst vollständigen Verbrennung des Rauches vorgesehen werden.

c) Für die Kessel und Heizkammern sind zweckmäßige Vorkehrungen zum Reinigen zu treffen, auch geeignete Apparate anzuordnen, durch welche die Temperatur des

Wassers, der Heizluft, sowie der Druck des hochgespannten Dampfes von außen sicher ersehen werden kann. Um die Temperatur der abziehenden Rauchgase messen zu können, sind Hülsen zum Einsetzen von Pyrometern oder hochgradigen Thermometern vorzusehen.

d) Kessel und Luftheizöfen müssen zur Vornahme von Ausbesserungen oder zur Erneuerung möglichst bequem aus der Ummantelung und aus dem Gebäude entfernt werden können.

e) Die nicht zur unmittelbaren Wärmeabgabe bestimmten Leitungsröhren sind zur Verhütung von Wärmeverlusten oder Frostschäden mit schlechten Wärmeleitern zu umkleiden. Über die Einzelheiten dieser Umkleidungen ist in den Erläuterungen und in der Kostenberechnung das Nähere anzugeben.

f) Bei Führung der Röhren durch Decken und Wände sind Vorkehrungen zu treffen, welche verhüten, daß an diesen Stellen durch die Bewegung der Röhren der dichte Schluß beeinträchtigt und der anstoßende Mörtelputz gelöst wird. Verbindungsstellen dürfen nicht im Innern von Mauern oder Decken liegen.

5. Besondere Forderungen für die einzelnen Heizungsarten.

Luftheizung.

a) Bei der Konstruktion der Luftheizöfen ist Wert auf die Möglichkeit des Auswechselns einzelner Teile zu legen.

Die Öfen müssen eine Heizfläche von solcher Größe erhalten und so konstruiert werden, daß bei vorschriftsmäßigem Betriebe das Erglühen der Eisenteile nicht eintritt bezw. das Verbrennen der in der Luft enthaltenen Staubteile an den Heizflächen ausgeschlossen ist.

Sämtliche Verbindungsstellen müssen so dicht schließen, daß ein Austreten des Rauches oder schädlicher Gase in die Heizkammer nicht möglich ist. Ferner ist darauf zu achten, daß die Eisenteile sich unbeschadet der Dichtigkeit des Verschlusses ausdehnen können und daß die Reinigung der Heizflächen von Staub mit Leichtigkeit von der Heizkammer aus erfolgen kann. Die Reinigung der Rauchzüge muß sich dagegen von einem Raum außerhalb der Heizkammer, welcher mit der Zuführung frischer Luft in keinem Zusammenhange steht, bewirken lassen. Die Einsteigethür zur Heizkammer ist doppelt aus Eisen herzustellen.

b) Die Lage und Verteilung der Ausströmungsöffnungen sowie ihrer Höhe über dem Fußboden ist seitens der Bewerber so zu wählen, daß bei gleichmäßiger Erwärmung des Raumes eine Belästigung der Insassen durch Luftbewegungen nicht eintreten kann. An den Ausströmungsöffnungen sind Leitbleche so anzubringen, daß das Schwärzen der Wände thunlichst verhindert wird. Die Kanäle zur Abführung verbrauchter Luft erhalten in der Regel je eine Öffnung in der Nähe des Fußbodes bezw. der Decke. Die oberen Öffnungen sind namentlich dann erforderlich, wenn Gasbeleuchtung vorgesehen oder die Entwickelung zu hoher Wärmegrade zu befürchten ist. Für die Handhabung dieser Abluftöffnungen sind in der Betriebsvorschrift (IV. 2) besondere Bestimmungen zu treffen.

c) Die Temperatur der in die Räume eintretenden Luft darf 45° nicht überschreiten. Die Bestimmung der Geschwindigkeit und die genauere Ermittelung der Temperatur der einströmenden Luft bleibt der Berechnung des Bewerbers vorbehalten.

Bei großen Räumen empfiehlt es sich, mehrere Zu- und Abführungskanäle anzulegen, und, sofern thunlich, ihren Anschluß an getrennte Heizsysteme vorzusehen.

d) Bei der Einführung der frischen Luft in die Heizkammern sind die unterirdischen Kanäle auf möglichst geringe Längen zu beschränken. Um Störungen durch Wind thunlichst vorzubeugen, empfiehlt es sich, die Luftentnahme an zwei entgegengesetzten Stellen derart anzuordnen, daß je nach der Windrichtung die Luft von der einen oder anderen Seite den Luftheizöfen zugeführt werden kann.

e) Zur Reinigung der frischen kalten Luft von Staub sind, wenn irgend möglich, genügend große Staubkammern vorzusehen und Gitter aus Drahtgaze, Filter oder Staubfänger aufzustellen. Diese Vorrichtungen müssen bequem zugänglich sein und behufs Reinigung leicht entfernt werden können.

f) Die Luft in den Räumen soll vor der Benutzung bei vollem Lüftungsbetriebe auf einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 50 Proz. gesättigt werden können. Die hierzu erforderlichen Einrichtungen sind von den Bewerbern durch Zeichnungen und Beschreibung zu erläutern.

Heißwasserheizung.

a) Die Heizanlage ist so zu berechnen, daß zur Erzielung der vorgeschriebenen Wirkung das Wasser nicht über 130° C. erwärmt wird.

b) Die Heizöfen sind so herzustellen, daß die Feuerschlangen zur Ausbesserung oder Erneuerung ohne wesentliche Beschädigung des Mauerwerkes herausgenommen werden können.

c) Die Röhren müssen überall leicht zugänglich sein und sollen, soweit thunlich, nicht in die Fußböden verlegt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

d) Rohrsysteme, welche zur Erwärmung kalt liegender Lüftungsschlote dienen oder sonst der Gefahr des Einfrierens ausgesetzt sind, müssen statt mit Wasser mit einer anderen geeigneten, schwer gefrierbaren Flüssigkeit gefüllt werden. Derartige Flüssigkeiten dürfen die Rohrwandungen nicht angreifen und keine Krystalle absetzen.

e) Bei Biegung der Röhren um 180° müssen schleifenförmige Erweiterungen vorgesehen werden, wenn die parallel laufenden Röhren weniger als 8 cm von einander entfernt sind.

f) Die ganze Anlage muß einschließlich der Feuerschlangen im kalten Zustande einen Probedruck von 150 Atmosphären aushalten können, ohne Undichtigkeiten zu zeigen.

Warmwasserheizung und Dampf-Warmwasserheizung.

a) Die Konstruktion der Kessel muß unter Angabe der wichtigsten Blechstärken in allen Einzelheiten durch Zeichnungen dargestellt werden, welche zugleich die Einmauerung, die Anordnung des Rostes, der Feuerzüge u. s. w. ersehen lassen.

Das Rücklaufrohr der Leitung darf an keiner Stelle von der Stichflamme der Feuerung getroffen werden.

b) Die Heizanlage ist so zu berechnen, daß zur Erzielung der vorgeschriebenen Wirkung das Wasser im Kessel nicht über 80° C. erwärmt wird.

c) In den Bauzeichnungen ist die Lage der Röhren und der Kompensationen anzugeben, während in besonderen Einzelzeichnungen die Verbindung der Röhren, die Konstruktion der Kompensationen und Ventile, sowie die Art der Führung der Röhren durch Wände und Decken darzustellen sind.

d) Von den Heizkörpern müssen Zeichnungen beigefügt werden, aus denen unter Angabe der Materialien und der Blechstärken die Verbindungen und Anschlüsse an die Rohrleitungen ersichtlich sind.

Die Heizkörper sind so herzustellen, daß sie ohne Beschädigung der Rohrleitungen und Wände abgenommen werden können.

Die Ventile sind in der Regel nicht mit festen Handrädern oder Griffen, sondern mit Aufsteckschlüsseln zu versehen.

Die Ventile derjenigen Heizkörper, welche bei zeitweiligem Abschluß der Gefahr des Einfrierens ausgesetzt werden, sind so zu konstruieren, daß eine völlige Unterbrechung des Wasserumlaufes nicht eintreten kann. Um eine Verunreinigung der Wände über den Heizkörpern zu verhüten, sind Vorkehrungen zur Ablenkung der Luft zu treffen.

e) Die Expansionsgefäße, welche mit Signal- und Überlaufröhren auszustatten sind, müssen gegen Einfrieren durch Verkleidungen geschützt werden. Unter jedem Expansionsgefäß ist ein Sicherheitsboden mit Wasserableitung vorzusehen.

f) Ob Reservekessel erforderlich sind, ist in jedem Falle besonders zu erwägen. Im allgemeinen kann bei Anlage mehrerer Kessel von der Beschaffung eines Reservekessels abgesehen werden. Die gesamte Kesselfläche ist alsdann so zu bemessen, daß bei der Ausschaltung eines schadhaften Kessels mit den übrigen der Wärmebedarf durch Verlängerung der Heizzeit ohne Schwierigkeit erzielt werden kann.

g) Die gesamte Anlage ist so herzustellen, daß sie nach der Vollendung, ohne Undichtigkeiten zu zeigen, einer Druckprobe mit kaltem Wasser unterworfen werden kann. Bei dieser Probe ist ein Druck anzuwenden, welcher den im gefüllten System vorhandenen Druck der Wassersäule in der Regel um $2^1/_2$ Atmosphären übersteigt.

Dampfheizung und Dampfwasserheizung.

a) Die Konstruktion der Kessel muß unter Angabe der wichtigsten Blechstärken in allen Einzelheiten durch Zeichnungen dargestellt werden, welche zugleich die Einmauerung sowie die Anordnung der Roste und der Feuerzüge, die Vorkehrungen zur selbstthätigen Regelung der Feuerung, die Speisevorrichtungen, die Standrohre und sonstige Konstruktionsteile ersehen lassen.

b) Die Dampfspannung innerhalb der Verteilungsleitung soll 1 Atmosphäre Überdruck nicht übersteigen Vom Dampfkessel bis zur Verteilungsleitung kann eine Dampfspannung bis zu 5 Atmosphären Überdruck gestattet werden. Die alsdann erforderlichen Reduktionsventile sind in jedem Falle mit dahinter liegenden Sicherheitsventilen auszustatten.

Bei Dampfniederdruckheizung darf die in den Kesseln und der Leitung vorhandene höchste Spannung während des Beharrungszustandes $^1/_3$ Atmosphäre nicht übersteigen.

c) Die Heizung ist so zu konstruieren, daß störendes Geräusch, Pochen und Knallen in den Rohrleitungen und Heizkörpern nach dem Anheizen nicht vorkommt.

d) Die bei der Warmwasserheizung unter c), d) und f) aufgeführten Bestimmungen gelten auch hier. Im übrigen ist dafür zu sorgen, daß eine genügende Zahl von Kondenstöpfen aufgestellt wird und die Heizkörper in den Zimmern mit Vorkehrungen zum Entleeren und Nachfüllen versehen werden, sofern nicht durch geeignete Vorrichtungen der Wasserstand selbstthätig auf bestimmter Höhe gehalten wird.

e) Die Anlage ist so herzustellen, daß sie nach Vollendung einer Druckprobe, und zwar bei Hochdruckdampf-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

heizungen mit dem doppelten Betriebsdruck, mindestens aber mit einem Druck von 4 Atmosphären, bei Niederdruckheizungen von 3 Atmosphären Spannung, ohne Undichtigkeiten zu zeigen, unterworfen werden kann. Für die Druckprobe der Dampfkessel von Hochdruckheizungen gelten die gesetzlichen Bestimmungen.

IV. Allgemeines.

1. Verfahren bei Vornahme von Druckproben und Probeheizungen.

a) Die erforderlichen Druckproben sollen im Beisein des Unternehmers oder seines Vertreters vorgenommen werden. Die hierzu nötigen Hilfskräfte, Pumpen, Manometer und dergleichen hat der Unternehmer auf seine Kosten zu beschaffen. Beteiligt sich der Unternehmer auf Einladung weder persönlich, noch durch einen Vertreter an der Druckprobe, so begiebt er sich jeden Einwandes gegen den seitens der Bauverwaltuug festgestellten Befund.

b) Sobald die Heizung nach ihrem äußeren Ansehen von der Bauverwaltung für sachgemäß hergestellt erachtet wird, ist thunlichst bald festzustellen, ob die Anlage im allgemeinen den Vertragsbedingungen entspricht. Zu diesem Zwecke ist eine erste Probeheizung von genügender Dauer vorzunehmen. Zu dieser hat der Unternehmer unentgeltlich die nötigen Mannschaften zu stellen, während das zur Füllung des Kessels und der Leitungen erforderliche Wasser, sowie die Brennstoffe von der Bauverwaltung geliefert werden.

c) Um endgiltig festzustellen, ob die vorgeschriebene Wirkung erzielt wird, soll innerhalb des ersten Winters, nachdem das Gebäude in regelmäßige Benutzung genommen worden ist, eine zweite etwa achttägige Probeheizung vorgenommen werden. Erweist sich hierbei die Anlage den Bedingungen des Vertrages entsprechend, so soll die Gewährleistungszeit, deren Dauer in den besonderen Vertragsbedingungen vorzusehen, jedoch im allgemeinen nicht über drei Jahre auszudehnen ist, vom Tage der vorerwähnten ersten Probeheizung ab gerechnet werden. Innerhalb dieser Frist sind die zur Erzielung des vertragsmäßigem Zustandes etwa erforderlichen Nacharbeiten stets so schnell als möglich auszuführen und in ihrer Wirkung zu erproben, widrigenfalls die Gewährleistungsfrist so lange um je ein volles Jahr verlängert werden kann, bis der vertragsmäßige Zustand erreicht ist.

2. Betriebsvorschrift.

Für die Bedienung der Heizung hat der Unternehmer im Einvernehmen mit der Bauverwaltung Vorschläge zu einer „Betriebsvorschrift“ auszuarbeiten. Hierbei sind zu berücksichtigen: Die Bedienung der Feuerungen und Rauchverbrennungsvorkehrungen, die Behandlung der Wärmeentwickler und ihrer Ausrüstung, sowie die Heizkörper, Luftfilter, Luftbefeuchtungsapparate, Kanalverschlüsse und dergleichen. Zugleich sind in die Betriebsvorschrift Anweisungen bezüglich der Reinigung aller Teile der Heizanlage und zur Verhütung von Frostschäden aufzunehmen. (Vergl. § 4 der Anweisung.)

Mit allen diesen Obliegenheiten hat der Unternehmer das Bedienungspersonal während der Probeheizungen vertraut zu machen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tabelle A

zur Berechnung der stündlichen Wärmeverluste

bei Aufstellung der Entwürfe

von Heizungs- und Lüftungsanlagen

der unter Staatsverwaltung stehenden Gebäude.

Anhang zu § 90.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tabelle A.

1.	2.					3.								4.	5.			6.
	Raum					Abkühlungsfläche									Temperatur in Graden Celsius			
Lfd. Nr.	a. Bezeichnung und Nummer des Raumes	b. Länge m	c. Breite m	d. Höhe m	e. Inhalt cbm	a. Bezeichnung	b. Himmelsrichtung	c. Länge m	d. Höhe bezw. Breite m	e. Fläche qm	f. Anzahl	g. Abzuziehen qm	h. In Rechnung gestellt qm	Stärke der Wand m	a. Innen	b. Außen	c. Unterschied	Transmissionskoeffizient

Bemerkung:
Die Spalten 1 bis 7 sind von der Bauverwaltung, die übrigen Spalten von den Bewerbern auszufüllen.
Die Zahl in Spalte 7 wird erhalten durch Multiplikation der Zahlen in Spalte 3. h, 5. c und 6.

Beispiel
für die Ausfüllung der Spalten 1 bis 7.

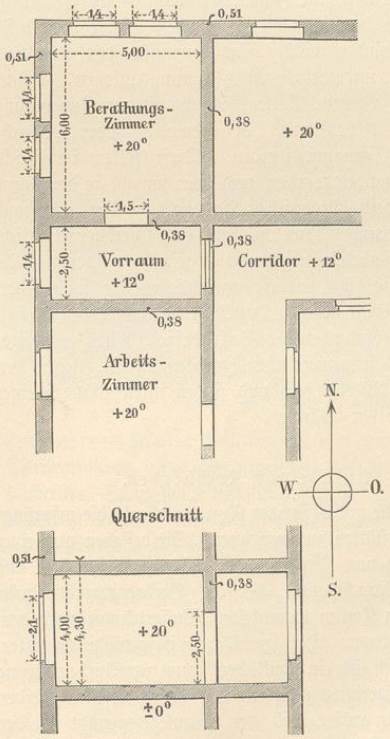
1.	Beratungszimmer (Eckzimmer)	5,00	6,00	4,00	120	E. F.	N.	2,1	1,4	2,94	2	—	5,88	—	+20	— 30	+ 40	5,00
						E. F.	W.	2,1	1,4	2,94	2	—	5,88	—	+20	— 20	+ 40	5,00
						J. T.	—	2,5	1,5	3,75	1	—	3,75	—	+20	+ 12	+ 8	2,00
						A. W.	N.	5,0	4,3	21,5	1	5,88	15,62	0,51	+20	— 20	+ 40	1,10
						A. W.	W.	6,0	4,3	25,8	1	5,88	19,92	0,51	+20	— 20	+ 40	1,10
						J. W.	—	5,0	4,3	21,5	1	3,75	17,75	0,38	+20	+ 12	+ 8	1,30
						F. B.	—	5,0	6,0	30,0	1	—	30,0	—	+20	± 0	+ 20	0,35
2.	Vorraum	5,0	2,5	4,0	50	E. F.	N.	2,1	1,4	2,94	1	—	2,94	—	+12	— 20	+ 32	5,00
						J. T.	—	2,5	1,5	3,75	1	—	3,75	—	+12	+ 20	— 8	2,00
						A. W.	N.	2,5	4,3	10,75	1	2,94	7,81	0,51	+12	— 20	+ 32	1,10
						J. W.	—	5,0	4,3	21,5	1	3,75	17,75	0,38	+12	+ 20	— 8	1,30
						J. W.	—	5,0	4,3	21,5	1	—	21,5	0,38	+12	+ 20	— 8	1,30
						F. B.	—	5,0	2,5	12,5	1	—	12,5	—	+12	± 0	+ 12	0,35

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

7.			8.		9.	10.
Wärmeeinheiten ohne Zuschläge			Zuschläge		Gesamtsumme der Wärmeeinheiten einschl. der Zuschläge	Bemerkungen
a. Abgabe	b. Gewinn	c. im ganzen (a—b)	a. für Himmelsrichtung bezw. Windanfall	b. für Betriebsunterbrechung		
1176						
1176						
60						
687						
876						
185						
210						
		4370				
470	—					
—	60					
275	—					
—	185					
—	224					
53	—					
798	469					
		→ 329				

Skizze zum Zahlenbeispiel.

Grundriß.



Es bedeutet:

E. F.	Einfache Fenster.	A. W.	Außenwände.
D. F.	Doppelfenster.	F. B.	Fußboden.
J. T.	Innenthüren.	D.	Decken.
A. T.	Außenthüren.	E. O.	Einfache Oberlichter.
J. W.	Innenwände.	D. O.	Doppelte Oberlichter.

Für die Höhe einer senkrechten Wand ist die ganze Geschoßhöhe einzusetzen.

UNIVERSITÄTS-BIBLIOTHEK PADERBORN

Achtes Kapitel.

Verschiedene Feuerungsanlagen.

§ 91.

Die Feuerungsanlagen, welche im vierten bis achten Kapitel besprochen worden sind, dienen lediglich den Zwecken der Heizung. Die Wahl und Konstruktion dieser Apparate beanspruchte unser ganzes Interesse, weil eine zuträgliche und gleichmäßige Zimmertemperatur das körperliche Befinden der Hausbewohner in hohem Grade beeinflußt. Aber nicht minder wichtig sind jene für den Haushalt der Familie unentbehrlichen Feuerungsanlagen, welche zum Kochen, Braten, Backen, überhaupt zur Zubereitung der Speisen dienen und „Kochherde“ oder „Kochmaschinen“ genannt werden. Diese sollen im Nachstehenden behandelt werden, und zwar sowohl in der Form, die dem einfach bürgerlichen Haushalt genügt, als nach den Anforderungen, welche an eine hochherrschaftliche Küche mit Zubehör gegenwärtig gestellt werden. — An diese Apparate sind endlich anzuschließen die im bürgerlichen und herrschaftlichen Haushalt vorkommenden Kesselfeuerungen, insbesondere die Waschkessel. Alle Feuerungsanlagen, welche gewerblichen Zwecken dienen, liegen den Zielen dieses Werkes fern und finden ihren Platz in einer „Technologie der Wärme“.

Anlage von Kochherden.

Kochherde mit offenem Feuer sind als die ursprünglichsten Feuerstätten zu bezeichnen. Sie bestehen aus einer Aufmauerung von Ziegeln zum Aufstellen der Töpfe und aus einem Rauchmantel, der die Verbrennungsprodukte und die beim Kochen entwickelten Wasserdämpfe nach dem Schornstein leitet. Der Herdkörper ist gewöhnlich unterwölbt, wodurch sich ein schicklicher Raum zur Aufbewahrung des Brennmateriales ergiebt. Bei diesen offenen Herden entweicht der größte Teil der Wärme ungenützt in den Schornstein: sie verbrauchen viel Brennmaterial und ziehen so große Unbequemlichkeiten nach sich, daß sie in städtischen Wohngebäuden gar nicht und auf dem Lande nur selten noch zur Anwendung kommen.

An ihre Stelle sind die Herde mit „geschlossener Feuerung“ oder „geschlossenem Brennraum“ getreten, welche einen geringeren Aufwand an Brennmaterial bedürfen und — je nach ihrer Stellung zu den Küchenwänden — abweichende Konstruktion erhalten. Gewöhnlich lehnt sich der Herd mit ein oder zwei Seiten an Scheidemauern (nicht Frontwände), wenn man nicht vorzieht, ihn ganz „frei“ zu stellen; im ersten Falle wird der Rauch, wie bei den Öfen, sogleich in das nächstliegende Rauchrohr eingeleitet, im letzten Falle müssen die Verbrennungsprodukte in einen, unter dem Fußboden geführten Kanal abgeleitet werden. Einen Rauchmantel bedarf man also bei diesen geschlossenen Kochherden nicht. Zur Abführung entstehender Wasserdämpfe genügt die Anlage eines Ventilationskanales mit stellbarer Klappe.

Die Wände des Herdes werden — je nach den Anforderungen an Eleganz — entweder aus glasierten Kacheln oder aus Marmor und bei transportablen Kochmaschinen (welche in Süddeutschland, am Rhein und in Westfalen in Gebrauch sind) aus Eisenplatten konstruiert.

Die horizontale Herdfläche besteht in allen Fällen aus Eisenplatten, und die Kochgeschirre werden entweder in Öffnungen der Herdplatte „versenkt“ eingesetzt, d. h. unterhalb vom Feuer umspült, oder sie werden auf die Herdplatte gesetzt, die dann in der ganzen Ausdehnung vom Feuer bespült sein muß. Die letzterwähnten Herde heißen „Plattenherde“.

In vielen Gegenden sind Kochplatten mit mehreren Topföffnungen ausschließlich üblich, weil die Ansicht vorherrscht, die Einrichtung sei desto besser, je mehr Kasserollöcher zum Einhängen vorhanden sind. Dies beruht indessen auf Täuschung, denn der Effekt ist am größten, wenn das Feuer frei unter der Platte fortziehen und sich darunter ausbreiten kann. Sind dagegen nur die Kasserollöcher in Verbindung gebracht, und ist im übrigen die Platte untermauert, so wird die letztere gar nicht und der Topf nur mangelhaft erwärmt: daher denn die Klagen der Köchin, daß es nur auf einer Stelle kochen wolle und nebenan die Speisen nicht im Sieden bleiben. Vergrößert wird dieser Übelstand durch die Abkühlung, welche das Feuer dadurch erleidet, daß die Einsatzöffnungen den Zutritt kalter Luft in den Brennraum erleichtern, was nachteilig auf den Brennprozeß wirkt. — Es empfehlen sich also — namentlich für größere Haushaltungen — Kochplatten ohne Öffnungen, wie sie auch in der That in vielen Gegenden Deutschlands in Gebrauch sind: das Anbringen einer Öffnung direkt über den Brennraum bietet

indessen mancherlei Bequemlichkeit und schadet erfahrungsmäßig nicht.

Der Heizeffekt wird aber auch von der Richtung des Feuerlaufes beeinflußt. Um nun die Feuergase zu zwingen, daß sie sich gleichmäßig ausbreiten (also im Grundriß ein Flammendreieck bilden), giebt man ihnen in den Zügen zuerst eine abwärts fallende Bewegung, welche der natürlichen Tendenz des Feuers, zum Schornstein aufzusteigen, entgegenwirkt, den Zug der Gase verlangsamt und sie zwingt, ihre Wärme vorher an die Platte abzusetzen.

In vielen Fällen wird zum Braten noch ein besonderer Brennraum angelegt: das zur Erhitzung der Kochplatte verwendete Feuer genügt jedoch, wie an Beispielen gezeigt werden soll, vollständig, um damit auch braten und backen zu können.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen können wir zur Beschreibung einiger bewährten Kochherde übergehen.

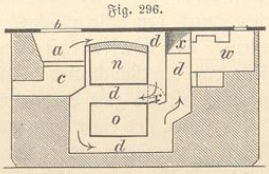
§ 92.

Plattenherde mit Wänden aus Kacheln.

Die Konstruktion der Kochherde wird beeinflußt durch das Brennmaterial und durch örtliche Gewohnheiten.

Einen Kochherd, verbunden mit Bratofen n und Wärmröhre o, stellt Fig. 296 dar. Der Feuerraum wird durch die Ringöffnung b der Herdplatte beschickt und die Feuergase bewegen sich in der Richtung der Pfeile durch den Fuchs x zum Schornstein. Die Decke des

Fig. 296.



Bratofens ist zum Schutz gegen zu starkes Bräunen mit einer Chamotteplatte abgedeckt. Der Kanal zwischen Bratofen und Wärmspind kann — namentlich in der warmen Jahreszeit — durch die Klappe c abgeschlossen werden, wobei die heißen Gase direkt zum Fuchs x ziehen, aber noch vor Eintritt in denselben die sogenannte Wasserblase w berühren.

Für größere Haushaltungen berechnet ist der Etagenherd Fig. 297. Die Herdplatte enthält zwei Öffnungen b und b' mit Ringverschluß; durch die erstere wird die Feuerung a mit Coaks oder Kohle beschickt, und die aus dem Feuerraume kommenden Feuergase umspülen die Backröhre o' vollständig, die Wasserblase w dagegen nur am Boden und ziehen in den Fuchs x ab. Unter der Ringöffnung b' ist ein Wärmspind o angebracht. Unterhalb der Backröhre o' liegt der Bratofen n mit Rostfeuerung a' und Aschenfall c'.

Fig. 297.

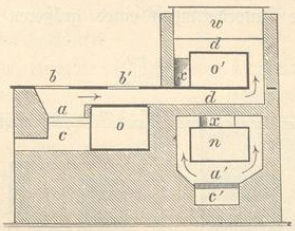
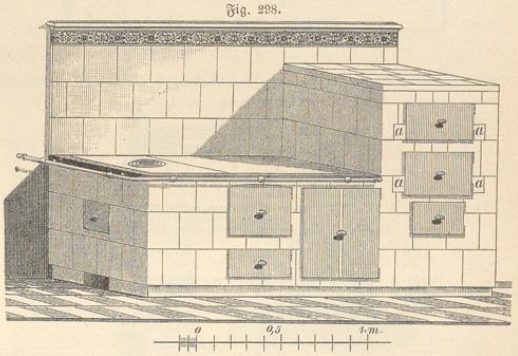


Fig. 298 endlich stellt einen von Titels Kunsttöpferei in Berlin konstruierten Kochherd für größere herrschaftliche Küchen dar. Die Abdeckung des Herdes

Fig. 298.



geschieht durch Platten; dieselben ruhen in einem sogenannten Eckeisenrahmen. Die umherlaufende, die Annäherung verhindernde, Schutzstange (Gallerie) besteht aus Messing oder poliertem Kupfer. Der Etagenbratofen enthält zu unterst die Einfeuerung für langflammiges Feuer.

In dem anstoßenden Plattenherde ist ein großes, zweithüriges Wärmspind mit drei Etagen, die durch Bleche getrennt werden, untergebracht; daneben liegt der Backofen mit Feuerloch und Thür. — Die Herdplatte hat eine Ringöffnung zur Beheizung des Plattenherdes.

Die Wandbekleidung besteht aus Kacheln mit buntgemalten Friese und Deckgesims; der Herd ist 2,20 m lang, 0,84 m breit. Behufs Reinigung der Feuerzüge sind die messingenen Verschlußkapseln aa herauszunehmen.

Die Erwärmung des zum Spülen erforderlichen Wassers geschieht in einer seitlich am Etagenofen liegenden kupfernen Blase, welche mit dem Abwaschspind durch Rohrleitung in Verbindung gebracht ist. Mittels eines regulierbaren Ventiles kann man sodann dem Schwenkhahn des Spülspindes je nach Bedarf auch warmes Wasser entnehmen.

Freistehende Kochherde mit Marmorbekleidung.

In Fig. 299 bis 301 ist ein freistehender Kochherd für die Anforderungen eines größeren bürgerlichen

Fig. 299.
Grundriß.

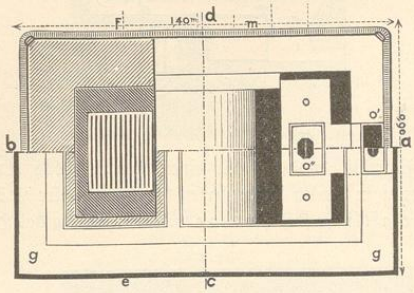


Fig. 300.
Querschnitt nach c—d.

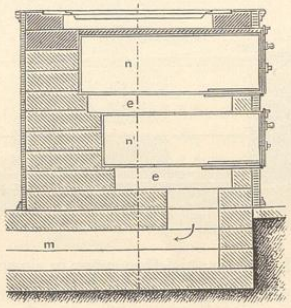
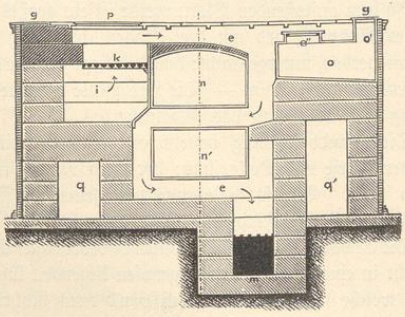


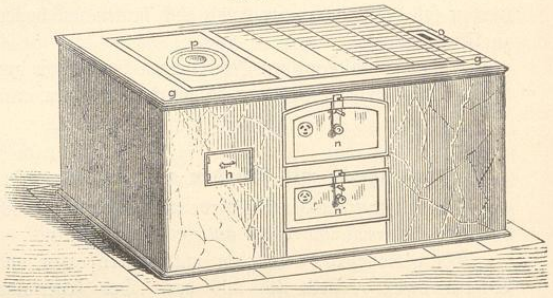
Fig. 301.
Längenschnitt nach a—b.



Haushaltes in Grundriß, Längen- und Querschnitt und perspektivischer Ansicht dargestellt. Als Brennmaterial ist gutes, hartes Holz oder Kohle vorausgesetzt.

In einem Falz der kupfernen 12 cm breiten Einfassung g g liegt die, mit einer Ringöffnung p versehene, aus mehreren Teilen bestehende, gußeiserne Kochplatte, unter derselben das große, eiserne Bratrohr n, darunter das eiserne Warmrohr n', rechts seitwärts der kupferne Wasserkasten o. Das Brennmaterial wird durch die Ringöffnung p auf den Rost gebracht, eine Einrichtung, die den Vorteil hat, daß das Brennmaterial stets direkt auf den Rost fällt und die Verbrennung im kleinen Raume und bei hoher Temperatur vor sich geht. Die zur Verbrennung erforderliche Luft gelangt in den Aschenfall i und durch den Rost

Fig. 302.
Ansicht.



in den Brennraum k. Von hier ziehen die Rauchgase unter der ganzen Kochplatte hin, erwärmen das Bratrohr n von oben, nehmen ihren Zug abwärts in der Richtung der Pfeile und ziehen durch den unterirdischen Rauchkanal m in den Schornstein. Der Wasserkasten wird zwar nur an einer Langseite von den Rauchgasen bespült, wird aber von der Stichflamme fast bis zum Sieden erhitzt. Derselbe ist mit Hals o' zum Füllen und einer Reinigungsöffnung o'' versehen. Er könnte andere Form und andere Lage erhalten, jedoch ist die in der Zeichnung gewählte Konstruktion als dauerhaft zu empfehlen.

Der innere Raum des Kochherdes wird gewöhnlich aus guten Mauersteinen in Lehmmörtel errichtet und der Brennraum aus Chamottesteinen und Chamottemörtel hergestellt. Am Brennraum kann die Stärke 20 bis 25 cm, an den übrigen Stellen 12 cm betragen und für Anstaltsküchen, welche den ganzen Tag im Betriebe sind, auch 20 cm. Bei so starken Umfassungen zeigt die äußere Bekleidung nur eine sehr mäßige Temperatur und können daher Marmorplatten zu derselben verwendet werden. Diese Marmorbekleidung ist billig, elegant und unverwüstlich. Wo es auf Eleganz nicht ankommt, können Schiefer- oder Serpentinplatten, auch Solenhofer Steine verwendet werden; selbstverständlich auch Kacheln und glasierte Hohlsteine.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Öffnungen q und q' sind als Aussparungen angelegt. Zur Reinigung der Züge e e sind an der Rückwand der Maschine entsprechende Öffnungen mit Kapselverschluß angebracht.

Ist die Anlage des Kochherdes in der Mitte der Küche nicht statthaft, so läßt sich derselbe ohne sonstige Abänderung mit seiner Rückseite gegen eine massive Scheidewand legen. Die Reinigung wird dann im oberen Teil wie vorher durch Abheben der Kochplatten und in den Zügen e dadurch ermöglicht, daß die Böden des Brat- und Wärmrohres zum teilweisen Herausnehmen in Schieberform konstruiert sind (vergl. die Doppellinien in der Zeichnung). Die Wandbekleidung kann ebenfalls aus Marmor bestehen und ruht auf eisernen Stifthaken, um mit der Kochplatte nicht in Berührung zu kommen. Bei solcher Konstruktion wird die Wärme von der Kochplatte nicht auf die Wandbekleidung übertragen, und letztere bleibt unberührt, wenn erstere aus irgend einem Grunde abgenommen oder verändert werden soll.

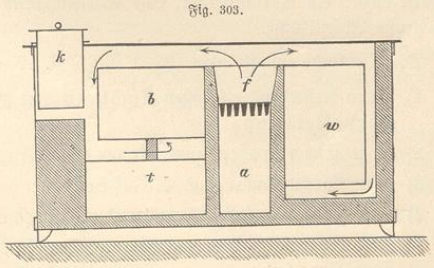
Die Bratofen- und Wärmspindthüren werden entweder aus Eisen, geschliffen, mit schwarzlackierten Füllungen hergestellt oder mit geschliffenem Eisenrahmen und Messingfüllungen. Beide Thüren sind als Fallthüren (d. h. um eine untere, horizontale Achse drehbar) konstruiert, was die Besorgung der Öfen wesentlich erleichtert. Der Wasserkasten besteht aus Kupfer oder emalliertem Eisen.

§ 93.

Kochherde aus Eisen.

Wegen ihrer bedeutenden Wärmestrahlung sind diese Herde für den Haushalt in Norddeutschland wenig beliebt; sie finden jedoch vielfach Anwendung am Rhein und in Hessen, namentlich aber in Westfalen, einmal wegen der geringeren Anschaffungskosten und andererseits wegen ihrer geringen Abmessungen und leichten Unterbringung. — In

Fig. 303.



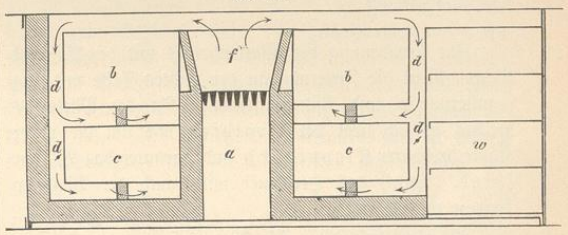
Westfalen herrscht vielfach die ererbte Gewohnheit, daß Herde und Öfen vom Mieter zu beschaffen sind und daher „bewegbar“ sein müssen.

Diese Kochherde können daher vollständig frei stehen, aber auch an zwei Seiten von den Umfassungswänden der Küche umschlossen sein; je mehr Seiten frei sind, desto leichter ist die Bedienung des Herdes und die Handhabung der Kochgeschirre.

Eine für elegante Haushaltungen geeignete Herdeinrichtung stellt Fig. 303 dar. Die Feuerung f ist mit Rost und Aschenfall versehen; b ist der Bratofen, k das Wasserschiff, w das Wärmspind; auch ein Trockenspind t ist vorhanden.

Kochherde für Restaurationen (Fig. 304) unterscheiden sich von denen für Privatküchen gewöhnlich dadurch, daß erstere eine sogenannte Teilfeuerung in der Mitte haben. Die Flamme teilt sich über dem Brennraum f, streicht nach beiden Seiten unter der Kochplatte hin und erhitzt diese. Auf ihrem weiteren Wege geben die heißen Verbrennungsprodukte ihre Wärme an die beiden Bratöfen b b und die von ihnen durch einen Zug getrennten Backöfen c c, gleichzeitig aber auch an das Wärm-

Fig. 304.



spind w ab, welches an der Schmalseite des Herdes angebracht ist. — Hinter der Feuerung f, und von dieser durch eine Wand von Chamottesteinen getrennt, ist die Wasserblase mit äußerlich regulierbarem Abflußhahn angebracht.

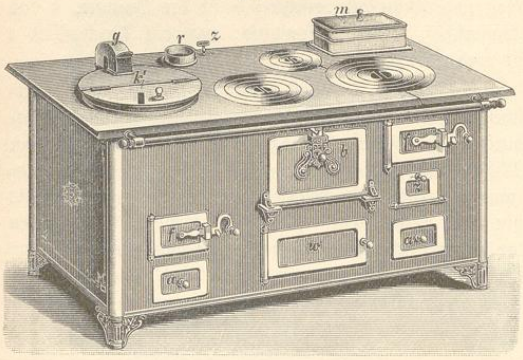
Die Restaurationskochherde haben in den vertikalen Feuerzügen Absperrklappen (d d, Fig. 304), welche es ermöglichen, einen Teil der Maschine abzusperren und nur die Hälfte des Herdes oder weniger zu benutzen.

In landwirtschaftlichen Betrieben bedient man sich meist für die gutsherrschaftliche Küche eines Kochherdes, mit welchem ein besonderer Kessel zur Speisenbereitung für das Gesinde verbunden ist. Ein solcher Herd, und zwar der kleineren Sorte, aus der rühmlich bekannten Hildesheimer Sparherdfabrik **A. Senking** (Hildesheim), ist in Fig. 305 in perspektivischer Ansicht dargestellt. Er wird von allen Seiten freistehend gesetzt und der Rauch durch das bei r ansetzende Rauchrohr nach dem Schornstein geleitet. Zur Regulierung des Zuges dient die drehbare Klappe z.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der große Kessel k wird durch eine besondere Heizung f erwärmt; unter dem Rost desselben befindet sich der Aschenfall mit Aschenkasten a. An dem Kessel ist ein sogenannter Wrasenfänger g angebracht, durch welchen der sich bildende Wrasen abgesaugt und in den Feuerraum geleitet wird.

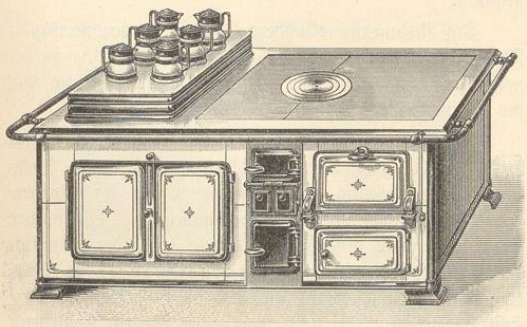
Fig. 305.



Zur Erwärmung des Plattenherdes mit den Kasserollöchern dient die Feuerung an der rechten Seite mit Zugregulierung z und Aschenkasten a. In der Mitte des Herdes endlich liegt der Bratofen mit um die untere Kante drehbarer Klappthür b und darunter das Wärmspind. Durch das Herdfeuer wird auch der Wasserkasten m erwärmt.

Als einer besonderen Einrichtung ist noch der Kaffee-Kochherde zu gedenken, die in Konditoreien, Kaffees, Restaurationsküchen, und zwar als selbständige Herde angetroffen werden. Dieselben enthalten neben entsprechender

Fig. 306.



Plattenfläche ein großes „Bainmarie“ oder Wasserbad, in welchem verschiedene Gefäße mit zu verabreichenden Getränken warm gehalten werden können und darunter einen großen, zweithürigen Geschirrwärmschrank, der in seinen Umfassungswänden mit Chamotteplatten isoliert ist, damit er eine nicht zu hohe und möglichst gleichmäßige Temperatur behält.

Ungefähr in Mitte der Langseite befindet sich die Einfeuerung, wobei die Anlage so getroffen ist, daß die Heizgase regulierbar sind. Die Zugregulatoren liegen dicht unter der Einfeuerung (vergl. Fig. 306). Rechts von derselben ist zu oberst ein Backofen zur Herstellung von Kaffeegebäck angeordnet; ein Zugregulierventil unterhalb desselben ermöglicht die Erhöhung der Unterhitze im Ofen und gestattet andererseits den Backofen von der Heizung auszuschließen.

Der hier dargestellte Kaffeeherd wird von der Hildesheimer Herdfabrik weiß emailliert geliefert; die Thüren sind sämtlich doppelwandig konstruiert.

Anwendungen.

§ 94.

Auf Taf. 57 geben wir die Kücheneinrichtung in dem Palais **v. Tiele-Winkler**, Regentenstraße 15 zu Berlin.[1]) Fig. 1 stellt den Grundriß der Küchenanlage, Fig. 2 den Querschnitt nach AB, Fig. 3 den Längenschnitt nach CD und Fig. 4 denselben nach EF dar.

Von der Anwendung des Marmors zur Bekleidung der verschiedenen Feuerungsanlagen, der Abspültische und der 1,5 m hohen Wandbekleidung ist umfassender Gebrauch gemacht worden.

Die Ausführung wurde durch die Fabrik für wirtschaftliche Heiz- und Kücheneinrichtungen von **Markus Adler** in Berlin bewirkt.

In der dargestellten Küche wird bei gewöhnlichem Gebrauch für 30 Personen gekocht, sie genügt jedoch in außergewöhnlichen Fällen auch zur Herstellung von Diners für 120 bis 150 Personen. Als anstoßende Nebenräume gehören dazu: ein Anrichteraum, eine Speisekammer und eine große Abspülküche.

Die Kochküche enthält (wie Fig. 1 auf Taf. 57 zeigt):

1) Einen freistehenden großen Kochherd mit Marmorbekleidung;
2) einen Etagenofen zum Braten und Backen;
3) zwei Vorrichtungen zum Spießbraten;
4) ein besonders großes Wärmspind (Wärmeschrank);
5) einen Abspültisch zum kleinen täglichen Gebrauch, einen Ausguß;

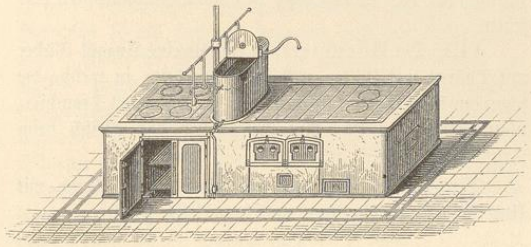
1) Vergl. meine Mitteilung in Romberg, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1880, 2. Liefg. Der Verfasser.

6) ein Waschbecken mit Kalt- und Warmwasserauslaß;
7) einen Behälter zum Wässern von Fleisch, Fischen, Gemüse u. s. w.;
8) einen Anrichtetisch mit warmer Tranchierplatte;
9) Küchenspind und Tisch mit Wage.

Über der Marmorwandbekleidung sind Topfbretter angebracht, welche auf Konsolen ruhen. Messinghaken und Messingstangen dienen zum bequemen Unterbringen der verschiedensten Küchenutensilien.

I. Der Kochherd (Fig. 307) ist von allen Seiten freistehend, 3,52 m lang, 1,41 m breit und hat getrennte

Fig. 307.



Brennräume für den großen und kleinen Betrieb. Zum kleinen Betrieb gehören der Gaskochherd mit zwei Ringöffnungen. Der große Betrieb umfaßt: den großen Kochherd mit zwei getrennten Brennräumen, zwei Bratröhren an jeder Langseite, ein durchgehendes Wärmspind mit Flügelthüren an beiden Seiten, einen Tellerwagen zum Erwärmen einer großen Anzahl von Tellern und Schüsseln, eine kupferne Wasserblase mit Schwenkhahn und eine kupferne Heißwasserschlange mit Cirkulationsröhren und Wasserreservoir. Der Rauch der Kochmaschine wird unterirdisch abgeführt.

Die Umfassungen des Kochherdes wurden aus Chamottesteinen starkwandig ausgeführt und mit Marmorbekleidung versehen, die Thüren sind mit eisernen Anschlagzargen in die Herdbekleidung eingesetzt.

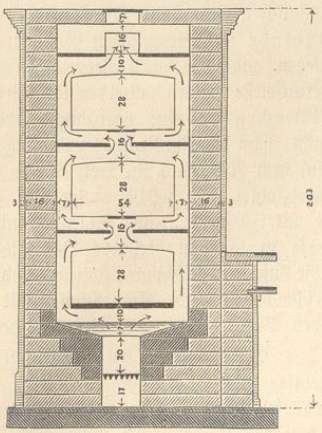
Das reine Kochwasser befindet sich in einer kupfernen, geschlossenen Wasserblase, die von den Rauchgasen umspült wird. Der obere Teil ist als Wasserbad mit Klappdeckel konstruiert und mit der Kaltwasserleitung durch das Verbindungsrohr k und einen Niederschraubhahn verbunden. Um das warme Wasser zum Ausfließen zu bringen, öffnet man den Hahn, wobei das kalte Wasser mit dem in der öffentlichen Wasserleitung herrschenden Drucke in die Blase eintritt. An seine Stelle tritt ein gleiches Quantum heißen Wassers in den offenen Schwenkhahn und ergießt sich in die untergestellten Töpfe.

Mittels der Cirkulationswasserheizung wird das zum Abwaschen, Spülen und sonstigem wirtschaftlichen Gebrauch erforderliche Wasser erwärmt. Die Heizschlange liegt in den Brennräumen des Plattenherdes; von hier ziehen die Cirkulationsrohre zwischen der Decke der Bratöfen und den Herdplatten an dem Wasserbade vorüber, treten durch die Platte, steigen zur Decke empor und sind auf kurzem Wege in das Kaltwasserreservoir eingeleitet. Das Fallrohr bringt nun stets abgekühltes Wasser aus dem Reservoir zur Schlange zurück, während durch das Steigerohr erhitztes Wasser nach dem Oberteil des Reservoirs geleitet wird und so nach bestimmter Frist der Inhalt des Reservoirs erwärmt ist. Die Füllung des letzteren erfolgt aus der Wasserleitung, und zwar automatisch mittels Schwimmkugelhahn.

Es kann hiernach mittels hydrostatischen Druckes überall dahin Warm- und Kaltwasser geführt werden, wo es benötigt ist. Solche Ausläße sind vorhanden: am Ausguß, an der Waschtoilette, am Abspültisch, am Wassergrant (Behälter zum Wässern), unter der Tranchierplatte des Anrichtetisches (auch in der Spülküche und dem Anrichtezimmer). Dieser ausgedehnte Gebrauch warmen und kalten Wassers trägt zur Bequemlichkeit und Sauberkeit des Betriebes bei. Das abfließende unreine Wasser ist mittels der Rohrleitung mit der öffentlichen Kanalisation verbunden.

II. Der **Etagenbackofen** (Fig. 308 im Durchschnitt dargestellt) dient als Brat-, Back- und Konditorofen, enthält einen Brennraum von Chamottemauerwerk mit Rost

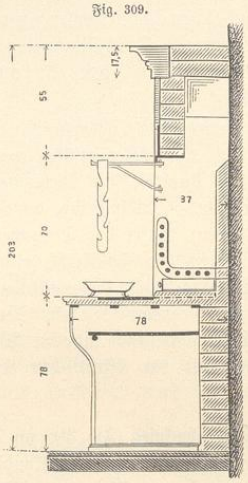
Fig. 308.



und luftdichtem Thürverschluß und drei etagenweise übereinanderliegende Brat- resp. Backröhren. Die Züge sind so konstruiert, daß sich das Feuer unter dem Boden jeder Etage spaltet und oberhalb der Decke wieder vereinigt. Damit die Hitze des Brennraumes nicht störend auf den Backprozeß der darüber gelegenen Ofenetage einwirken kann, ist zwörderst eine starke Gußeisenplatte und als weiteres Schutzmittel eine Aschenschicht verlegt, auf welche der Boden der Backröhre aufsetzt. Die Decken der Züge sind ebenfalls durch gußeiserne Platten hergestellt.

III. Feuerungen mit Bratspießvorrichtung (Fig. 309). Es sind zwei derselben und von gleicher Größe

Fig. 309.



vorhanden, welche sich auf einem gemeinschaftlichen Untersatze mit Vortisch erheben. Die eigentlichen Rauchgehäuse sind kaminähnlich gestaltet und mit Rost, Feuerkorb, Aschenschublade und beweglichem Galgen nebst Gehänge versehen, außerdem durch eiserne Thüren verschließbar. Die Bratspieße werden mittels eines Uhrwerks in drehende Bewegung um eine horizontale oder vertikale Achse gebracht; man hat also liegende und hängende Spießbraten. Auf dem Rost wird ein Holzfeuer entzündet (am besten ist Holzkohle), und sobald es in Glut gebracht ist, werden die mit Fleisch besteckten Spieße durch Aufziehen der Uhrwerke in langsam drehende Bewegung gebracht, wobei sich die äußeren Fleischporen schließen und der Braten saftig und schmackhaft wird. Eine Pfanne mit Salzwasser unterhalb des Bratens dient zum Begießen desselben.

IV. Das Wärmspind hat Flügelthüren und im Innern mehrere Abteilungen zur Aufnahme des zu erwärmenden Tafelgeschirres. Die Erwärmung geschieht hier durch die von der Kochmaschine unterirdisch abziehenden Rauchgase, welche — wie die Zeichnung klarstellt — hierher gezogen sind, um die inneren Züge des Spindes zu umspülen, ehe sie in den Schornstein entweichen.

V. Der Abspültisch ist in drei Abteilungen gebracht, die erste dient zum Abwaschen, die zweite zum Abspülen des Geschirres, in der dritten soll das abgespülte Geschirr abtropfen, um dann leicht abgetrocknet werden zu können.

VI. Der Waschtisch mit Warm- und Kaltwasserzufluß ist eine große Annehmlichkeit für das Personal der Küche und dient zur Beförderung der Sauberkeit.

VII. Fische, Krebse, Fleisch, Gemüse, Salat müssen teils gewässert, teils gewaschen werden; zu diesem Zweck ist der zweiteilige marmorne Wasserbehälter (Wassergrant) angebracht und dieser mit Kalt- und Warmwasserzufluß resp. mit Abfluß nach den Kanalisationsrohren versehen.

VIII. Der Anrichtetisch enthält eine Anzahl Fächer mit Thüren und Kästen und die Tischplatte, in welche die schon erwähnte (durch Cirkulationsrohre erwärmte) Tranchierplatte eingelassen ist. Auf dieser wird das Fleisch beim Tranchieren warm gehalten.

Der Küchenschrank hat die gewöhnliche Form mit Untersatz, Ausziehbrettern und doppeltem Aufsatz.

§ 95.

Einmauerung von Koch- und Waschkesseln.

Alle Koch- und Waschkessel haben eine annähernd cylindrische, unten segmentähnlich abgerundete Gestalt. Den Abschluß des Feuerraumes einer solchen Kesselheizung bildet der Kesselboden, und die Verbrennungsprodukte sollen so geführt werden, daß die Feuergase, nachdem sie den Boden bestrichen haben, an geeigneter Stelle aufsteigen, um auch die Wandungen des Kessels zu berühren. Dies kann geschehen — und zwar bei kleineren Kesseln — entweder durch strahlenförmige Züge (Tafel 58, Fig. 1 bis 4) oder durch das sogenannte „Lauffeuer“ oder den Schneckenzug. Das Lauffeuer ist entweder ein „einfaches“ oder ein „gespaltenes“ Lauffeuer. Auch das „doppelte Lauffeuer“ oder der „doppelte Schneckenzug“ kommt zur Anwendung, wenn der Kessel groß und die Höhe nicht beschränkt ist. — Die mit Lauffeuer gesetzten Kessel bedingen gegen die ältere Art ohne Züge eine Ersparnis an Brennstoff von 30 Prozent.

Die folgenden Beispiele stellen Kessel mit strahlenförmigen Zügen resp. solche mit ungespaltenem Lauffeuer dar, die letzteren haben sich bei den vom großherzoglich hessischen Gewerbeverein angestellten Versuchen als die zweckmäßigsten erwiesen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tafel 58,[1]) Fig. 1 giebt den Grundriß, Fig. 2 den Durchschnitt nach A B, Fig. 3 den Durchschnitt nach C D und Fig. 4 die Ansicht eines Kessels mit strahlenförmigen Zügen. Derselbe hat 0,94 m oberen Durchmesser, 0,60 m Tiefe, verjüngt sich nach unten um 15 cm und ist aus Kupfer gehämmert.

Zum Auflager des Kessels sind sieben Unterstützungen in gleichen Abständen angelegt, welche sich nach der Mitte bis auf 6 cm zuspitzen und am äußeren Ende in die einen Stein starke Umfassungswand des Kessels eingreifen. Der Rost a liegt zwischen den vorderen Unterstützungen u u und reicht bis unter die Mitte des Kessels, damit die Flamme den ganzen Kessel umspülen kann. Die Einfeuerungsöffnung ist 26 cm breit und hoch, $^1/_2$ Stein stark überwölbt und mit einem Anschlag für die Thür versehen. Bei nur $^1/_2$ Stein starken Umfassungen ist eine Thür mit Eisenzarge zu verwenden. Die Ausströmungsöffnung g für den Rauch ist 15 cm hoch und breit und liegt dem Roste gegenüber. An dieser Stelle sind die Züge 11 am Boden des Kessels zugedeckt und die Stege m m als Feuerbrücken hochgeführt, so daß der Rauch durch einen oberhalb gelassenen Schlitz entweichen muß. Den Zug reguliert der Schieber n. Um die beim Kochen aufsteigenden Wasserdämpfe aus dem Kesselraum zu entfernen, ist ein Dunstfang von Blech über dem Kessel angeordnet, welcher nach allen Seiten 30 cm vorsteht und den Wrasen in ein Dunstrohr von 26 cm Seite einleitet.

Die Vermauerung mit Lauffeuer oder Schneckenzug zeigt Fig. 5 bis 7 auf Tafel 58. Fig. 5 giebt den Grundriß der Feuerung eines 1,6 m weiten Kessels, Fig. 6 den Durchschnitt nach A B, Fig. 7 den Querschnitt nach C D.

Der größere Kesseldurchmesser gestattet eine bessere Ausnutzung der Verbrennungsprodukte als zuvor. Der Feuergang beschreibt hier nämlich vom Roste aus eine $1^1/_2$fache Windung um den Kessel von beiläufig 8,5 bis 9 m Länge. Übrigens verlangt das Gewicht des Kessels mit seinem Inhalte eine zusammenhängende ringförmige, 20 cm breite Untermauerung b als Auflager; diese bildet einen kegelförmigen verengten Brennraum von vier bis sechs Schichten Höhe (letzteres für Holz- und Torffeuerung), der am Rost mit nur 30 cm Durchmesser beginnt, aber dennoch den Kesselboden für das Feuer möglichst freilegt. Der Schneckenzug geht vom Rost aus in der Richtung des Pfeiles (Fig. 5) nach dem Kanal d, umspült den Kessel, indem er über der Heizöffnung sich fortsetzt und tritt nach $1^1/_2$facher Windung durch das Feuerrohr f in das offene Vorgelege g, so daß die Einmündung höher liegt als der Thürsturz desselben. Die Decke der Schneckenzüge wird durch eine doppelte Dachziegelschicht in Lehm gebildet. Die Reinigungsöffnungen k k werden so angelegt, daß man durch sie die Züge möglichst weit befahren kann.

Die Heizung dieses Kessels geschieht von dem „Vorgelege“ g aus, was den Vorteil bietet, daß Rauch sich niemals in den Kochräumen verbreiten, und daß man Feuerung und Aschenfall, ohne Rücksicht auf die Höhe der Pflasterung, beliebig tief legen kann, weil andernfalls die Benutzung des Kessels — wegen zu großer Höhe seiner Bordkante — erschwert würde.[1])

Zur Erreichung des schnellen Abzuges der Dünste in das Schornsteinrohr würde es geraten sein, das Vorgelege in Höhe der punktierten Linie m zu überwölben; dadurch wird der Schornstein ein geschlossener, also der Zug befördert. Insbesondere ist es von Vorteil, die Verbrennungsprodukte, wie in Fig. 294, in ein eisernes Rauchrohr einmünden zu lassen, welches bis über Dach geführt wird und erhitzt saugende Wirkung hervorbringt, also zum Abzug der durch das Kochen entwickelten Dämpfe beiträgt.

Die Schieberöffnung erhält die übliche Weite der russischen Rohre, d. h. etwa $^{15}/_{20}$ cm Seitenabmessung oder 300 qcm Querschnitt. Diese Dimension würde auch für die Feuerzüge genügen; da sich jedoch die Schneckenzüge gern mit Flugasche füllen, so thut man gut, den Querschnitt derselben um die Hälfte zu vergrößern.

Kessel von 1 bis 1,5 m Durchmesser werden endlich nicht selten mit geteiltem Schneckenzuge oder mit dem „gespaltenen Lauffeuer“ versehen. Die Öffnung an der Feuerbrücke ist dann durch eine Zunge geteilt, so daß die Flamme, wenn sie auf den Kesselboden gewirkt hat, sich teilt und den Kessel von rechts und links umspült, um sich an der entgegengesetzten Seite wieder zu vereinigen und in den Schornstein zu entweichen. Im übrigen ist die Konstruktion von der vorherigen wenig abweichend.

Anm. Für Kasernen und Gefängnisse werden von **F. Holzer** in Berlin Kochherde, welche ausschließlich Kessel enthalten, angefertigt. So enthält ein Herd, der für ein Bataillon ausreicht, drei Kessel, nämlich einen Wasserkessel von 228 l Inhalt, einen Gemüsekessel von 720 l und einen Fleischkessel von 336 l Inhalt. Jeder Kessel hat seine besondere Feuerung, ist aus verzinntem Eisenblech hergestellt und mit Ablaßrohr und Hahn versehen. Die Kesseldeckel sind durch Filzeinlagen gedichtet, so daß die Wrasenableitung entbehrlich ist. — Die Deckel werden durch Gegengewichte aufgezogen. Jeder Kessel ruht unterhalb nur auf drei Stützen.

1) Wir entlehnen die zugehörigen Figuren aus Manger, Blätter für gewerbliche Baukunde. Berlin, Ernst & Sohn.

1) Kommt dieser Umstand bei großen Kesseln nicht wesentlich in Betracht, so kann man das Vorgelege sparen, den Kessel von innen heizen und denselben mittels kleiner Treppen von zwei bis drei Stufen bedienen. Zur besseren Ausnutzung der Verbrennungsprodukte wendet man auch wohl den sogenannten doppelten Schneckenzug an, wobei der Feuergang vom Roste ab eine Länge von 1,50 m erreicht. Zum Abzug der Verbrennungsprodukte wird sodann ein befahrbares Rohr erforderlich, und als Dunstschlot kann ein Wrasenrohr nebenan aufgeführt werden, dessen schwache Wange den Abzug im Schlot durch Wärmeabgabe begünstigt.

Die Anlage einer größeren Anzahl von Kesselfeuerungen mit zugehörigem Schornstein, wie solche für den Bedarf von öffentlichen Anstalten oder im Fabrikbetrieb nicht selten erfordert werden, behandelt J. Manger in „Blätter für gewerbliche Baukunde", Taf. II. Auch die Einmauerung der Braupfannen, der „Blasen" für Branntweinbrennerei, der Kessel zum Anstellen der „Färbeflotten" und dergleichen mehr findet sich in diesem Werke behandelt.

Gegenwärtig werden jedoch diese gewerblichen Siedeprozesse meistens mit Dampf bewirkt, und an die Stelle der Menschenhand sind im Großbetriebe maschinelle Einrichtungen getreten. Dies ist namentlich auch der Fall in den großen Küchen der Humanitätsanstalten (der Krankenhäuser, Irrenanstalten, Gefängnisse, Volksküchen u. s. w.).

Eine ausführliche Beschreibung mit den Grundrissen der Kochanstalt und Waschanstalt der Provinzial-Irrenanstalt zu **Düren** in der Rheinprovinz enthalten die Nummern 6 und 7 des „Rohrleger", Jahrg. 1879, auf welche wir hiermit verweisen. Auch die Baukunde des Architekten, Bd. I, Teil 2 bringt auf Seite 615 u. f. Beispiele dieser Art; wir nennen nur die vorerwähnte Wasch- und Kochküchenanlage zu Düren, ferner die des städtischen allgemeinen Krankenhauses im Friedrichshain zu Berlin und der Provinzial-Irrenanstalt in Eberswalde.

Zweiter Abschnitt.

Wasserversorgungs- und Beleuchtungsanlagen, Haustelegraphen und Telephone.

Erstes Kapitel.

Wasserversorgung der Gebäude.

§ 1.

Außer der Beheizung und Lüftung unserer Wohnräume bildet die ausgiebige Versorgung derselben mit gutem Trink- und Nutzwasser eines der wichtigsten hygienischen Förderungsmittel für das menschliche Wohlbefinden.

Geschichtliches.

Im alten Rom sowohl wie in dem weiten Gebiete des römischen Reiches wurde das Quellwasser hochliegender Berge oft meilenweit durch in imposanten Verhältnissen angelegten Aquädukte den wasserbedürftigen Städten zugeführt. Hier sei zunächst erinnert an die berühmte, schon im Jahre 312 n. Chr. erbaute, $2^1/_4$ deutsche Meilen lange Aqua Appia. Ferner seien erwähnt: der aus der besten Zeit römischer Bautechnik herrührende Aquädukt des Claudius und der im zweiten Jahrhundert n. Chr. errichtete 58 m hohe, in drei übereinanderliegenden Arkaden geführte Pont du Garde bei Nimes. In der Regel wurde jedoch auch im Altertum das Grundwasser als Trinkwasser, das Tagewasser (Flußwasser) als Nutzwasser verwendet.

Unter den Großstädten befand sich bis zur Mitte unseres Jahrhunderts Berlin — gegenüber Städten wie Paris, London, Hamburg — durch seine Lage und Bodenbeschaffenheit in ausnahmsweise günstiger Situation, da es in seinem Grundwasser eine durch zahlreiche Hof- und Straßenbrunnen erschlossene Quelle guten Trinkwassers besaß.

Seit dem Anfange der fünfziger Jahre machte sich aber auch hier eine stetig zunehmende Verschlechterung des Trinkwassers bemerkbar, deren Ursachen teils in der fehlerhaften Anlage der früher üblichen Senkgruben, Aborte und Straßenrinnsteine, teils in der Art und Weise zu suchen war, wie damals bei Anlage und Bebauung neuer Straßenzüge durch Aufbringen von allerlei Schutt und Unrat verfahren wurde. Daß hierdurch in Städten wie Ortschaften das Auftreten epidemischer Krankheiten gefördert wurde, ist erklärlich und deshalb sah sich die Sicherheitspolizei aus hygienischen Gründen gezwungen, nicht nur der ferneren Verunreinigung des Bodens, und somit des Grundwassers, ein „Veto“ entgegenzusetzen, sondern auch für rationelle Brunnenanlagen und Wasserleitungen — namentlich in Städten und deren Vororten — Sorge zu tragen.

Infolge dieser sanitären Forderungen erwächst nun für die damit betrauten Bautechniker die Aufgabe: jedes für Wohnzwecke errichtete Haus reichlich mit gutem Trink- und Nutzwasser zu versorgen und gleichzeitig für die Abführung des Spülwassers und aller flüssigen resp. festen Auswurfstoffe Sorge zu tragen, wodurch Reinlichkeit der Wohnungen und rationelle Gesundheitspflege gefördert werden.

Wo öffentliche Wasserversorgung und unterirdische Entwässerung durch Schwemmkanäle vorhanden sind, da ist der Anschluß der Privatgebäude in der Regel vorgeschrieben; wo derartige gemeinnützige Anlagen fehlen, wird doch die Benutzung öffentlicher resp. gemeinsamer

Brunnen möglich sein; andernfalls ist man auf die Anlage von Haus- oder Hofbrunnen angewiesen.

Litteratur.

Die Litteratur über Wasserversorgung ist eine sehr reichhaltige, findet sich aber meist zerstreut in einer Anzahl von Fachzeitschriften, von denen wir hier nachstehende verzeichnen:

Dinglers Polytechnisches Journal, Bd. 217, 235, 236.
Schillings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 1879.
Gesundheits-Ingenieur. München, Oldendorf.
Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.
Zeitschrift des Hannöverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins.
Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, Jahrgang 1878.
Schweickhardts Zeitschrift für das Gas- und Wasserfach. Wien und Leipzig.
Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen. Polytechnisches Centralblatt.
Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen. Berlin.
Deutsche Bauzeitung. Berlin.
Comptes rendues. — Annales de ponts et chaussées.
Engeneering, London. — Scientific American.

Ferner wird auf folgende selbständige Werke verwiesen:

F. Fischer, Die chemische Technologie des Wassers. Braunschweig 1878.
E. Grahn, die Art der Wasserversorgung der Städte des deutschen Reiches. München 1883.
Otto Lueger, Die Wasserversorgung der Städte. Darmstadt 1891 bis 1895.
G. Oesten, Wasserversorgung. Separat-Abdruck aus dem Handbuch der Hygiene. I. Band.

§ 2.

Beschaffenheit des Wassers.

Die Art der Verwendung des Wassers im menschlichen Haushalte ist eine mannigfaltige und die Anforderungen an Güte und Reinheit desselben steigern sich nach Maßgabe der Benutzungsweise. Im allgemeinen unterscheidet man nach den Hauptverwendungsarten des Wassers: Trinkwasser, Wasser zur Bereitung der Speisen, zum Reinigen des Körpers, sowie der Koch- und Speisegeschirre, zum Waschen der Wäsche und Kleider, zum Reinigen der Fußböden und Fenster, zum Tränken der Haustiere, zum Sprengen der Gärten, zu Feuerlöschzwecken, zum Fortschwemmen der Abfallstoffe.

An das zum Trinken und zur unmittelbaren Verwendung bei der Ernährung des Menschen gebrauchte Wasser müssen naturgemäß die höchsten Anforderungen gestellt werden: dagegen könnte das sogenannte Spülwasser für Kanäle, Ausguß- und Klosettbecken u. s. w. von viel geringerer Beschaffenheit sein. Da es aber keine Mittel giebt, die Benutzung von Gebrauchswasser zu Ernährungszwecken zu hindern, so muß sämtliches zugeführte Leitungswasser den Anforderungen genügen, die an Trinkwasser zu stellen sind.

Nun hat noch bei den ersten modernen Wasserversorgungen, welche um die Mitte dieses Jahrhunderts entstanden (Hamburg, Magdeburg, Kaiser Ferdinands-leitung in Wien) die Meinung vorgewaltet, daß das Wasser der Flüsse rein genug sei, um unmittelbar und ohne weitere Verbesserung den menschlichen Wohnungen zugeführt werden zu können. Aber schon im Jahre 1853 wurde von England her die „centrale Sandfiltration" des Flußwassers nach Deutschland gebracht, welche die Beschaffenheit desselben wesentlich verbesserte.[1])

Durchsichtigkeit und Temperatur des Wassers.

Das zur Wasserversorgung benutzte Wasser muß rein und klar erscheinen, frei von mechanischen Beimischungen sein, keinen üblen Geruch oder Geschmack besitzen, nach längerem Stehen nicht Niederschläge bilden, möglichst wenig organische Substanz aufgelöst enthalten und geringe Härte besitzen, auch salpetersaure Salze und Ammoniak nicht enthalten.

Auch die Temperatur des Wassers ist von Einfluß auf den Wert desselben als Genußmittel. Quell- und Brunnenwasser haben in unserem Klima gewöhnlich 9 bis 10° C.; es ist dies diejenige Temperatur, welche dem Wasser die erwünschte Frische verleiht. Allerdings durchläuft die Temperatur des aus Flüssen und Seen entnommenen Wassers erhebliche Schwankungen während der verschiedenen Jahreszeiten, so z. B. in Berlin im Innern der Häuser von + 2,6° C. im Winter bis zu 23,7° C. im Sommer. Dagegen ist man bei der Frankfurter Hochquellenleitung auf Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Wassertemperatur bedacht gewesen. Man hat die Leitungen von den Quellen nach der Stadt 2,50 m tief in den Boden gelegt, um sie möglichst dem Einflusse der Temperaturschwankungen zu entziehen und die Röhren aus Cement gebildet.

§ 3.

Wasserverbrauch pro Kopf.

Gewöhnlich wird die für centrale Wasserversorgung der Ortschaften erforderliche Wassermenge nach Erfahrungssätzen bemessen, die sich beim Betriebe vorhandener Wasserwerke herausgebildet haben und als Mittelwert nach der Einwohnerzahl in Litern pro Kopf angegeben. Hierbei versteht man unter der Bezeichnung „erforderliche Wassermenge" nur die nutzbare Wassermenge, soweit solche bei

1) Vergl. Handbuch der Hygiene, Band I, Abteilung 2 und Bakteriologie des Trinkwassers, bearbeitet von Prof. Löffler.

regelrechter Kontrolle des Wasserkonsums sich als notwendig erweist. **G. Oesten** giebt in seinem oben angeführten Werke eine Tabelle des Wasserverbrauchs in 52 deutschen Ortschaften. Es schwankt hiernach der Verbrauch pro Kopf und Tag innerhalb ziemlich weiter Grenzen und ist höher da, wo Klosetts mit Wasserspülung vorhanden sind. In Berlin beträgt derselbe pro Kopf und Tag durchschnittlich 68 l, in welcher Zahl etwa 650 durch Dampf- und Gaskraft betriebene Pumpwerke nicht mit inbegriffen sind, welche täglich ein Wasserquantum von mehr als 60000 cbm, d. h. circa 40 Proz. des Gesamtkonsums aus dem Grundwasser, liefern.[1]) — Um zur Bildung eines Mittelwertes aus den Erfahrungszahlen der Oesten'schen Tabelle zu gelangen, wird man daher einen durchschnittlichen Verbrauch von **100 Liter** pro Kopf und Tag zu Grunde legen und diese Wassermenge in den meisten Fällen auch als eine ausreichende ansehen können, wobei allerdings in jedem besonderen Falle die örtlichen Verhältnisse gebührend zu berücksichtigen sind.

Zeitliche Schwankungen im Wasserverbrauch.

Wie der Wasserverbrauch jedes Ortes zu verschiedenen Zeiten variiert, bei trockenem Wetter im Sommer größer ist, als im Winter oder bei Regenwetter, größer bei Tage als in der Nacht, so wird sich auch für einzelne Kalendertage ein Maximal- und ein Minimalwasserverbrauch pro Kopf und Tag ergeben. Der deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern hat aus seinen statistischen Aufzeichnungen eine Tabelle für 41 deutsche Städte aufgestellt, welche in dem vorerwähnten Werke von G. Oesten wiedergegeben ist. Nach dieser Tabelle verhält sich der durchschnittliche Verbrauch zum Maximalverbrauch wie 100:157; die Tagesminima fallen meistens in die Winterszeit, die Maxima in die Sommermonate (Juni bis August).

Bei Vorausbestimmung der Wassermenge für einen mehrjährigen Zeitraum ist auch die voraussichtliche Bevölkerungszunahme zu veranschlagen. Bezeichnet dann e die gegenwärtige Bevölkerungsziffer, E die vorgeschrittene Ziffer, p den jährlichen Zuwachs in Prozenten und n die Anzahl der Jahre, so ist

$$E = e \cdot \left(1 + \frac{p \cdot n}{100}\right).$$

§ 4.

Wassergewinnung.

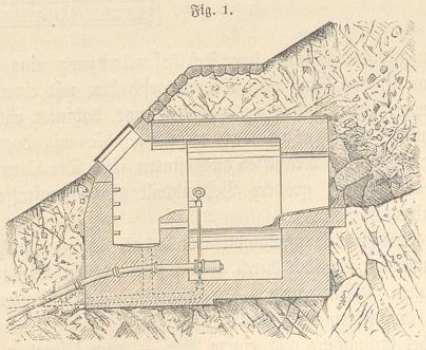
Das Wasser ist ein bewegliches Element und stetig in Fluß. Von der Oberfläche des Erdbodens und des Meeres wird es in Dunstform emporgehoben, von den Luftströmen fortgeführt und an anderen Stellen als Regen, Schnee oder Thau wiederum niedergeschlagen. Hierbei verdunstet ein Teil sogleich, ein anderer sammelt sich zu Bächen oder Flüssen, die dem Meere zufließen, ein dritter Teil dringt in den Erdboden ein, bis er eine undurchlässige, wasserführende Schicht findet. Wenn die unterirdische Wasserschicht als geschlossene Wasserader wieder zu Tage tritt, so nennen wir sie eine Quelle. Verbleibt dieselbe im verteilten Zustande, so nennt man sie Grundwasser. Es ist nun die Aufgabe der Wassergewinnung, das Wasser in jedem besonderen Falle aus den am geeignetsten erscheinenden Stellen der Erde zu sammeln, zu fassen und zu entnehmen.

Will man das Niederschlags- oder Tagewasser sammeln, so geschieht dies in Cisternen. Dieses Verfahren wendet man nur da an, wo auf andere und bessere Weise Wasser nicht zu erlangen ist. Für die moderne Wasserversorgung kommt diese Methode wegen der unvermeidlichen Verunreinigung durch Staub und Schmutz kaum in Betracht, da es in der Regel doch möglich ist, Wasser an solchen Stellen zu gewinnen, wo sich bereits Ansammlungen desselben, als da sind Flüsse, Seen, Bäche, Quellen und Grundwasserströme, darbieten.

A. Quellwasserleitung.

Quellen müssen in der Regel künstlich gefaßt und gesammelt werden. Jede Quellenfassung enthält einen Fassungsraum (Brunnenstube), in dem die einzelnen Wasserfäden in der Art gesammelt werden, daß das gewonnene Wasser stets rein bleibt und das Eindringen von Tagewasser in die Brunnenstube ausgeschlossen ist. Diese ist daher zu überwölben oder in anderer Weise dicht zu überdecken. Damit Störungen im Ursprung der Quelle

Fig. 1.



leicht erkannt werden, ist der Fassungsraum zugänglich zu machen. Um die Luft über dem Wasserspiegel erneuern

1) Der durchschnittliche tägliche Wasserverbrauch Berlins beträgt hiernach pro Kopf und Tag nicht 68 l, sondern zusammen 100 l, wobei noch abgesehen ist von der Wassermenge, die täglich durch zahllose, mit der Hand betriebene Hofbrunnen gefördert wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu können, ist ein Ventilationsrohr ins Freie zu führen und letzteres gegen Eintritt fremder Körper zu schützen.

Fig. 1, welche wir dem schon citierten Werke von Otto Lueger entnehmen, stellt eine einfache Brunnenstube dar. Aus derselben führt das Entnahmerohr in die Wasserverbrauchsleitung.

Außerdem aber soll der Fassungsraum eine Überlaufvorrichtung und eine Grundentleerung erhalten, um nach längerem Betriebe auch eine Reinigung der Brunnenstube bewirken zu können.

Allen diesen Konstruktionsteilen eine richtige und sachgemäße Herstellung zu geben, ist Sache des Ingenieurs.

Zur Gewinnung des Grundwassers ist die Anlage von Brunnen nötig.

B. Zur Entnahme von Wasser aus Seen und Flüssen,

die sich bezüglich ihrer Lage, Größe und Tiefe übersehen lassen, genügen meistens einfache Vorkehrungen. Gewöhnlich handelt es sich um Herstellung einer Schöpfmündung. Man wählt die Schöpfstelle möglichst oberhalb der zu versorgenden Ortschaft, und zwar da, wo das Ufer fest, der Grund rein, das Wasser möglichst tief ist. In der Regel

Fig. 2.

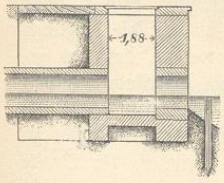
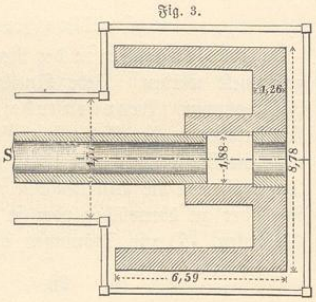


Fig. 3.



wird zur Gewinnung der Schöpfmündung eine Ufermauer in den Fluß oder See vorgeschoben, mit einer vergitterten Einlaßmündung versehen und dahinter eine sogenannte Saugekammer angelegt, die mit doppelter Querwand aus Drahtsieb ausgestattet ist. Die Querwand hat den Zweck, gröbere Bestandteile (Schwimmstoffe) abzuhalten.[1])

Aus der Saugekammer wird das Wasser durch das Saugerohr in der durch Fig. 3 erläuterten Weise entnommen. Man pflegt — wenn nötig — den Wasserstand vor der Ufermauer durch Baggerung zu vertiefen oder — bei Entnahme aus einem See — vom Ufer her einen Kanal in das tiefer gelegene Wasser zu führen. So ist die Wasserentnahme für die Stadt Genf 400 m weit in den Genfer See hinausgeschoben. Die Leitung besteht hier teils aus Holz, teils aus Gußeisen und das Einlaßsieb befindet sich unter Wasserspiegel.

Bei den neuen Müggelsee-Werken der Stadt Berlin ist die Zuführung ganz aus Holz hergestellt, was sich aus hygienischen Gründen nicht empfiehlt, weil Holz der Verwitterung unterliegt.

Muß das Wasser aus kleineren, fließenden Gewässern entnommen werden, welche während der Sommerszeit einen ungenügenden Vorrat von Wasser führen, so ist man genötigt, an geeigneter Stelle des Wasserlaufes Thalsperren anzulegen, welche während der trockenen Jahreszeit durch Anstauung des Wasservorrates dem Bedürfnis abhelfen.

Von einem derartigen Sammelbecken sind aus hygienischen Rücksichten alle verunreinigenden Zuflüsse abzuhalten und schädliche Hochwasser abzuleiten. Das umgebende Terrain desselben soll — wenn möglich — bewaldet, der Untergrund kiesig oder kalkig und die Wassertiefe nicht zu gering sein, damit das auf der Sohle des Sammelbeckens liegende Ablaßrohr Wasser von niedriger Temperatur der Verbrauchsstelle zuführt.

Wegen der Gefahr des Durchbruches aufgestauter Wassermassen gehört die Anlage von Thalsperren zu den schwierigsten Aufgaben des Ingenieurs und erfordert die größte Vorsicht der ausführenden Techniker.

Anm. Solche Thalsperren sind in alter und neuerer Zeit im großartigen Maßstabe errichtet worden. Hervorragend durch Konstruktion, Rechnung und sorgfältige Ausführung ist die von Prof. **Intze**-Aachen errichtete Thalsperre in Remscheid.

Auch Chemnitz besitzt eine Thalsperre und für Marienbad in Böhmen ist eine solche in Ausführung.

Näheres findet man in dem oben genannten Werke von O. Lueger, Die Wasserversorgung der Städte.

§ 5.

C. Fassung des Grundwassers.

Für die Gewinnung von Grundwässer kommt vor allem die Beschaffenheit und Mächtigkeit der wasserführenden Erdschicht (des Grundwasserträgers) in Betracht. Bei mäßiger Tiefenlage, geringer Mächtigkeit, aber größerer Flächenausdehnung dieser Schicht wird sich die Fassungsanlage in horizontaler Richtung erstrecken und aus Sammelröhren (Sammelkanälen) bestehen. Liegt dagegen der Grundwasserträger in großer Tiefe, so wird man zur Gewinnung des Grundwassers vertikale Sammelstellen (Brunnen) anwenden müssen.

Die einfachste Form horizontaler Sammelanlagen ist die Fassung des Wassers durch überdeckte Sickerkanäle und Sammelröhren, deren einfachste

1) In dieser Weise ist die Schöpfmündung an der Elbe bei Magdeburg zur Ausführung gelangt.

Form die Drainröhre bildet. Bei größeren Anlagen verwendet man gelochte Cementröhren und geschlitzte Eisenröhren oder gemauerte Kanäle und Stollen mit passend angebrachten Wassereinlässen. Solche geschlitzte Röhren sind unter anderen durch Salbach bei den Grundwasserwerken der Stadt Halle angewendet; dieselben werden — um das Eindringen von Sand in die Sammelröhren zu verhüten — mit gewaschenem Schotter und Kies umhüllt und die Sammelstränge münden in brunnenartige Behälter oder wirkliche Sammelbrunnen. Aus dem Hauptsammelbrunnen findet dann die Wasserentnahme statt.

Anm. Grundwassergewinnung durch Sammel- oder Filterröhren haben unter anderen die Städte Frankfurt a/M., Hannover, Kassel, Iserlohn.

Vergl. auch: Lueger, Die Wasserversorgung der Stadt Friedrichshafen.

Grundwasserfassung durch Brunnen.

Der Brunnen ist in seiner ältesten, ursprünglichen Form Schöpfbrunnen oder Ziehbrunnen, d. h. ein Wasserbehälter, dessen gemauerte Wandungen dem Druck des umgebenden Erdreiches Widerstand zu leisten haben. Eine verbesserte Form des gemauerten Kesselbrunnens ist der Pumpbrunnen.

Kesselbrunnen.

Bei Wasserversorgungen in größerem Maßstabe pflegt man gemauerte Brunnen von ziemlich bedeutender Weite und Tiefe herzustellen. Zu dem Ende wird auf einem mit Eisen beschlagenen dicken Bohlenkranze,[1]) dessen äußerer Rand scharf ist und daher leicht in das Erdreich eindringt, ein cylindrischer, nach oben hin sich konisch verengender Brunnenschacht (Brunnenkessel) aufgemauert. Dieser gemauerte Schacht wird durch sein eigenes Gewicht oder mit Hilfe von Belastung in den Boden eingesenkt, indem man das Erdreich im Innern des Brunnens ausbaggert. Die Aushebung des Bodens muß mit der Mauerung — eventuell unter Wasserbewältigung — gleichen Schritt halten. Das Aufgraben findet — soweit angänglich — mit der Schaufel und das Wasserschöpfen mit Eimern statt. Bei stärkerem Wasserandrang bedient man sich dann der Baggerschaufel, des Sackbohrers, der Sandpumpe u. s. w. und fährt damit fort, bis der Brunnen zur erforderlichen Tiefe gesenkt ist. Vergl. auch III. Abschnitt, Grundbau, § 9.

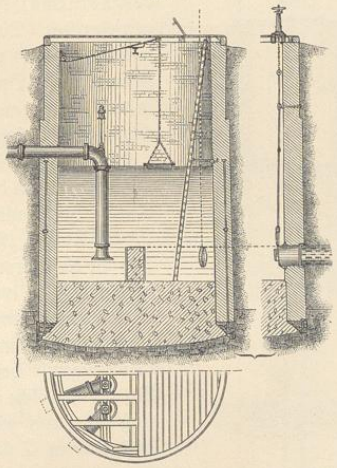
Die Brunnenwandung wird entweder undurchlässig in Cementmauerwerk hergestellt, in welchem Falle der Brunnen nur durch seine untere offene Fläche Quellwasser aufnehmen kann und dementsprechend einen Durchmesser — der der stündlichen Wasserentnahme entspricht — erhalten muß oder aber dieselbe wird ganz, resp. teilweise durchlässig ausgeführt, in welchem Falle der Brunnen auch seitliche Zuflüsse empfängt. Durchlässige Brunnenwandungen werden dadurch erhalten, daß man das Mauerwerk ohne Mörtel ausführt und dementsprechend die Fugen mit Moos füllt, oder es werden ausgelochte Steine zu den Wandungen verwendet.

Man hat auch Brunnen in dieser Art mit doppelten Wandungen gebaut und den Zwischenraum mit Kies und Sand gefüllt; solche Brunnen heißen Filterbrunnen.

Die Senkung eines solchen Versuchbrunnens mit durchlässigen Seitenwänden, nach Angaben von Henry Gill, ist ausführlich durch Zeichnungen erläutert im Jahrgang 1871 der Deutschen Bauzeitung, S. 108.

Ist der Brunnen fertiggestellt, so wird das Saugerohr der Pumpe in demselben eingehängt, die Brunnenöffnung mit einem dicht schließenden Deckel abgedeckt und

Fig. 4.



dadurch das Eindringen von Unreinigkeiten, Regenwasser u. s. w. möglichst verhindert. Fig. 4 stellt einen Hauptbrunnen des Wasserwerkes Hannover dar, auf dem die Einmündung des geschlitzten Sammelrohres ersichtlich ist.

In neuerer Zeit werden Brunnenschächte (Brunnenkessel) aus Beton hergestellt. Die kreisförmige Kesselwandung wird hierbei in einzelne cylindrische Stücke, sogenannte „Trommeln", bis zu 1,50 m Höhe bei gleicher Lichtweite und nur 10 cm Wandstärke zerlegt. Die Trommeln werden mit kurzen Muffen oder mit Halbfalz aufeinander versetzt; auch läßt sich die Ringform des Kessels aus mehreren Stücken, die ebenfalls durch Falze verbunden werden, zusammensetzen: eine Ausführungsmethode, die mancherlei Vorteile bietet.

Endlich ist hier noch zu erwähnen die sogenannte „Trockensenkung", wobei die Brunnen regelrecht durch

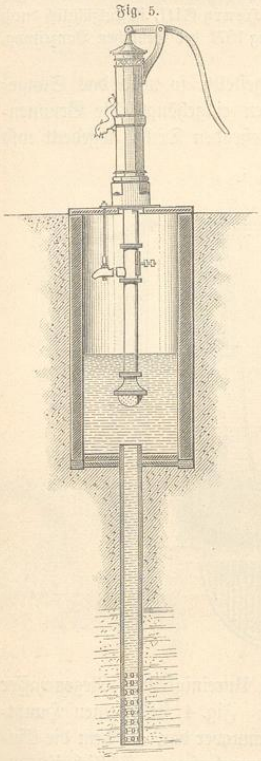
1) Vergl. auch III. Abschnitt, § 37 des Werkes.

Ausschalung eines Schachtes „abgeteuft“ werden, ein Verfahren, das sich besonders bei Sandboden empfiehlt.

Bei großer Tiefenanlage der wasserführenden Schicht genügt es, statt eines gleichmäßigen Brunnenschachtes den unteren Teil durch ein Rohr zu ersetzen, welches in die Sohle des gemauerten Brunnenschachtes eingesetzt ist.

Sämtliche Kesselbrunnenkonstruktionen sind jedoch vom hygienischen Standpunkte aus nicht einwandsfrei, weil Brunnen mit durchlässigen Wandungen aus allen Bodenschichten, also auch aus den oberen, Wasserzuflüsse aufnehmen, die schädliche Bestandteile enthalten können und thatsächlich auch enthalten, wie Prof. Löffler in seiner „Bakteriologie des Trinkwassers“ nachgewiesen hat. Dies ist namentlich dann vorauszusetzen, wenn der Brunnen sich in der Nähe von menschlichen Wohnungen, Düngergruben, Kanälen, stagnierenden Wasserflächen befindet. Durch Infiltration schädlicher Stoffe (Bakterien) sind die Kesselbrunnen häufig die Ursache epidemischer Erkrankungen geworden.

Fig. 5.



Die mit undurchlässigen Wandungen hergestellten Brunnen, welche ihren Zufluß nur von unten und aus tieferen Schichten erhalten, leiden dagegen an dem Übelstande, daß der Wasserspiegel im Brunnen nicht vollständig gegen die Berührung der äußeren Luft abzuschließen ist und daß sich über dem eingehängten Saugrohr eine mehr oder weniger stagnierende Wasserschicht bildet, welche zur Entwickelung kleiner Organismen Gelegenheit bietet.

Diese Nachteile der Kesselbrunnen sind bei der Verwendung von Rohrbrunnen für Grundwassergewinnung ausgeschlossen und da letztere auch geringere Anlagekosten als die gemauerten Brunnen erfordern, so werden diese mehr und mehr von den Rohrbrunnen verdrängt.

II. Rohrbrunnen.

Die einfachste Form des Rohrbrunnens ist der sogenannte abessinische Brunnen, ursprünglich eine amerikanische Erfindung aus dem Secessionskriege und nach dem Erfinder auch die „Norton'sche Röhre“ genannt, von den Engländern auf ihrem Feldzuge in Abessinien (1867 und 1868) mit Erfolg verwendet. Dieser Brunnen zeichnet sich durch große Einfachheit, sowie dadurch aus, daß man mit demselben zu Grundwasserständen von mittelerer Tiefe gelangen kann. Er wird daher häufig angewendet, wo es sich darum handelt, geringere Wassermengen für vorübergehende Zwecke zu gewinnen.

Der Abessinierbrunnen (Fig. 6) besteht aus einem gußeisernen Rohr, welches unten mit einer Stahlspitze und oberhalb derselben mit Löchern versehen ist. Das Rohr, dessen Durchmesser 25 bis 65 mm beträgt, wird mit einer Zugramme in den Boden eingetrieben und — nach Bedarf — durch Muffenverschraubung verlängert. Sobald der durchlochte Teil, der „Sauger“, in dem Grundwasserträger bis zur gewünschten Tiefe eingedrungen ist, wird auf das obere Ende des Rohres ein Pumpenstiefel mit Kolben und Schwengel aufgeschraubt (vergl. Fig. 6) und Wasser gepumpt. Hierbei spült das in den Sauger eindringende Wasser die feinen Bodenteile aus und es bildet sich um denselben ein natürliches Filter aus den vor den Saugelöchern zurückbleibenden gröberen Teilen, welche das fernere Eintreten von Sandkörnern in die Pumpe verhindern.

Fig. 6.

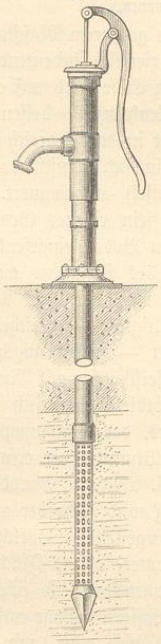


Fig. 7 u. 8.



Zur Vermeidung von Verstopfungen kann man das Rohr auch mit Tressengewebe umgeben. Statt der Schlagspitze (Fig. 7) gebraucht

man zuweilen eine schraubenförmig gestaltete Spitze (Fig. 8) und bohrt alsdann das Rohr durch Drehen in den Boden hinein.

Beträgt der lichte Durchmesser des Rohrbrunnens mehr als 60 bis 65 mm, dann wird der Widerstand des Bodens beim Einbohren oder Einrammen schon so bedeutend, daß sich die Norton'sche Methode nicht mehr empfiehlt. Man pflegt alsdann den Rohrbrunnen mittels Bohrung oder Wasserspülung zu versenken. Hierbei findet nachstehendes Verfahren statt:

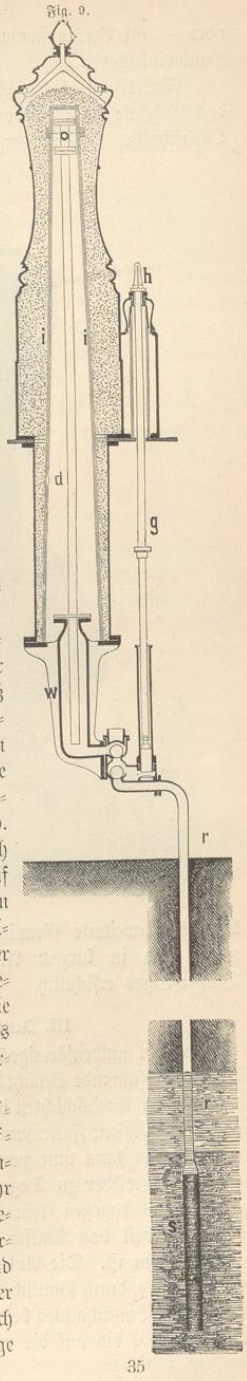
An den Streben eines Dreifußes wird eine Seilrolle befestigt und an dem über die Rolle geführten Seile der Ventilbohrer in das Bohrrohr gehängt. Letzteres besteht aus Schmiedeeisen und hat einen scharfen unteren Rand. Sobald nun der Bohrer auf den Boden, der das Bohrrohr füllt, scharf aufsetzt, öffnet sich das Ventil, wobei Sand oder Kies in den Bohrcylinder eindringt; wird der Bohrer hochgezogen, so schließt sich das Ventil und hält den eingedrungenen Boden zurück. Nach mehrmaligem Fallen und Heben des Bohrers füllt sich derselbe, wird herausgezogen und entleert. — In den so entstandenen Hohlraum am Ende des Bohrrohres wird das letztere dann durch Hin- und Herdrehen bei gleichzeitiger Belastung eingesenkt. Nachdem mit dem Bohrrohr die gesuchte, auch genügend durchlässige und wasserhaltige Schicht durchfahren worden ist, wird das Saugerohr mit durchlochtem Sauger, dessen Länge gleich der Mächtigkeit der wasserführenden Schicht gewählt wird, eingeführt, mit Tressengewebe umhüllt und das Bohrrohr ganz oder doch soweit herausgezogen, daß der Sauger vollständig frei wird und das Grundwasser ungehindert in denselben eintreten kann.

Rohrbrunnen dieser Art werden in neuerer Zeit fast allgemein angewendet. Die vom Ingenieur **O. Greiner** konstruierten Berliner Straßenbrunnen sind nebenher mit Einrichtungen versehen, um die Saugeschläuche zweier Handspritzen oder einer Dampfspritze schnell und bequem anschließen zu können und vermögen pro Minute 1 bis 1,25 cbm Wasser zu liefern. Ein solcher Straßenbrunnen ist auf Tafel 59 in Fig. 1 u. 2 mit seinen für den öffentlichen Gebrauch und für Feuerlöschzwecke kombinierten Einrichtungen dargestellt. Die Handpumpen dieser Straßenbrunnen sind Zug- und Druckpumpen mit direktem Handgestänge, welches nur bei sehr tiefer Lage des Grundwassers mit einer Abbalancierung versehen ist, durch die Zug- und Druckwiderstand einander gleich gemacht werden. Bei den gewöhnlichen Wassertiefen fällt diese Einrichtung fort, so daß bei der größten Zahl der Brunnen keine Lederungen, keine Gelenke vorkommen, welche Abnutzung und Reparatur verursachen, da auch der Kolben ohne Dichtung arbeitet.

Liegt der Wasserspiegel so tief, daß die Feuerspritzen nicht mehr mit Sicherheit ansaugen, so vereinfacht sich die Konstruktion durch Fortfall der für die Schlauchanschlüsse erforderlichen Teile; der Rohrbrunnen wird dann nur für den Straßenbedarf eingerichtet und die Pumpe nimmt die in Fig. 9 dargestellte Form an.

Es bezeichnet hier: s den Sauger; an diesen schließt das schwächere Saugrohr r, welches eine möglichst kurze Verbindung zwischen Saugvorrichtung und Saugventil herstellt. Zur Umgehung eines schädlichen Raumes befindet sich dicht über dem Saugventil das Druckventil und seitlich daran der Pumpencylinder, dessen Kolben durch direktes Auf- und Niederziehen des Gestänges g mittels des Handgriffes h seine Bewegung erhält. Das Wasser tritt dann beim Pumpen durch das Druckventil und den Windkessel w in das Druckrohr d und gelangt oberhalb in das Ausflußrohr.

Fig. 9.



Gegen das Einfrieren ist am Steigerohr eine zweckmäßige Schutzvorrichtung durch den eingesetzten Hohlcylinder i i angebracht; der Zwischenraum wird mit schlechten Wärmeleitern ausgefüllt.

Der gemauerte Brunnenschacht ist doppelwandig und nur in solcher Tiefe angelegt, daß etwaige Reparaturen am Pumpwerk bequem vorgenommen werden können, auch möglichste Frostsicherheit für die funktionierenden Teile gewonnen wird.

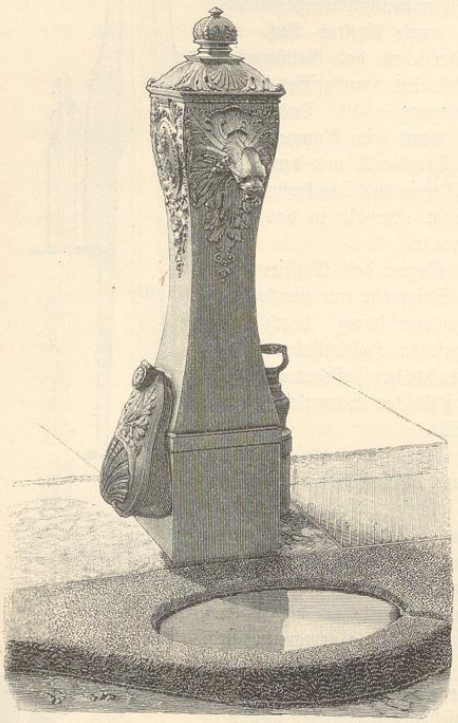
Die obere Decke wird durch eine Gußplatte a (Fig. 1 auf Tafel 59) hergestellt, welche in den Falz eines Granit-Schwellwerkes eingelegt ist, wobei der Wasserausfluß in das angehängte Gefäß oder über die Bordschwelle c hinaus in das vorliegende Brunnengullie erfolgt.

Bei sehr tiefem Wasserstande pflegt man Tiefbrunnen-Pumpen anzuwenden, welche in ein stärkeres Rohr eingehängt werden, dessen unteres Ende ebenfalls als Rohrbrunnen ausgebildet ist, und die Bewegung geschieht entweder wie in Fig. 1 auf Tafel 59 durch ein abbalanciertes Handgestänge

oder — zur Verlangsamung der Bewegung — durch einen Handwinkelhebel.

Fig. 10 giebt die Ansicht der Straßenbrunnen und das Gehäuse nach neuerem Modell, mit rechteckigem Querschnitt. Im Vordergrunde ist die zu einem seichten

Fig. 10.



Behälter erweiterte Granitbordschwelle, rechts die Gußplatte und in kurzem Abstande der Plattenbelag des Bürgersteiges ersichtlich.

III. Artesische Brunnen.

Es giebt muldenförmige Terraingestaltungen, bei welchen eine wasserführende Schicht a zwischen zwei undurchlässigen Thon- oder Steinschichten b und c eingeschlossen ist. Das auf dem höchsten Faltenpunkte von der Schicht aufgenommene Wasser kann nun zwar da, wo die Schicht a jenseits der Mulde wieder zu Tage tritt, hervorfließen, im Thale selbst kann dagegen kein Brunnenquell zum Vorschein kommen, weil das Wasser wie in einen flachen Schlauch eingeschlossen ist. Die Anlage eines Brunnens muß dann mittels eines, durch sämtliche undurchlässige Schichten hinabreichenden, Senkschachtes bewerkstelligt werden. Treibt man eine Röhre d bis auf die wasserführende Schicht a hinab, so wird durch den Wasserdruck das Wasser in der Röhre emporsteigen, und zwar hat es das Bestreben, sich so hoch zu stellen, daß es mit dem Wasserspiegel der Muldenränder in Niveau kommt. Wenn die Schicht a hoch hinauf mit Wasser angefüllt ist, und höher als der Fußpunkt des gesenkten Rohres d, so geschieht (weil hier auf das ausfließende Wasser ein Druck ausgeübt wird) der Ausfluß zuweilen so heftig, daß er springbrunnenähnlich sich als Sprudel über den Boden erhebt (Soolsprudel zu Nauheim).

Die Röhren, welche man bis auf die wasserführende Schicht hinabführt, werden mit Hilfe eines Bohrgestänges eingetrieben. In Europa ist dieses Verfahren schon frühzeitig zur Förderung der Salzsoole in Gebrauch gewesen.

In Frankreich nannte man solche Brunnen nach der Provinz Artois, wo sie, wie es scheint frühzeitig, viel in Gebrauch kamen, „artesische Brunnen“. Brunnensprudel, wie zu Nauheim und Kissingen, sind nur in gebirgigen Gegenden möglich; im Flachlande findet man einen Auftrieb des Wassers bis zu ansehnlicher Höhe nirgends, und man ist dann zufrieden, wenn das Wasser durch das Bohrloch nur zu Tage oder wenigstens über den Grundwasserspiegel emporsteigt.

Die Güte des auf solche Weise geförderten Wassers richtet sich nach den Formationen, durch die es hinabgedrungen ist; meist ist es daher nicht besser als in weniger tiefen Schichtungen, häufig geringer, dagegen hat es etwas Bequemes, und für landwirtschaftliche Zwecke ist der Nutzen nicht gering, wenn es gelingt, starken Ausfluß bei erheblichem Auftrieb zu gewinnen.

Steigt das erbohrte Wasser bei schwachem Auftrieb nicht zu Tage, so müssen zum Heben desselben Pumpwerke aufgestellt werden.

D. Vereinigung verschiedener Arten der Wasserfassung.

Da es nicht immer möglich ist, die Wassermenge, welche zur Versorgung einer Ortschaft erforderlich ist, an derselben Stelle und auf gleiche Art zu gewinnen, so muß man unter Umständen zwei oder mehrere Wasserentnahmestellen aufsuchen und deren Zuflüsse vereinigen, oder jedem derselben sein besonderes Versorgungsgebiet zuweisen. Bei großen Städten bedingt ohnehin die Ausdehnung ihres Weichbildes eine Wasserzuführung von mehreren Seiten, weil die Zuführung von einer Stelle unverhältnismäßig große Abmessungen der Hauptröhren erfordern und die Druckverteilung auf die verschiedenen Stadtgebiete erschweren würde.

London besitzt sieben verschiedene Wasserversorgungsstellen, welche ihr Wasser aus der Themse, dem Lea, einem Nebenfluß der Themse, und aus Tiefbrunnen entnehmen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Paris wird durch fünf Zuleitungen, Berlin aus dem Teglersee (Havelgebiet) und dem Müggelsee (Spreegebiet) mittels eines einheitlichen Rohrnetzes versorgt.

Wien hat außer seiner Hochquellenleitung ein Grundwasserschöpfwerk bei Pottschach und beabsichtigt noch die Ausführung einer Tiefquellenleitung, welche das Grundwasser des Steinfeldes bei Wiener Neustadt nutzbar machen soll.

Als Vorbedingung einer Vereinigung mehrerer Bezugsquellen ist deren Gleichwertigkeit im hygienischen Sinne erforderlich, d. h. an jede der Zuleitungen sind die für Trinkwasser üblichen Anforderungen zu stellen.

Für große Städte empfiehlt es sich im Sinne einer ungestörten Wasserversorgung ohnehin, daß diese nicht auf eine einzige Fassungsanlage gegründet wird, sondern daß mehrere, voneinander unabhängige Bezugsquellen vorhanden sind, weil zuweilen Störungen der Wassergewinnung eintreten und falls nur eine solche vorhanden ist, die gesamte Wasserversorgung dabei in Gefahr kommt.

So hat Berlin im Jahre 1883 die Tegler Filterbrunnen und zehn Jahre später auch das Schöpfwerk an der Oberspree aufgegeben. Leipzig mußte im Jahre 1881 wegen starken Eisengehaltes seines Grundwassers neue Bezugsquellen aufsuchen.

Was endlich die hygienische Beschaffenheit und Reinheit des zu gewinnenden Wassers anlangt, so geht heutzutage allen sonstigen Anforderungen die voraus: daß das zu gewinnende Wasser „von Natur rein“ und „keimfrei“ sein muß. Wasser, welches im natürlichen Zustande unrein ist, darf nur dann durch künstliche Reinigung[1]) hygienisch brauchbar gemacht werden, wenn keine Wahl bleibt, um das zur Versorgung benötigte tägliche Wasserquantum von anderen Orten her zu gewinnen.

Da aber erfahrungsmäßig das durch Rohrbrunnen gewonnene Grundwasser den geringsten Gehalt an organischer Substanz und die größte Gewähr für Keimfreiheit darbietet, so gebührt dieser Art von Wassergewinnung der Vorzug vor allen anderen.

§ 6.

Das Rohrnetz und der Anschluß der Hausleitung an die Straßenröhren.

Die Wasserröhren werden in solcher Tiefe in den Erdboden gelegt, daß der Winterfrost sie nicht erreichen kann, in Deutschland etwa 1,4 bis 1,60 m tief. Dabei wird der Rohrstrang in der Regel den Hebungen und Senkungen des Straßenprofils folgen. Alle Hauptröhren sind an den Höhepunkten mit selbstthätigen Entlüftungsventilen oder Lufthähnen zu versehen.

Der in den Straßenröhren zur Anwendung kommende minimale Leitungsdruck beträgt für kleine Städte 20 m Wassersäule, in großen Städten 30 m. Ein höherer Druck ist nicht gerechtfertigt.

1) Vergl. Oesten, Wasserversorgung. V. Kapitel: Künstliche Reinigung des Trinkwassers.

Die Rohrweiten schwanken von 10 cm aufwärts bis zu 1,0 m und darüber. Die größten Rohrweiten betrugen bisher in Deutschland 1200 mm. Die Weite soll man — mit Rücksicht auf das Feuerlöschbedürfnis — niemals geringer als 100 mm wählen.

Das verbreitetste Material für Straßenröhren ist Gußeisen, nur in seltenen Fällen (zu Brückenüberführungen u. s. w.) werden patentgeschweißte schmiedeeiserne Rohre verwendet. In neuerer Zeit sind auch Stahlröhren der Mannesmann-Werke zur Anwendung gelangt. Die gußeisernen Röhren erhalten Muffen-, die schmiedeeisernen meist Flanschenverbindung, erstere werden mit Blei verstemmt und vorher mit Hanftau verstrickt, letztere mit Gummischeiben gedichtet. — Bezüglich der Rohrdimensionen hat der Verein Deutscher Ingenieure „Normalien“ aufgestellt.

Der Anschluß an das Straßenrohr.

Der Anschluß eines Privatgrundstückes an das Straßenrohr erfolgt durch Muffenrohr mit rechtwinkligem resp. schrägem Abzweig, sogenannten Façonstücken, oder durch „Anbohren“ der Hauptleitung und Einschrauben eines „Saugers“. Das Anbohren muß ohne Absperrung des Hauptrohres, also unter „Druck“ geschehen, weil das Entleeren der Hauptleitung störend ist. Zu dem Ende wird am Einmündungspunkt eine Rohrschelle (Fig. 11) umgelegt und in letztere ein kurzes Metallstück, der Sauger, druckdicht eingeschraubt und eingelötet.

Fig. 11.

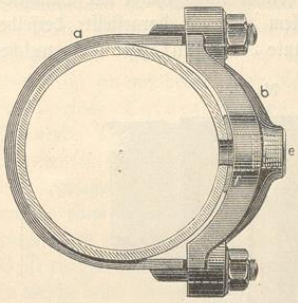
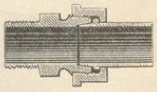


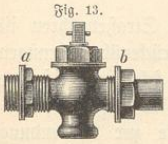
Fig. 12.



Die Rohrschelle besteht aus dem gußeisernen Kopfe b, in welchen ein Gewinde zur Aufnahme des Saugers (Fig. 12) eingeschnitten ist. Dieser Kopf wird mit dem schmiedeeisernen Bande a fest an das Rohr angezogen und durch den Gummiring f gedichtet. Am hinteren Ende des Saugers befindet sich eine Schraubenverbindung, an welche der Abzweig angelötet wird, so daß nach geschehenem Anschrauben des Verbindungsstückes die Verbindung hergestellt ist.

Bei allen mittels Sauger bewirkten Anschlüssen ist es ratsam, den Hauptabstellhahn der Hauswasserleitung nicht unter das Straßenpflaster, sondern unter das Trottoir zu verlegen. Dies ist namentlich in stark befahrenen Straßen — sofern diese nicht etwa asphaltiert sind — notwendig. Gestatten es jedoch die Straßenverhältnisse, so kann der Abstellhahn auch direkt an die Hauptleitung angeschlossen werden. Zu dem Ende schraubt man das Hahnengehäuse (Fig. 13) direkt in die Rohrschelle hinein und die Contremutter a des Gehäuses wird durch getalgte Hanffäden gedichtet und fest gegen den Schellenkopf angezogen. Das andere Ende b des Hahnengehäuses ist mit Schraubenverbindung versehen, an welche das Rohr, wie oben, angelötet wird.

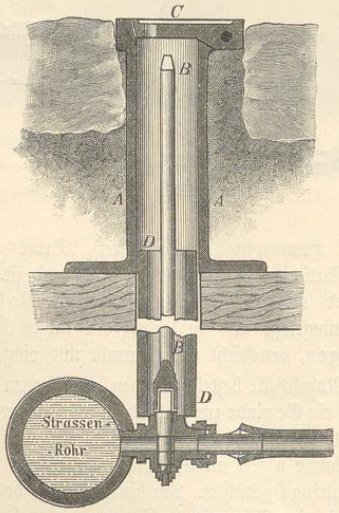
Fig. 13.



Um das Hauptrohr auch unter vollem Druck anbohren zu können, legt man die Rohrschelle um das Rohr, schraubt den Hauptabstellhahn in dieselbe ein und setzt einen, zu diesem Zweck besonders konstruierten Bohrapparat auf, dessen Bohrer durch den geöffneten Hahnenkegel hindurchgeht und bis zur Rohrwandung gelangen kann. Hierauf bohrt man mittels einer Bohrknarre das entsprechende Loch in die Wandung des Rohres ein, zieht den Bohrer bis hinter den Kegel zurück und schließt den Hahn. Das bei erfolgtem Bohren austretende Wasser kann alsdann nur bis an die Stopfbüchsendichtung gelangen.

In Fig. 14 ist ein solcher Anbohrhahn mit Straßenrohr, Abzweig und allem Zubehör dargestellt: derselbe wird durch eine sogenannte Straßenkappe A A, welche

Fig. 14.



im Straßenniveau durch einen gußeisernen Deckel C geschlossen ist, geschützt. Die Regulierung des Wassereinlaufes vom Hauptrohre in die Hauswasserleitung erfolgt durch die Schlüsselstange B B, welche sich in einem röhrenartigen Gehäuse D befindet.

Der Haupthahn dient nur den Zwecken der Wasserwerksverwaltung und wird von deren Beamten bedient. Damit aber auch der Hauswirt seine Leitung beliebig schließen kann, ist in der Zuleitung innerhalb des Gebäudes ein zweiter Haupthahn so anzuordnen, daß durch denselben

Fig. 15.

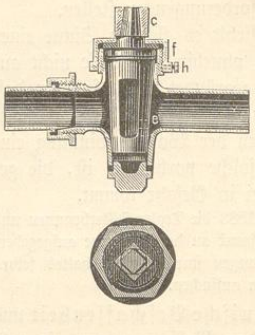
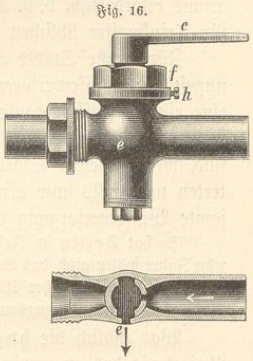


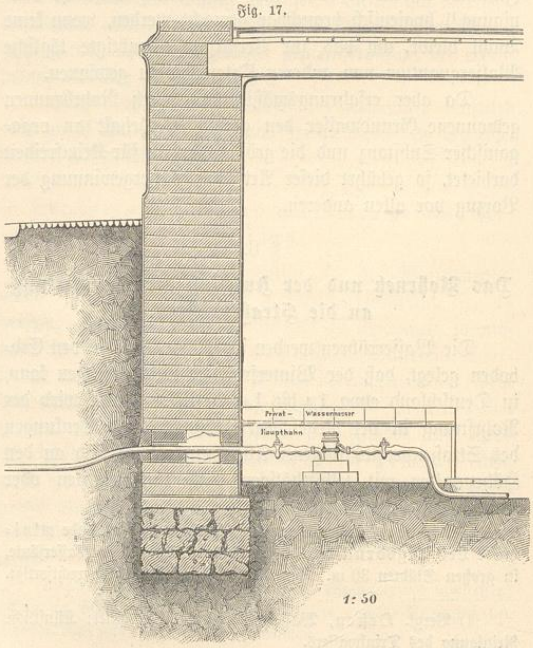
Fig. 16.



der Wassermesser und die Hausleitung von der Hauptleitung abgesperrt wird.

Dieser Privathaupthahn muß leicht zugänglich in einem frostfreien Keller angebracht werden und er-

Fig. 17.



hält dieselbe Konstruktion wie der Absteilhahn. Fig. 15 zeigt den Längenschnitt, Fig. 16 die Ansicht und den Grundriß desselben; e ist eine Entleerungsöffnung, die bei Reparaturen das Ausfließen des in der Leitung enthaltenen Wassers gestattet.

Es ist zweckmäßig, hinter dem Wassermesser noch einen Absperrhahn anzubringen, um die Auswechselung des Wassers durch Schließung beider Hähne ohne Wasserverlust bewirken zu können. Der Wassermesser und die beiden Absperrhähne sind durch ein Holzgehäuse gegen Frost zu schützen. Fig. 17 stellt eine Zuleitung dar, wie sie hierorts gewöhnlich ausgeführt wird.

Statt der Hähne, welche sich schwer drehen lassen, wenn sie lange Zeit nicht gebraucht sind, wendet man neuerdings vielfach Ventile an, die einen ruhigeren Abschluß des Wassers bewirken, wodurch die Stöße in der Leitung möglichst vermieden werden.

Die Wassermesser.

Die Menge des aus einer öffentlichen Leitung entnommenen Wassers wird — wenn nicht anderweitige Grundlagen für die Preisermittelung maßgebend sind — durch Wassermesser bestimmt. Da deren Bedeutung für eine geordnete Wasserversorgung mehr und mehr Anerkennung erfährt, so ist auf die Konstruktion und Eigenschaften dieser Meßapparate hier näher einzugehen.

Vor allen Dingen soll der Wassermesser die größten wie die geringsten Durchflußmengen angeben, nirgend Verengungen des Durchgangsquerschnittes enthalten, erhebliche Wasserkraft zum Betriebe nicht beanspruchen und keinen nennenswerten Druckverlust erzeugen. Gegen Beschädigungen soll er wirksam geschützt sein und der Stand des Zählwerkes sich leicht und sicher ablesen lassen.

Damit das Ein- und Ausschalten (beim Reinigen und Reparieren) und der Transport desselben leicht von statten geht, darf das Gewicht nur gering und der Preis nicht hoch sein.

Wassermesserkonstruktionen, die diesen Anforderungen mehr oder weniger genügen, giebt es in großer Menge, doch lassen sich fast alle auf zwei Hauptarten zurückführen, nämlich auf:

a) die Kolbenwassermesser,
b) die Flügelradwassermesser.

Bei den ersteren tritt das Wasser in einen cylindrischen Raum, der von einem selbst gesteuerten Kolben abwechselnd mit Wasser gefüllt und entleert wird, ein und die Anzahl der Kolbenhübe, welchen ein genau abgemessener Wasserinhalt entspricht, giebt die Menge des verbrauchten Wassers an. Nach diesem System sind konstruiert die Wassermesser von **Frost, Kennedy, Schmid, Frager** u. A. Die Mängel der Kolbenwassermesser liegen in ihrem großen Gewicht, hohen Preis und erheblichen Druckverlust: in Deutschland haben dieselben wenig Eingang gefunden.

Die Flügelradmesser verbinden die Vorzüge einer leicht transportablen Masse von handlicher Form mit einem niedrigen Preise, erzeugen auch geringeren Druckverlust und hemmen beim Stillstand nicht den Wasserzufluß zum Gebäude. Allerdings verlieren sie bei abnehmender Größe an Genauigkeit. Um den Ansprüchen der Wasserwerksverwaltungen nach Möglichkeit zu genügen, sind die Bestrebungen der Fabrikanten derartiger Wassermesser neuerdings darauf gerichtet, durch sorgfältigste Ausführung die Reibungswiderstände zu vermindern. — Besondere Anerkennung und Verbreitung haben sich verschafft die Wassermesser von Siemens & Halske, Meinecke in Breslau, Spanner und Leopolder in Wien.

Je nach der Anordnung des Zählwerkes unterscheidet man Naßläufer und Trockenläufer. Bei den ersteren liegen die Zeigerwerke im Wasser, bei den letzteren liegen sie außerhalb. Erstere bedingen eine wasserdichte Glasdecke, klares Wasser und reine Rohre, letztere eine wasserdichte Durchführung der Triebwelle durch die Trennungswand.

Auf Tafel 60 ist in Fig. 1 bis 4 die Konstruktion der Wassermesser Nr. 1 bis 7 der **Siemens**'schen Skala dargelegt. Dieselben sind sogenannte Trockenläufer; das Wasser tritt zunächst durch das Rohr R (Fig. 1) in einen Schmutzkasten A, durchdringt das Sieb in der Richtung der Pfeile, tritt durch die Löcher B, welche das cylindrische Gehäuse in schräger Richtung durchdringen (Fig. 2 im Grundriß) ein und drückt gegen die radial gestellten Schaufeln C eines Turbinenrades. Hierbei ist die durchströmende Menge proportional der Geschwindigkeit des Wassers in den Eintrittsöffnungen, also auch proportional der Bewegung des Flügelrades, dessen Umdrehungen mittels einer Schraube ohne Ende auf ein Zählwerk übertragen und auf dem Zifferblatt E abgelesen werden können. G ist ein Zahnrad von 101, H ein solches von 100 Zähnen, in welche beide ein Trieb K eingreift. Die Räder verschieben sich gegeneinander bei jedem Umgange um einen Zahn, was an den mit dem Rade H fest verbundenen Zeiger J ersichtlich ist. Der Austritt des Wassers erfolgt durch das Rohr L.

Die Messer von 7 bis 40 mm Weite des Einflußstutzens werden von der Firma Siemens & Halske ganz aus Bronze hergestellt und erhalten Verschraubungen für Blei- oder Eisenleitungen; sie führen ein außergewöhnlich großes, horizontales Sieb, so daß die Reinigung des Siebes nebst Schmutzkasten nur selten erforderlich ist.

Die Zeigerwerke werden je nach Wunsch entweder mit rotierendem (Fig. 3) oder feststehendem Zifferblatt (Fig. 4) geliefert. Auf der großen rotierenden Zähl-

scheibe werden die Hunderte, Zehner und deren Bruchteile, auf der kleinen Scheibe nur die Tausende abgelesen. Jedem Teilstriche der großen Scheibe entsprechen 10 Liter oder $^1/_{100}$ cbm Wasserkonsum. Wenn das Zeigerwerk die in Fig. 3 punktierte Stellung eingenommen hat, sind daher 4262,5 cbm durch den Apparat hindurchgeflossen.

Auf dem Zeigerwerk mit feststehendem Zifferblatt (Fig. 4) werden dagegen die Tausende, Hunderte, Zehner, Einer und Bruchteile der Kubikmeter auf je einer besonderen Scheibe abgelesen. Die punktierten fünf Zeigerstellungen lassen erkennen, daß dasselbe Wasserquantum (4262,5 cbm) konsumiert worden ist.

Nachstehende Tabelle, welche ich dem neuesten Prospekt der Fabrik entnehme, enthält Angaben über die Maximalleistungen, Maße und Gewichte der Siemens'schen Wassermesser. Sämtliche Meßapparate dieser Skala sollen die hindurchgelassene Wassermenge bis auf ± 2 Proz. genau angeben.

Laufende Nr.	Durchmesser des Einflußstutzen		Leistungsfähigkeit per Stunde. Maximum des Durchflusses	Gewicht des kompletten Wassermessers
	mm	Engl. Zoll	cbm	kg
0	7	$^1/_4$	3,0	2,80
1	10	$^3/_8$	3,5	3,10
2	12	$^1/_{12}$	4,0	3,15
3	16	$^5/_8$	5,5	3,25
4	20	$^3/_4$	6,9	3,41
5	25	1	14,0	6,90
6	30	$1^1/_4$	18,5	7,90
7	40	$1^1/_2$	20	8,45
8	50	2	45	47,00
9	65	$2^1/_2$	56	55,50
10	75	3	80	63,00
11	100	4	120	88,50
12	125	5	250	186,50
13	150	6	345	189,00

Ähnlich dem hier beschriebenen Siemens'schen Meßapparat ist der Wassermesser von **Meinecke** in Breslau. Derselbe unterscheidet sich in seiner neuesten Konstruktion durch ein leichteres Flügelrad und Spurzapfen mit Achatspitze. Da die Durchflußquerschnitte größer gewählt sind, ist der Druckverlust geringer. An der Unterseite des Einsatzes befindet sich eine Regulierscheibe, welche die Berichtigung von Fehlern — die dem Apparat anhaften — gestattet.

Die Wassermesser von Lux in Ludwigshafen haben einen Einsatz aus Hartgummi und werden als Trocken- und als Naßläufer gefertigt.

Von den neueren amerikanischen Konstruktionen kann hier füglich abgesehen werden.

§ 7.

Das Röhrenmaterial.

Alle Abzweigungen, welche vom Straßenrohre in die Gebäude führen und mehr als 30 mm lichte Weite haben, werden durch gußeiserne, in die Hauptleitung eingelegte, meist rechtwinkelige Abzweigungsstücke (Façonstücke) hergestellt.

Abzweigungen unter 30 mm lichtem Durchmesser, auch sämtliche Verteilungsröhren in den Gebäuden pflegt man dagegen fast allgemein aus Bleiröhren oder aus sogenannten Mantelröhren[1]) (d. h. aus Zinnröhren mit 0,5 mm starker Wandung) herzustellen, die außerhalb mit einem Bleimantel umgeben sind. Solche Mantelröhren sind widerstandsfähiger als Bleiröhren und an manchen Orten durch sanitätspolizeiliche Vorschriften zur Verwendung vorgeschrieben, weil weiches Wasser die Eigentümlichkeit hat, das Blei aufzulösen.[2]) Die innere schwache Zinnröhre hält nämlich das Wasser von dem Blei ab, während der äußere Bleimantel dem Rohre Widerstandsfähigkeit gegen innere Pressung verleiht. Aus diesem Grunde werden die Mantelrohre auch leichter im Gewicht hergestellt.[3])

Die Bleiröhren wie die Mantelröhren werden nach Gewicht pro laufenden Meter verkauft. Gewöhnlich wird ein normales Gewicht pro Längeneinheit je nach der Lichtweite vorgeschrieben, wobei gleichmäßige Rohrstärke vorausgesetzt ist.

a) Bleiröhren

von 13 mm lichter Weite sollen wiegen 3,0 kg pro lfd. Meter,
„ 15 „ „ „ „ „ 3,5 „ „ „ „
„ 20 „ „ „ „ „ 4,5 „ „ „ „
„ 25 „ „ „ „ „ 5,0 „ „ „ „
„ 30 „ „ „ „ „ 7,0 „ „ „ „

b) Zinnröhren

von 13 mm lichter Weite wiegen nur 1,25 kg pro lfd. Meter,
„ 15 „ „ „ „ 1,5 „ „ „ „
„ 20 „ „ „ „ 2,25 „ „ „ „
„ 25 „ „ „ „ 2,75 „ „ „ „
„ 30 „ „ „ „ 3,25 „ „ „ „

1) Einen eingehenden Artikel über Zinnbleiröhren enthält die Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1870, S. 113.

2) Nach Graham, Miller, Hoffmann und Dr. Medlock wird die Oxydation des Bleies hauptsächlich dadurch bedingt, daß weiches Wasser wegen Mangel an freier Kohlensäure und kohlensaurem Kalk eines kräftigen Schutzmittels gegen die Auflösung des Bleies beraubt ist.

3) Mantelröhren mit 0,5 mm starkem Zinncylinder haben neuerdings vielfach Anwendung gefunden und sind unter hohem Wasserdruck ohne nachteilige Veränderungen probiert worden. Im Bade Teplitz sind bei der dasigen Wasserleitung Mantelrohre bis zu 150 mm Weite verwendet worden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Rohre von geringerem Gewicht halten schon einen Probedruck von 200 m Wassersäule aus: wo aber durch raschen Schluß der Hähne häufiger Stöße veranlaßt werden, da beulen sich die Rohre an den von den Stößen getroffenen Stellen nach und nach aus und platzen endlich. Aus diesem Grunde werden — namentlich bei süddeutschen Wasserwerken — für höheren Druck als 60 m Bleirohre ganz ausgeschlossen.

Weite der Abzweigungen. Beträgt die Länge der Zuleitung unter 30 m, so richtet sich deren Weite nach der Anzahl der Ausflußhähne (Zapfhähne), und zwar ist die Rohrweite:

für	1	Stück	Zapfhahn	von 10—20 mm	Weite	mindestens	15 mm,
„	2—20	„	Zapfhähne	„ 10—20 „	„	„	25 „
„	20—40	„	„	„ 10—20 „	„	„	30 „
„	40—60	„	„	„ 10—20 „	„	„	40 „
	über 60	„	„	„ 10—20 „	„	„	50 „

Hiernach genügt also für Gebäude von zwei bis drei Stockwerken ohne Seitenflügel eine 20 mm weite Zuleitung, um das Wasser zur Speisung von Küchen, Waschbeckenhähnen und Klosetts zu verwenden, und diesen Durchmesser erhält auch die Steigeleitung bis zum höchsten Punkt. Größere Gebäude mit Seitenflügeln erhalten am besten 2 bis 3 getrennte, je 20 mm weite Steigeleitungen, die von einer 25 bis 30 mm und höchstens 40 mm weiten gemeinschaftlichen Erd- oder Anschlußleitung gespeist werden. Werden außer den Klosetts auch noch Badeeinrichtungen verlangt oder Feuerhähne erfordert, so giebt man den Steigeleitungen besser 25 mm lichten Durchmesser.

Die Abzweigungen zur Entnahme des Wassers von der Steigeleitung werden möglichst kurz und aus 13 mm weiten Röhren hergestellt, wobei zu beachten ist, daß man den Ausflußhähnen in den oberen Etagen größere Durchgangsweiten als im Souterrain giebt, und zwar mit Rücksicht auf die Abnahme des Wasserdruckes in den oberen Geschossen. Genügt daher im Parterre ein Küchenhahn von 10 mm Lichtweite, so muß derselbe im vierten Stock 13 mm weit hergestellt werden.

Ist die Zuleitung länger als 30 m, so ist deren Weite nicht unter 40 mm zu nehmen.

Zum Schutz gegen das Einfrieren der Rohre muß die Zuleitung ebenso wie das Hauptrohr circa 1,5 m unter dem Terrain liegen und darf auch nicht flacher durch die Fundamente der Häuser geführt werden, weil sich die äußere Temperatur im Mauerwerk besser als in der Erde fortpflanzt.

Verbindung der Bleirohre. Um ein Bleirohr durch Anlöten eines zweiten zu verlängern (Fig. 18), treibt man dasselbe mittels eines konischen Dornes aus hartem Holz so weit auf, daß man das Verlängerungsstück — welches vorher zugespitzt und mit dem Schaber metallisch

Fig. 18.

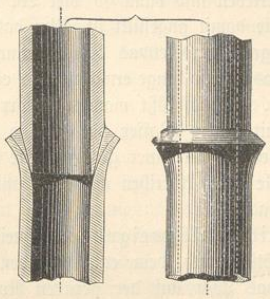


Fig. 19.

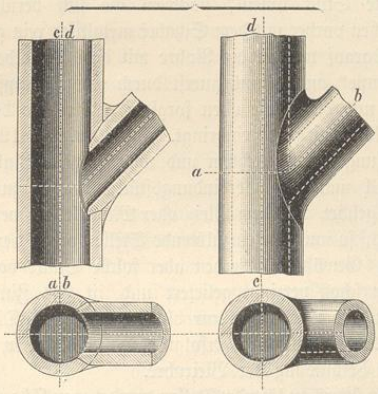
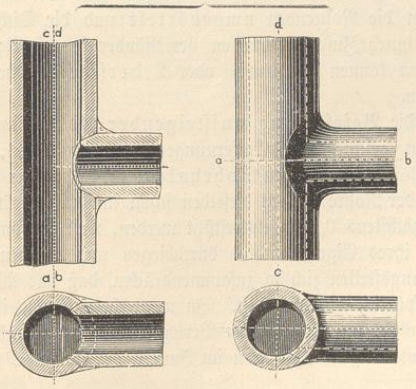


Fig. 20.



rein gemacht worden ist — etwa 10 mm tief in das aufgetriebene Stück einschieben kann. Es muß genau in das

erweiterte Ende passen, damit nicht Lot[1]) in das Innere des Rohres gelangt. Hierauf werden mit dem Lötkolben (oder der Lötlampe) die Enden angewärmt, vorher leicht mit Talg überrieben und dann so viel Lot in die Fuge gebracht, bis sie damit angefüllt ist. Um das Lot gut in Fluß zu bringen, wird etwas Kolophoniumpulver aufgestreut und dasselbe so lange erwärmt, bis es gleichmäßig geschmolzen ist. Hierauf läßt man es erstarren und kühlt die Lötstelle mit kaltem Wasser ab. — Die Unebenheiten der Lötung werden mit einer groben Feile beseitigt und die ganze Stelle durch Abreiben mit Glaspapier rund und ansehnlich gemacht.

Bei seitlichen Abzweigungen schneidet man das abzweigende Stück nach dem entsprechenden Winkel ab, reißt danach das Loch auf der geraden Rohrstrecke vor, schneidet dieses aus und bringt das abzweigende, konisch zugespitzte Stück hinein, nachdem die sich berührenden Oberflächen vorher mit dem Schaber metallisch rein gemacht sind. Darauf werden die Rohre mit dem Lötkolben oder der „Lampe" angewärmt, zuerst durch einige Tropfen Lot geheftet und dann wie oben sorgsam gelötet, so daß Lot in die Rohre nirgends eindringt. Fig. 20 u. Fig. 19 stellen Abzweigungen unter rechtem und unter spitzem Winkel dar.

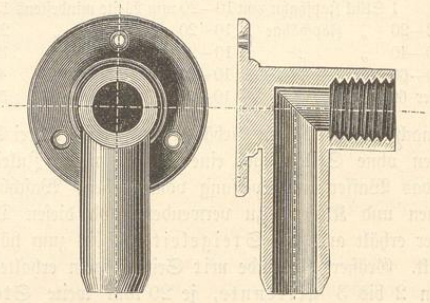
Will man ein Verbindungsstück, welches zu einem Sauger gehört, mit dem Blei- oder Mantelrohre verbinden (Fig. 12), so muß die einzulötende Stelle vorher verzinnt werden. Gewöhnlich werden aber solche Stücke vom Fabrikanten schon verzinnt geliefert und ist das Zinn hiernach an der Oberfläche nur blank zu reiben. Die Einlötung des Metallstückes erfolgt ganz in derselben Weise, wie die Verbindung der Bleirohre.

Für öfters zu lösende Stellen wendet man Flanschenverbindungen oder Verschraubungen an. Bei ersteren werden die Rohrenden umgebörtelt und die Dichtung wird durch Zusammenpressen der Ränder hergestellt; bei letzteren können Gummi- oder Lederscheiben benutzt werden.

Die Befestigung aufsteigender Rohre in Gebäuden geschieht in Entfernungen von 1,5 bis 1,75 m mittels der sogenannten Rohrhaken; bei wagrechter Führung der Rohre müssen dieselben schon in Zwischenräumen von höchstens 0,60 m unterstützt werden, weil sie sonst infolge ihres Eigengewichtes durchbiegen und an den Befestigungsstellen sich so zusammendrücken, daß das Wasser nur spärlich hindurchläuft. In wagrechten Lagen ist es also nötig, die Rohre beim Verlegen gut „zu strecken". — Im übrigen leitet man im Innern der Gebäude, wenn irgend angänglich, die Rohre nicht an Front-, sondern an Zwischenwänden entlang, wobei man sie entweder in die Mauer versenkt und verputzt, oder besser in gemauerten Falzen emporführt. In untergeordneten Räumen können sie selbst äußerlich an die Wand befestigt werden, sind aber dann durch einen leichten hölzernen Kasten vor Beschädigung zu schützen.

Ist man auf solche Weise mit der Steigeleitung bis in den mit Wasser zu versorgenden Raum gelangt, so wird das Rohr in Höhe von einem Meter an der geeigneten Wandstelle abgeschnitten und an das Rohrende wird entweder eine Wandscheibe (Fig. 21) oder eine zum Hahn gehörige Verschraubung, wie in Fig. 22 u. 23[a], angelötet. Die Wandscheibe wird an einen Holzdübel angeschraubt und so weit verputzt, daß nur der Gehäuserand vorsteht. In das Gewinde der Wandscheibe wird sodann der zur Wasserentnahme bestimmte Zapfhahn (Fig. 22) festgeschraubt und durch Einlegen von getalgten Hanffäden die Verbindung gedichtet.

Fig. 21.

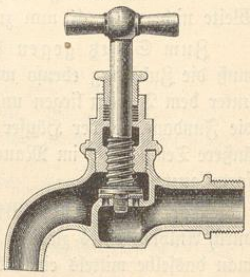


§ 8.

Ausflußvorrichtungen im Innern der Gebäude.

Zur Entnahme von Wasser aus den Leitungen sind die Niederschraub-Durchgangshähne fast allgemein eingeführt. Zwar kommen auch sogenannte Ventilhähne mit Lederdichtung (Fig. 22) zur Verwendung, aber sie gehen schwerer und lecken eher, weil das Küchenpersonal die Verpackung der Stopfbüchse in der Regel nicht versteht. — Noch sind die nach dem Patent Terlinden ge-

Fig. 22.

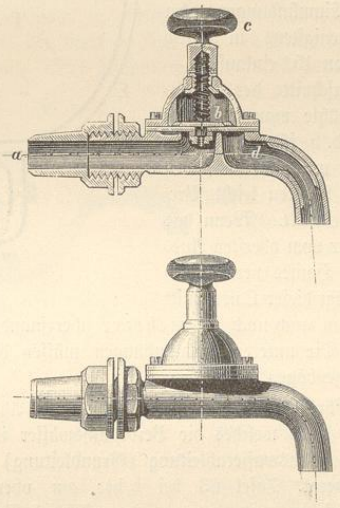


[1]) Lötet man mit der Lampe, so nimmt man zum Löten eine Komposition von 1 Teil Zinn und 1 Teil Blei; bei Anwendung des Kolbens 2 Teile Zinn und 1 Teil Blei. — Zum Löten von Mantelröhren dient ein Lot von 4 Teilen Blei und 5 Teilen Zinn.

formten Gummipflockhähne zu erwähnen; dieselben schließen gut, wenn der dazu verwendete Gummi von guter Beschaffenheit ist, was sich indes vorher schwer beurteilen läßt.

In Fig. 23 u. 23a ist ein Niederschraubhahn gewöhnlicher Konstruktion in Durchschnitt und Ansicht dargestellt. Im wesentlichen besteht die Auslaßvorrichtung aus dem Zuführungsrohr a, welches durch eine Gummischeibe b so lange verschlossen gehalten wird, bis durch Umdrehen des Schlüssels c die Gummiplatte in der sie umgebenden Kappe vom Wasserdruck gehoben wird. Dann erst kann das Wasser aus a über die Zwischenwand nach der Abteilung d gelangen und von da ausfließen. — Das Ober-

Fig. 23 u. 23a.



teil der Hähne und der Griff unterliegen mancherlei Wechsel in der Form und dem Material. Man unterscheidet Knebelgriffe, Kugelgriffe (sternförmige Griffe mit Kugeln an den Enden der Strahlen), lose Schlüssel zum Abziehen, Griffe von Elfenbein, Krystallknöpfe u. s. w. Bei eleganter Ausstattung werden die Hähne vernickelt.

Die gangbaren Nummern der Niederschraubhähne haben 10, 13, 19, 25, 31 und 38 mm Durchlaßweite; das dazu verwendete Material ist stets Messing.

In Betreff der Benutzung der Hähne ist hervorzuheben, daß an den Leitungen durch sogenannte Wasserschläge häufig Störungen veranlaßt, die Lötungen zerstört, auch wohl die Rohre gesprengt werden. Wird nämlich am Ende einer Leitung ein Zapfhahn geöffnet und das Wasser fließt mit der dem Leitungsdrucke entsprechenden Geschwindigkeit aus, dann tritt durch den Rohrstrang auch ebensoviel Wasser mit einer gewissen Geschwindigkeit nach. Schließt man nun den Zapfhahn plötzlich, so hat das Wasser — infolge seines Trägheitsmomentes — das Bestreben nach demselben hinzufließen, wird hier aber durch plötzliches Schließen am Fließen gehindert und übt daher einen heftigen Stoß auf die Rohrwandungen aus, welcher leicht die Rohre sprengt. Es gilt daher als Regel: daß plötzliches Schließen der Hähne und Ventile zu vermeiden sei. Alle Zapfhähne über Ausgußbecken, Waschtoiletten, Badewannen u. s. w. müssen deshalb durch langsames Drehen am Schlüssel geöffnet und geschlossen werden, damit die Dichtungsflächen intakt bleiben.

Bei Niederschraub-Auslaufhähnen mit Gummischeibe wird durch zu festes Zudrehen die Gummischeibe leicht zerschnitten und der Hahn bald undicht. Auch das Öffnen und Schließen eines Haupthahnes muß mit Vorsicht geschehen, denn bei $^1/_4$ Umdrehung tritt derselbe schon vom geschlossenen in den geöffneten Zustand und zweckmäßig ist es, sich ab und zu zu überzeugen, ob der Hahn gut funktioniert, d. h. sich ohne Anstrengung drehen läßt.

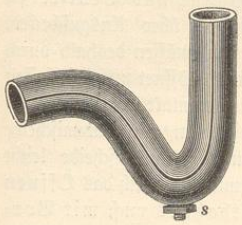
I. Küchenausläſſe.

Auf Tafel 61 ist in Fig. 1 die Anordnung eines Küchenauslasses im Zusammenhange dargestellt. Der Niederschraubhahn ist hier mit gewöhnlicher Verschraubung versehen und in der oben beschriebenen Art in das Bleirohr eingelötet. Im Durchschnitt des Mauerwerkes ist das eingesenkte Bleirohr ersichtlich, welches durch in die Mauerfugen eingeschlagene Rohrhaken festgehalten wird. Unterhalb des Zapfhahnes ist das Ausgußbecken derart angebracht, daß ersterer etwa 1,1 m über der Erde und letzteres sich 35 bis 40 cm tiefer befindet, damit es möglich wird, einen Eimer bequem unter die Ausflußöffnung zu bringen und denselben zu füllen. — Derartige Ausgußbecken können von Stein, Porzellan oder Gußeisen hergestellt werden. Steinerne Becken sind nicht geruchfrei, Porzellan ist zu zerbrechlich: man wendet daher fast ausnahmslos emailliertes Gußeisen dazu an. Ein solches Becken für Küchenbenutzung in der gewöhnlichen Anordnung stellt Fig. 1 dar. Es besteht aus der emaillierten Schale mit Rückwand r, welche das Bespritzen der Wand verhindert, und aus dem sogenannten Abflußrohr u, durch welches die unreinen Verbrauchswässer abfließen. Um die letzteren schnell abführen zu können, müssen die Röhren wenigstens 50 mm Weite erhalten; auch ist das Eindringen von Sand und Küchenabfällen in die Rohre sorgfältig dadurch zu verhindern, daß auf dem Boden des Beckens ein festes Sieb angebracht ist.

Zur Abhaltung der aus den Abflußröhren aufsteigenden übelriechenden Gase ist ein sogenannter „Geruchver-

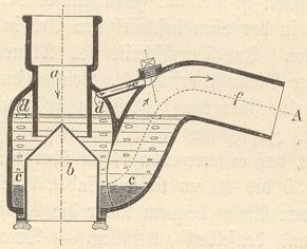
schluß“ anzubringen, den man am einfachsten dadurch erhält, daß man das Rohr syphonähnlich biegt, wie Tafel 61, Fig. 1 u. 2 im Durchschnitt und untenstehende Fig. 24 in der Ansicht zeigt. Der Syphon oder Trape ist dann stets mit Wasser gefüllt, wodurch das Austreten von Gasen in den Küchenraum gehindert wird. Eine kleine Reinigungsschraube s an dem unteren Ende des Syphons muß zuweilen gelöst werden, wenn Sand oder andere ungehörige Sinkstoffe sich an dieser Stelle angesammelt haben. Übrigens ist der Trape am Stutzen des gußeisernen Ausgußbeckens mit einer Beinschelle befestigt und in der Muffe des Abfallrohres mit Hanf und Mennigkitt eingedichtet (Tafel 61, Fig. 1.)

Fig. 24.



Budde & Göhde, Berlin S., liefern einen durch Reichspatent Nr. 62221 geschützten Geruchverschluß für Ausgußbecken, Waschbecken und dergleichen. Hier ist unter der ins Wasser eintauchenden Einströmungsöffnung a (Fig. 24a) ein kegelförmiger Körper b so angebracht, daß die aus den Sinkstoffen c c aufsteigenden übelriechenden

Fig. 24a.

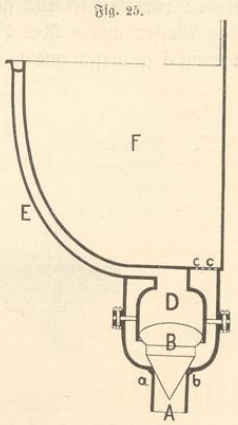


Gase sich beim Aufsteigen neben dem Eintrittsstutzen sammeln, aus d nach f geleitet und so gehindert werden, durch das Ausgußbecken zu entweichen. Diese Geruchverschlüsse werden aus Gußeisen, innen emailliert, geliefert.

Auch der Patentgeruchverschluß von **E. Abicht** in Berlin, welchen Fig. 25 im Durchschnitt darstellt, ist empfehlenswert. Hierbei ist zwischen Ausgußbecken F und Abflußröhre A ein Ventilgehäuse angebracht, in welchem sich ein frei schwebendes Kegelventil B von Messingblech befindet, das bei a b seinen Sitz hat. Über dem Ventil sitzt die Glocke D fest an dem nicht durchbrochenen Boden des Beckens und steht mittels eines Röhrchens E in Verbindung mit dem Küchenraume. Sobald nun Wasser durch die Öffnungen c c im Boden des Beckens abströmt, wirkt der Wasserdruck nur auf dessen Unterfläche und — solange der Druck größer ist als das Gewicht des Ventiles — wird Wasser abfließen. Ist der Wasserdruck dagegen geringer als das Ventilgewicht, so fällt der Kegel sofort herab und schließt die Öffnung der Abflußröhre hermetisch, auch wenn alles Wasser im Ventilgehäuse verdampft sein sollte.

Das Abflußrohr muß sorgfältig gegen die Einwirkung von Frost geschützt werden; es ist daher ratsam, dasselbe ebenso wie die Zuflußleitung durch erwärmte Lokalitäten zu führen; wo dies nicht angänglich ist, umwickelt man dasselbe mit Filz und bekleidet es mit Holz.[1]) Scharfe Biegungen sind zu vermeiden und das Rohr möglichst vertikal hinabzuführen; seitliche Einmündungen aber sollten wenigstens in einem Winkel von 45° einlaufen. — Die Querschnitte der Abfallröhren wähle man möglichst reichlich, d. h. für Küchenausläsſe nicht unter 50 mm, weil bei engen Rohren leicht Verstopfung eintritt. Wenn das Abflußrohr vom obersten Ausguß eines Hauses vertikal abfällt, genügt dieser Querschnitt von 50 mm auch noch für mehrere übereinanderliegende Küchen. Die unteren Einmündungen müssen dann aber mit „Etagenbögen“ geschehen.

Fig. 25.



An ihrem unteren Ende erhalten die Abfallröhren ein Knie, durch welches die Verbrauchswässer in die anschließende Hauswasserableitung (Grundleitung) eintreten können (vergl. Tafel 63 bei b b); am oberen Ende werden dieselben entweder an ein russisches Rohr angeschlossen oder mittels Dunstrohr aus Zinkblech a a über die Dachfläche hinausgeführt und das Dunstrohr mit Kappe versehen.

II. Waschvorrichtungen.

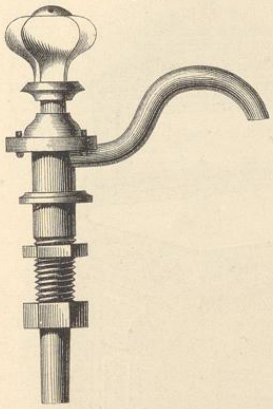
Die große Bequemlichkeit, welche die Einführung des Wassers in Küchen und sonstige Nebenräume der verschiedenen Wohngeschosse mit sich führt, wird noch erhöht durch Anlage von Waschtoiletten mit Wasserzuführung für die Schlaf- und Wohnzimmer. In Bureaus und Comptoirs pflegt man die Einrichtung derart zu treffen, daß ein 15 mm weites Rohr in die Wand eingelassen

1) Die Bewickelung hat auch noch den Zweck, das Herabrieseln von Schwitzwasser an den kalten Rohrwandungen zu verhindern.

wird und — wie bei den Küchenausläſſen — ein Niederschraubhahn den Waſſerſtrahl in das Porzellanwaſchbecken ergießt. — Der Waſſerabfluß erfolgt durch ein Abflußrohr der Entwäſſerungsanlage.

Auf Tafel 62, Fig. 2, iſt der Durchſchnitt einer Waſchtoilette mit Waſſerzuleitung für eine Schlafzimmer-Einrichtung dargeſtellt, wie ſie für Familiengebrauch ſich empfiehlt. — Im Äußern weicht das Möbel nicht von der gewöhnlichen Form der Toiletten mit Marmoraufſatz ab, jedoch iſt das Waſchbecken feſt mit der Platte verbunden. Über dem Waſchbecken bei a ſteht ein Porzellan- oder Glasknopf aus der Rückwand der Toilette vor, welcher den Schlüſſel eines unter der Roſette befindlichen Niederſchraubhahnes bildet. — Sobald der Hahn geöffnet wird, kann das Waſſer vordringen, aber nur bis zum Schwenkhahn b, welcher den Ausfluß ſo lange verhindert, bis der drehbare Arm über die Mitte des Beckens gebracht iſt. Der Schwenkhahn iſt mit einer kleinen Brauſe verſehen, weil ein gebundener, 15 mm ſtarker Waſſerſtrahl die Platte der Toilette ſtark beſpritzen würde.

Fig. 26.

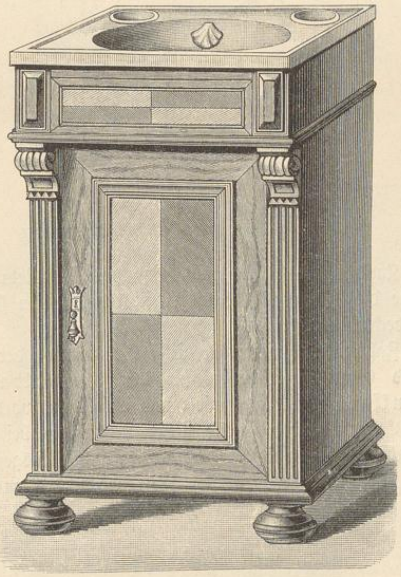


Bei einfacherer Anordnung kommt ſtatt des Toilettenbrauſehahnes ein ſogenannter Toiletten-„Schwanenhals“ (Fig. 26) zur Anwendung; dieſer letztere iſt nicht beweglich und ergießt das Waſſer in einem kurzen, gebundenen Strahle in das dicht darunter befindliche Becken aus Porzellan, an deſſen Boden ein Ventilſitz angekittet und das Ventil c an einem Kettchen angehängt iſt, das an der Marmorplatte Befeſtigung findet. Hebt man dies Ventil aus, ſo fließt das Waſſer durch die Röhre i in den Geruchverſchluß g und von hier durch das 50 mm weite Bleirohr f in das zugehörige Ausflußrohr. Am unteren Teile des Geruchverſchluſſes iſt wiederum eine Reinigungsſchraube angebracht. — Der Geruchverſchluß g iſt nicht zu entbehren, wenn man das Austreten übelriechender Gaſe aus den Abfallrohren in die Zimmer verhindern will. Auf Tafel 63 ſind die Geruchverſchlüſſe der Toilette mit zwei Waſchbecken durch punktierte Linien dargeſtellt.

Das Überlaufen des Beckens wird verhindert durch eine ſiebartige Öffnung d (Tafel 61, Fig. 2), an deren äußere Stutzen ein Bleirohr e anſchließt, welches mit dem Geruchverſchluß g in Verbindung ſteht und dadurch auch mit dem Abflußrohr f kommuniziert.

Neuerdings bedient man ſich bei Anlage ſtändiger Waſchvorrichtungen beſchränkteren Maßſtabes, ſo für Bureauräume, Comptoire u. ſ. w. ſtatt der Marmoreinſätze ſolcher von engliſcher Fayence. Das runde oder ovale Waſchbecken iſt plattenähnlich erweitert, mit ſeitlichen Vertiefungen für Toilettenbedarf, auch mit Abflußventil und Geruchverſchluß verſehen. Nach Wunſch erhält der Fayenceeinſatz auch Rück- und Seitenwände, ähnlich den Marmoreinſätzen. Das Holzgehäuſe wird von Nußbaum oder Mahagony poliert hergeſtellt, wie Fig. 27 darſtellt. Die Maße einer ſolchen Waſchtoilette ſind: Höhe 80 cm, Breite 44 cm, Tiefe 44 cm.

Fig. 27.

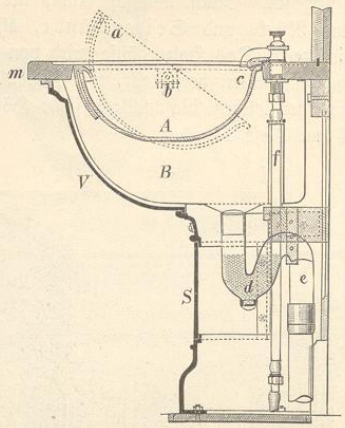


Alle Waſchbecken, welche mittels eines Bodenventiles entleert werden, ſetzen — wegen des langſamen Waſſerabfluſſes — leicht Schmutz an. Dieſer Übelſtand wird durch Kippbecken, welche das Schmutzwaſſer ſchnell, ſo zu ſagen „mit einem Schlage“, abführen, verhindert; auch iſt die Schnelligkeit der Entleerung bei der Benutzung angenehm.

Das Kippbecken A, Fig. 28, iſt von Porzellan hergeſtellt und um die Achſe b drehbar; mittels der Handhabe a läßt es ſich in die punktierte Lage bringen und bewegt ſich beim Rückgange bis an das Ausflußrohr des Zapfhahnes, wo (bei c) ein Gummipolſter untergebracht iſt. Das untere Becken (der Container) nimmt das

aus dem Kippbecken ausgeschüttete Wasser auf und leitet dasselbe durch eine Bodensenkung in den Wasserverschluß d und die Abflußleitung e. Die Zuflußleitung f wird durch den Niederschraubhahn abgeschlossen. — Alle diese Teile sind jedoch durch den architektonischen Unterbau — der Waschtoilette — dem Auge entzogen. Letzterer ist als kannellierte Säule (aus Gußeisen) hergestellt. Auf

Fig. 28.



dem Kapitäl der Säule ruht eine polierte Metallschale, welche die Marmorplatte trägt, innerhalb deren sich das Kippbecken bewegt.

Zahlreiche Waschbecken dieser Art sind von der Firma **David Grove** in Berlin für den Centralbahnhof Frankfurt a. M. konstruiert und aufgestellt worden.

Es würde die Zwecke dieses Lehrbuches bei weitem überschreiten, wenn die Versuche zur praktischen Ausgestaltung von Waschvorrichtungen für die Zwecke des modernen

Fig. 29.



Wohn- und Geschäftshauses hier annähernd gewürdigt werden sollten. Vielfach werden die mit respektive ohne Rück- und Seitenwand versehenen Waschbecken von englischer Fayence nur auf einen schmiedeeisernen, in der Wand befestigten Rahmen, der von zierlich gestalteten Konsolen aus Guß- oder Schmiedeeisen getragen wird, gelagert. Hierbei ist das Fayencebecken von allen Seiten sichtbar, die Abflußventile u. s. w. sind stets zugänglich und unbeschadet einer starken Nutzung des Beckens ist große Sauberkeit der Anlage gewährleistet. Dies wird namentlich begünstigt durch ein Wandpaneel aus glatten oder gemalten holländischen Kacheln.

Für Privat-Comptoire, Toilettezimmer, elegant eingerichtete Waschräume auf den Bahnhöfen der großen Verkehrscentren u. s. w. wird neuerdings ein großer Luxus bei Einrichtung derartiger Anlagen getroffen: insbesondere kommen vernickelte Zuflußhähne für kaltes und warmes[1]) Wasser, vernickelte Abflußgarnituren, gemalte Fayencebecken, konsolähnliche Untersätze zum Tragen der hölzernen Beckenverkleidung, Wandbekleidungen

Fig. 30.



aus Delfter Porzellan in reichgegliedertem Metallrahmen (Fig. 30) und darüber geschnitzte Spiegelaufsätze zur Verwendung. Der Leser findet eine reiche Auswahl derartiger Musteranlagen in dem Prospekt der Sanitas-

1) Zur Abgabe von kaltem und heißem Wasser empfehlen sich Mischhähne von Georg Tyson in Baltimore, D. R.-P. Nr. 96598 vom 26. Januar 1897. Vergl. Centralblatt der Bauverwaltung vom 8. Februar 1899.

gesellschaft in Hamburg. Vergleiche auch das illustrierte Preisverzeichnis von David Grove, Generalvertreter von George Jennings in London.

In Krankenhäusern, Irrenanstalten, Gefängnissen u. s. w. verlangt das Bedürfnis die Herrichtung besonderer Waschzimmer mit einer größeren Anzahl von Waschbecken. Im I. und II. Gefängnis der Strafanstalt zu Plötzensee bei Berlin sind solche für je 20 Becken eingerichtet.[1]) — Fig. 31 und 32 geben einen Teil der Ansicht und den Grundriß solcher Anordnung. Der Fußboden des Raumes ist etwas geneigt und mit Asphalt überzogen, auch an den Wänden mit hohen Asphaltleisten versehen. Das nach dem Fußboden gelangende Wasser sammelt sich in zwei vertieften, mit durchbrochenen eisernen Platten versehenen kleinen Behältern und fließt von dort

Fig. 31.

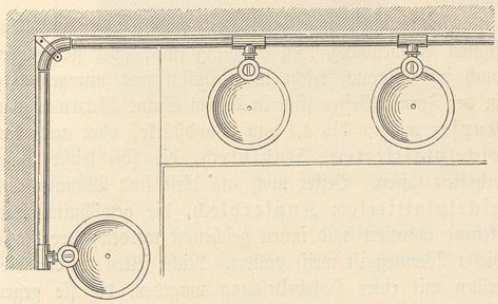
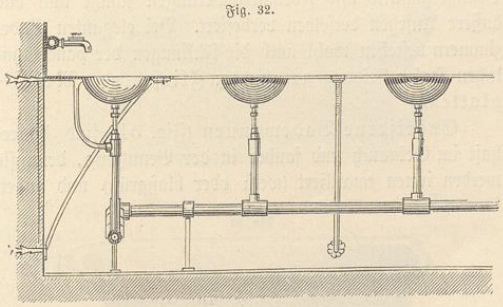


Fig. 32.



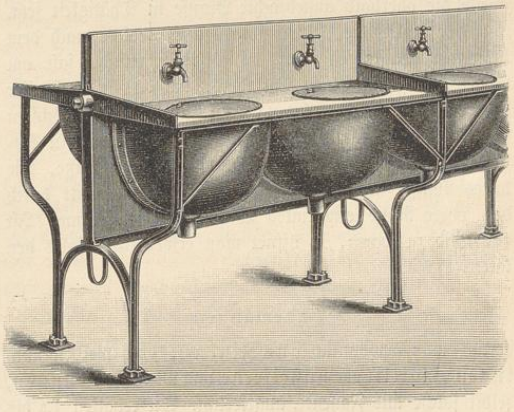
nach den vertikalen Abfallröhren ab. Alle Rohrleitungen liegen frei und sind daher für Reparaturen leicht zugänglich.

Die Platten der Waschtische bestehen aus Schiefer, sind 3 cm stark, 46 cm breit und werden durch schmiedeeiserne Konsolen getragen. Die Waschbecken aus emailliertem Gußeisen haben 0,26 m lichte Weite. Das oberhalb der Schieferplatten an der Wand befestigte Zuflußrohr hat 25 mm, das Ausflußrohr 50 mm Weite, es ist mit starkem Gefälle verlegt und in die genannten Abflußbehälter eingeleitet.

In der Irrenheilanstalt zu Düren[1]) (Rheinprovinz) hat man sich für die Waschzimmer der Kippbecken bedient, die um Zapfen drehbar, in einer mit Blei ausgeschlagenen Rinne angebracht und ebenfalls in eine starke Schieferplatte eingelassen sind. Das Füllen der Becken wird durch Öffnen des Haupthahnes, also gleichzeitig bewirkt; überflüssiges Wasser gelangt durch den Ausgußschnabel des Beckens in die Rinne. Vom tiefsten Punkt der Waschtischrinne geht ein 50 mm weites schmiedeeisernes Rohr zu einem Glockenverschluß, der im asphaltierten Fußboden eingelassen ist und mit der Grundleitung in Verbindung steht.

Für militärische Unterrichtsanstalten, Seminare, Fabriken u. s. w. werden die Wascheinrichtungen auch doppelseitig, wie in Fig. 33 und für eine beliebige Zahl Becken hergerichtet. Diese Waschtische, welche ausschließlich nur von Eisen hergestellt werden, bestehen aus weiß emaillierten Gußtischplatten mit dergleichen Rückwänden

Fig. 33.



aus Schmiedeeisen. In die Platten sind Kippbecken eingelassen, welche ihren Inhalt in emaillierte Unterbecken entleeren. Auch ist in jeder Abteilung der Tischplatte ein Seifennapf vorhanden. Über jedem Becken ist ein Ventilzapfhahn mit Knebelgriff angebracht, welcher an eine gemeinschaftliche Zuleitung angeschlossen wird. Ebenso werden die Unterbecken nach einer gemeinschaftlichen Ableitung entleert, welche in dem schmiedeeisernen Tischgestelle, und zwar in den dafür bestimmten Hängeeisen zu lagern ist.

1) „Zeitschrift für Bauwesen", Jahrgang 1878, S. 157.

1) „Rohrleger", Jahrg. 1879, S. 138.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 9.

III. Badeeinrichtungen.

Zur Anlage eines Badezimmers ist nicht jeder Raum geeignet. Zunächst soll derselbe möglichst zwischen geheizten Zimmern liegen, damit die Wasserröhren nicht der Einwirkung des Frostes ausgesetzt sind, da selbst Umhüllung der Röhren gegen das Einfrieren nicht schützt. Ein weiterer Übelstand würde der sein, daß sich die warmen Wasserdämpfe bei Bereitung des Bades an den kalten Wänden niederschlagen und herabrinnen. Am passendsten liegt das Badezimmer nahe den Schlafzimmern, wobei man häufig einen gemeinschaftlichen Wasserzuleitungsstrang für Klosett und Bad benutzen, auch die Abführung des Badewassers nach dem Abflußrohre des Klosetts bewirken kann.

Auf Tafel 62 ist die Anordnung einer Badeeinrichtung im Zusammenhang dargestellt.[1] Das 20 mm weite Zuleitungsrohr geht zunächst nach den über der Badewanne angebrachten drei Durchlaßhähnen, von denen der erste das kalte Wasser direkt in die Wanne leitet, der zweite die oberhalb angebrachte Brause in Thätigkeit setzt, und der dritte die Abzweigung öffnet, welche nach dem kupfernen Wasserofen führt. Dies Rohr mündet fast am Boden des geschlossenen Cylinders, um das kalte Wasser der Wärmequelle möglichst nahe zu bringen. Vom höchsten Punkte des Ofens führt (mittels Verschraubung) ein Abflußrohr nach der Badewanne, und in dem Maße, wie kaltes Wasser in den unteren Teil zuströmt, tritt durch das obere Rohr erwärmtes Wasser in die Wanne. Ist das Bad zu warm, so öffnet man erforderlichenfalls den kalten Hahn.[2]

Badewannen

fertigt man gewöhnlich aus Zink an, doch werden auch innen emaillierte gußeiserne und Marmorwannen, selbst solche aus Fayence, angefertigt. Sie erhalten 1,5 bis 1,7 m Länge bei 0,50 m unterer und 0,60 m oberer Breite und haben, wenn sie aus Zink hergestellt sind, einen umgelegten Bord. — Der Boden der Wanne ist hohl; das Durchbiegen verhindert eine Holzeinlage. Am Fußende der Wanne befindet sich das Ablaßventil; es hängt an einem Kettchen und mündet nach unten in einen trichterförmigen Stutzen.

1) Vergl. auch Taf. 63.

2) Die Einströmung des kalten und warmen Wassers bringt man dicht über dem Boden der Badewanne an und sorgt dafür, daß beim Einfüllen immer etwas kaltes Wasser, etwa 8 cm hoch, den Boden bedeckt, damit sich das Badezimmer beim Einströmen des heißen Wassers nicht mit Dämpfen füllt.

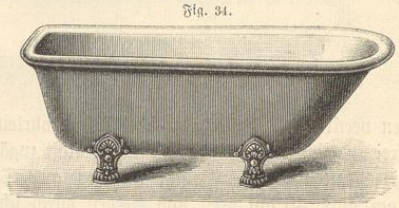
Zur Verbindung des letzteren mit dem Abfallrohr bedient man sich eines 50 mm weiten Bleirohres, weil diese Leitung meist in der Zwischendecke entlang geführt werden muß. Auch ein Geruchverschluß ist in diesem Falle nicht zu entbehren, damit das Austreten von Gasen aus der Abflußleitung verhindert werde. — Bleirohr und vertikales Abfallrohr werden mittels Hanf und Mennigkitt verbunden und das letztere nach obenhin durch Aufsetzen eines Dunstrohres entlüftet, nach unten hin wird dasselbe an die Grundleitung angeschlossen.

Wie bei den Waschtoiletten, so ist auch hier Vorsorge zu treffen, daß das in der Wanne über den normalen Stand steigende Wasser ablaufen könne. Zu dem Ende ist in angemessener Höhe ein Sieb angebracht, durch welches das Wasser zwischen die doppelte Wandung eintreten und in den vorerwähnten Ausflußstutzen gelangen kann.

Badewannen aus Zinkblech finden zwar am häufigsten Verwendung, weil sie billig sind, aber sie werden auch im Gebrauch leicht unansehnlich und unregelmäßig in der Form. Besser sind in diesem Sinne Wannen von Kupfer mit 1,0 bis 1,2 mm Wandstärke, oder auch von nickelplattiertem Stahlblech, die sich leicht blank erhalten lassen. Besser noch als diese sind Wannen aus nickelplattiertem Kupferblech, die gewöhnlich freistehend montiert und innen gescheuert werden; der Rand dieser Wannen ist meist poliert. Nicht selten werden dieselben mit einer Holzbekleidung umgeben, die sie gegen Beschädigungen und Formveränderungen schützt und das äußere Ansehen derselben verbessert. Bei eleganten Badezimmern bestehen wohl auch die Füllungen der paneelähnlichen Holzbekleidung aus bunten Fliesen oder Mosaikplatten.

Gußeiserne Badewannen (Fig. 34) sind dauerhaft im Gebrauch und sauber in der Benutzung, denn sie werden innen emailliert (weiß oder blaßgrün) und außen

Fig. 34.



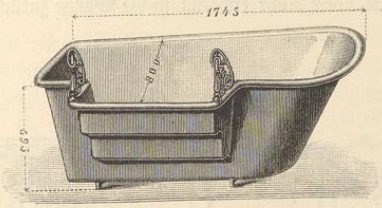
gestrichen, doch ist es bekannt, daß auch die Emaille im Laufe der Jahre abspringt. In der Form unterscheiden sich dieselben wenig von den oben besprochenen Wannen aus Zinkblech, ihre Anschaffung kostet jedoch mehr als doppelt so viel und wenn von den gangbaren Modellen abgewichen werden muß, ist der Preis hoch.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gußeiserne Wannen mit zwei Trittstufen und niedrigem Handgeländer zum Einlassen in den Fußboden geeignet (Fig. 35), liefert die Armaturenfabrik-Aktiengesellschaft vormals J. A. Hilpert, Wien und Budapest. Der hohe Preis von 130 Gulden dürfte deren Anschaffung erschweren.

Gemauerte Wannen erhalten eine Auskleidung, zu welcher man Kacheln, bunt glasierte Fliesen oder Marmorplatten verwendet; eine solche Anordnung ist jedoch nur da am Platze, wo die Wanne auf regelrechtem Fundament oder auf einem Gewölbe steht. Wegen der starken Wandung der gemauerten Wannen ist das Einsteigen in dieselben

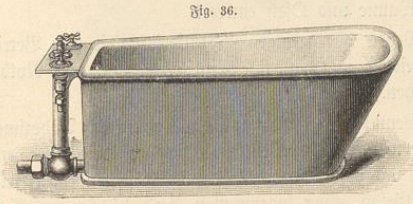
Fig. 35.



erschwert und pflegt man sie daher ganz oder teilweise in den Fußboden zu versenken, auch wohl durch Trittstufen zugänglich zu machen.

Englische Fayencewannen bestehen aus einem Stück, sind innen weiß glasiert, werden gewöhnlich auf

Fig. 36.



Holzuntersatz gestellt und zeichnen sich durch große Sauberkeit und Solidität aus. Sie sind daher besonders für öffentliche Anstalten geignet.

Die Preise stellen sich in Deutschland für innen glasierte Wannen mit glasiertem Wulstrand, 1,70 m lang, 0,60 m breit, 0,50 m tief, einschließlich Abflußventil auf . . . . . 315 Mark,

dagegen kosten gußeiserne Wannen mit Überlauf- und Ablaufventil nur . . . . . 150 Mark,

Zinkwannen, innen poliert, mit Wulstrand, komplett, stellen sich auf . . . . . 60 Mark.

Marmorwannen aus einem Block bieten zwar Gelegenheit zur Entfaltung einer gediegenen Eleganz, die sich mit Luxus paart, aber in praktischer Beziehung sind ihnen die Fayencewannen überlegen. Auch der Preis der Marmorwannen beschränkt deren Anwendung, da sie fast doppelt so teuer als englische Fayencewannen sind.

Steinerne Wannen, die durch heißes Wasser nur schwer erwärmt werden, würden nur da zu empfehlen sein, wo sie fortwährend in Benutzung bleiben.

Holzwannen widerstehen vortrefflich der Einwirkung von Salzen und Säuren und eignen sich daher — auch schon in Rücksicht ihres niedrigen Preises — zur Verwendung in der Balneo-Therapie; allerdings werden dieselben leicht undicht und sind auch schwieriger sauber zu halten als Metall- und Fayencewannen.

Badeöfen.

Dieselben dienen zur gleichzeitigen Erwärmung des Badezimmers und des Badewassers. Bei älteren Anlagen bestehen die Wandungen aus Kacheln (vergl. Tafel 63) und zum Erwärmen des Wassers dient eine sogenannte Wasserblase aus Kupfer. Unter der Blase, die bei 0,30 cm Durchmesser 0,90 bis 1,0 respektive 1,20 m Höhe hat, befindet sich die Feuerung, und die Verbrennungsprodukte ziehen in steigenden Zügen auf und nieder, ihre Wärme an dieselben abgebend. Allerdings wird die Blase durch die Feuergase nur „von außen“ bestrichen, weshalb die Erwärmung sehr langsam von statten geht.

Vor Beginn der Heizung hat man sich zu überzeugen, ob die Blase ganz gefüllt ist, was dadurch geschieht, daß man den Hahn des Verbindungsrohres öffnet, wobei der Wasserdruck etwas Wasser in die Wanne treibt. — Ist nämlich die Blase (infolge Verdampfens) zum Teil leer, so würde — wenn ein Luftventil fehlt — dieselbe vom äußeren Luftdruck zusammengedrückt werden.

Außer den Badeöfen mit Kachelmantel sind auch solche von Gußeisen in Gebrauch. Weil aber die Verbrennungsprodukte die Wasserblase von außen umspülen, haben diese Öfen den Übelstand, daß das Zimmer in kurzer Zeit übermäßig heiß wird, und zwar ehe das Wasser die richtige Badetemperatur erlangt hat.

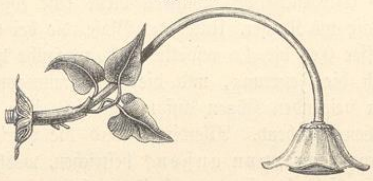
Öfen, welche die Vorteile der erstgenannten verbinden, konstruiert man wie die Cylinderöfen für Wasserheizung ganz aus Kupfer oder Eisenblech (Tafel 62). Im Sockel befindet sich Einfeuerung und Aschenfall. Der Brennraum ist mit Chamotte ausgefüttert und die Verbrennungsprodukte ziehen in dem mittleren vertikalen Rauchrohre nach dem Schornstein ab. Solche Öfen sind jetzt fast überall in Gebrauch, denn sie erwärmen im Winter das Badezimmer ausreichend, und im Sommer kann man das erwärmte Wasser, sobald es die richtige Badetemperatur erlangt hat, in die Wanne ablassen; da an dessen

Stelle kaltes Wasser in den Cylinder eintritt, hört die Einwirkung des Ofens auf die Lufttemperatur sofort auf. Die vom Wasser verdrängte Luft und etwaige Dämpfe ziehen durch ein Sicherheitsrohr ab.

Die Brause wird über der Badewanne und in 2,2 m Abstand vom Fußboden derselben in beliebig reicher Anordnung angebracht. Der Brausearm besteht aus Messingrohr und wird mit seinem hinteren Ende in eine Wandscheibe eingeschraubt; am vorderen Ende trägt er die glockenförmige, ebenfalls angeschraubte Brause von Kupfer oder Messingblech, mit durchlöcherter Platte, aus welcher beim Öffnen des Hahnes der Wasserstrahl fein zerstäubt austritt. Die Platte soll nur so groß gewählt werden, daß die Wasserstrahlen sich nicht über den Rand der Wanne verbreiten können.

Fig. 36ª stellt einen Messingbrausearm mit Wandscheibe und getriebenen Blattverzierungen dar. Die Messing-

Fig. 36a.



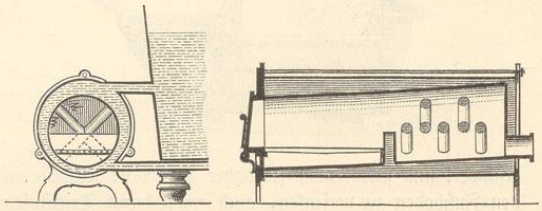
brause wird durch das Blattwerk einer Calla aus emaillierter Bronze verdeckt.

Der Badeofen mit Ventilation von **C. Kneipp** in Berlin hat eine Ummantelung, welche bestimmt ist, die strahlende Wärme durch ein Abzugsrohr zwischen Ofen und Mantel abzuführen, während dieselbe im Winter durch Schieberstellung zur Erwärmung des Baderaumes benutzt werden kann. Direkter Druck aus der Leitung ist bei der Konstruktion vermieden, statt dessen befindet sich über dem Ofen ein Reservoir mit Schwimmkugelhahn zur Regulierung des Wasserzuflusses. — Die Hähne zum Einleiten des Wassers sind direkt an der Badewanne angebracht: die Anlage empfiehlt sich für Mietswohnungen, da die Badeeinrichtung wie ein anderes Möbel fortgeschafft werden kann, um sie in einer neuen Wohnung aufzustellen.

Wo weder eine Hauswasserleitung, noch ein Wasserreservoir, auch kein Badezimmer vorhanden ist, verwendet man wohl zur Herstellung warmer Bäder sogenannte Cirkulationsbadeöfen, welche nach dem Prinzip der Warmwasserheizöfen konstruiert sind.[1]) Dieselben beanspruchen nur wenig Raum.

Eine solche Heizanlage stellen die Fig. 37 u. 38 dar. Der mit Rost und Feuerbrücke versehene Ofen hat hier die Form eines liegenden Cylinders;[2]) der obere Wasserraum im Kessel ist mit dem unteren durch fünf Siederöhren verbunden, wodurch eine wirksame Heizfläche geschaffen wird. Die Erwärmung des Badewassers geschieht in kurzer Zeit, da der Badeofen mit der Wanne durch zwei kurze horizontale Röhren in Verbindung steht, von denen die eine mit dem unteren, die andere mit dem oberen Wasserraum des Kessels kommuniziert. Sobald die Badewanne mit kaltem Wasser hinreichend gefüllt ist, ist auch der Badeofen voll, da Abschlußventile zwischen Ofen und Wanne nicht vorhanden sind. Entzündet man nun das Feuer auf dem Rost des Ofens, so wird nach kurzer Zeit das Wasser derart cirkulieren, daß in der unteren Röhre das kältere Wasser in den Ofen ein- und durch das obere Rohr erwärmt in die Wanne zurückströmt.

Fig. 37 u. 38.



Sobald die gewünschte Badetemperatur erreicht ist, wird das Feuer gelöscht. Sind Ventile vorhanden, so kann man durch diese die Cirkulation hemmen. Nach dem Baden wird Wanne und Ofen entleert.

Wegen der geringen Regulierfähigkeit und Betriebssicherheit ist eine derartige Einrichtung nur als Notbehelf anzusehen.

Wenn Kachelöfen zur Erwärmung des Badezimmers benutzt werden, so versieht man dieselben, wie oben bemerkt wurde, mit einem cylindrischen, meist stehenden, kesselähnlichen Gefäß, einer sogenannten Badeblase aus Kupfer.

Nicht selten werden solche Blasen in Kochherde eingesetzt, um Wasser zum Baden und Waschen erwärmen zu können, was sich indessen nur da empfiehlt, wo starker Bedarf an heißem Wasser vorhanden ist.

Zu gleichem Zweck verwendet man auch sogenannte Heizschlangen, welche aus schmiedeeisernen, gezogenen, 32 mm weiten Röhren, sogenannten Perkinsröhren, in schraubenförmigen Windungen gebogen und um die Feuerung eines großen Küchenherdes gelegt werden.[1]) Vom höchsten Punkte der Schlange steigt das Rohr empor und wird auf kurzem Wege nach dem im Badezimmer oberhalb der Wanne aufgestellten Warmwasserreservoir

1) Vergl. Abschnitt I, Kap. 6, § 52.

2) Doch werden sie auch vielfach als stehende Cylinder mit Absperrhahn konstruiert.

1) Vergl. Einrichtung des Küchenherdes im Palais Thiele-Winkler, Abschnitt I, Kap. 8, § 94.

geführt und in dasselbe eingeleitet, während das abgekühlte Wasser nach dem unteren Ende der Spirale zurückströmt und dadurch Cirkulation hervorruft. Gewöhnlich wird das erwärmte Badewasser durch ein besonderes Fallrohr aus dem Reservoir entnommen, während das kalte Wasser durch einen Schwimmkugelhahn eintritt.

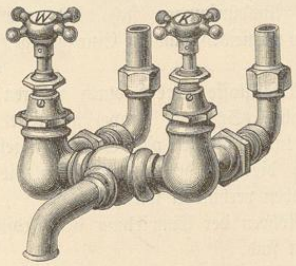
In neuerer Zeit werden auch Badeöfen mit Gasheizung zur Erwärmung der Badezimmer und des Badewassers benutzt; dieselben erfreuen sich wegen ihres schnellen Funktionierens und ihrer bequemen Handhabung einer steigenden Beliebtheit und sollen im Zusammenhange mit den Gasheizanlagen besprochen werden.

Badehahn-Garnituren.

Die zur Montage einer Badeeinrichtung erforderliche Hahnverbindung wird in der Regel Badegarnitur oder Badehahn-Garnitur genannt. Der Handlichkeit wegen werden die Hähne möglichst zu einem Stück vereinigt. Je nach den an die Einrichtung gestellten Forderungen werden dieselben einfacher oder komplicierter gestaltet.

Der einfachste Fall ist der, wo eine Leitung für warmes und auch für kaltes Wasser vorhanden ist. Dieser

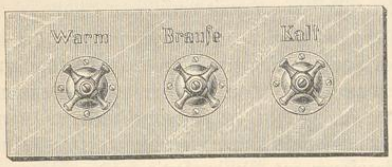
Fig. 39.



Fall kommt aber nur in Häusern mit einer ausgedehnten Warmwasserheizungsanlage — insbesondere in öffentlichen Badeanstalten — vor. Jede der beiden Leitungen ist mit einem einfachen Ventilhahn beziehungsweise mit zwei Hähnen versehen, die eine gemeinschaftliche Tülle bilden. Diese Konstruktion stellt Fig. 39 dar.

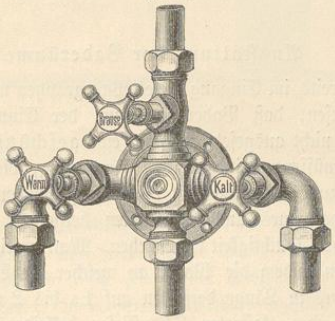
In Mietshäusern wählt man dagegen eine Anordnung, wie sie auf Tafel 62 dargestellt ist. Die Zuleitung speist hier drei Hähne. Der mit K bezeichnete Hahn führt unmittelbar zur Wanne, der zweite zur Brause, der dritte zum Ofen, aus welchem beim Öffnen des Hahnes das warme Wasser unterhalb in die Wanne eintritt. Je nachdem freie oder verdeckte Lage dieser Hähne verlangt wird, wird die Anordnung verschieden ausfallen. Man giebt jedoch neuerdings der freien Lage den Vorzug, weil sie sich als zweckmäßiger bewährt. Wo eine elegante Ausstattung verlangt wird, da sind die Hähne nach Fig. 40 auf ein Marmorschild mit vergoldeter Schrift montiert, wie solches auf Tafel 62 angedeutet ist.

Fig. 40.



In Fig. 41 ist eine freiliegende Garnitur dargestellt; dieselbe ist zweckmäßig, auch im Preise nicht zu hoch. Sie wird blank poliert aus Messing oder auch vernickelt geliefert. Die einzelnen Kreuz-Knebelgriffe sind mit den Aufschriften „Kalt“, „Warm“ und „Brause“ versehen.

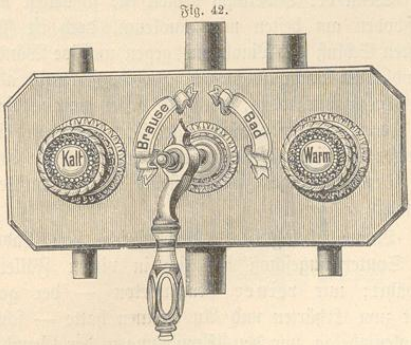
Fig. 41.



Der Preis stellt sich für blank Messing auf 35 Mark, vernickelt auf 40 Mark.

Wird eine Badehahn-Mischgarnitur für kalte und temperierte Brause verlangt, dann läßt man den

Fig. 42.



obersten Hahn (in Fig. 41) fort. Der Mischhahn ist so konstruiert, daß nie heißes Wasser allein ausströmen kann,

daß vielmehr immer ein bestimmtes Quantum kaltes Wasser zutritt, so daß Verbrühungen ausgeschlossen sind. Auch diese Badegarnitur wird in verschiedener Ausstattung geliefert, nämlich aus blank poliertem Messing, aus vernickeltem Messing und mit versilberter Platte.

Gewöhnlich wird die Badegarnitur mit der dazu gehörigen Brausevorrichtung an der Wand befestigt, an welcher die Wanne steht. Man hat aber auch Badewannen konstruiert, bei welchen die Garnitur direkt auf den Wulst der Wanne aufgesetzt ist. Die Brause ist sodann mit Rohr und Brausearm aus Messing fertig auf der Wanne montiert. Die Verschraubungen befinden sich dicht hinter einem imitierten Marmorschild, so daß sie jederzeit leicht zugänglich sind und bei Reparaturen die Wanne nicht abgerückt zu werden braucht.

Bei Gasbadeöfen wird der Brausearm in der Regel am Ofen befestigt und direkt von dort aus gespeist.

Ausstattung der Baderäume.

Bereits im Eingang dieses Paragraphen wurde darauf hingewiesen, daß Baderäume, um der Einwirkung des Frostes nicht ausgesetzt zu sein, eine geschützte Lage erhalten müssen. Eine weitere Forderung, die der Baumeister zu erfüllen hat, ist die, daß Fußboden und Decke des Baderaumes aus Materialien hergestellt sein sollen, welche der Feuchtigkeit widerstehen. Man erreicht dies am leichtesten, indem die Wand, an welcher die Wanne steht, mindestens in Länge derselben auf 1,5 bis 2 m Höhe mit Kacheln oder glasierten Thonfliesen bekleidet wird. Wo dies nicht angänglich ist, pflegt man die Wandflächen in ganzer Länge mit Ölfarbenanstrich zu versehen. Bei guter Lüftung des Badezimmers ist auch Kacheltapete, die einen schützenden Lackanstrich besitzt, am Platz.

Wenn der Baderaum gedielt ist, so belegt man den Fußboden am besten mit Linoleum, doch ist für einen dichten Schluß des Linoleums gegen massive Wände durch Randleisten Sorge zu tragen. Zweckmäßiger ist allerdings ein Terrazzofußboden, doch ist dabei vorausgesetzt, daß der darunterliegende Raum gewölbt oder mit einer der neueren, massiven Deckenkonstruktionen versehen ist. Statt des Terrazzobelages sind natürlich auch Thonfliesen verwendbar.

Linoleumbelag auf Betonestrich bei Baderäumen im Souterraingeschoß hat sich in vielen Fällen nicht bewährt; nur reiner Cementbeton — der genügende Zeit zum Erhärten und Austrocknen hatte — schützt den Linoleumbelag vor den Einwirkungen der Grundfeuchtigkeit.

§ 10.

IV. Anlage der Klosetts mit Wasserspülung.

Neben den Badeeinrichtungen bilden die Klosetts mit Wasserspülung ein wesentliches Förderungsmittel der Bequemlichkeit und — sofern die Grundsätze der Gesundheitslehre dabei erfüllt werden — auch der Reinlichkeit in den Wohngebäuden. Hierbei kommt es in erster Linie auf eine praktische und fehlerfreie Installation an. In zweiter Linie haben auch die Hausbewohner für gehörige Instandhaltung der Anlage Sorge zu tragen, wenn sich dieselbe als segensreich bewähren soll. Endlich ist die eminent wichtige Frage dabei zu erledigen: wie können ohne erhebliche Belästigung der Einwohner die Abfallstoffe schnell aus dem Bereich der Wohnstätten entfernt werden?

Erfahrungsmäßig ist dies sicher und bequem nur durch Herrichtung einer unterirdischen Entwässerungsanlage zu erreichen, denn die früher üblichen Abtrittsgruben infizieren den Untergrund, verschlechtern das Brunnenwasser, verpesten die Luft und beeinträchtigen demzufolge den Gesundheitszustand der in Mietshäusern eng bei einander wohnenden Menschen.

Die Abführung der Klosettwässer aus dem Bereich der Wohnungen muß schnell geschehen, damit nachteilige Ausdünstungen sich nicht entwickeln können. Um dies zu vermeiden, sind die Einrichtungen so zu treffen, daß:

a) die Abfallstoffe direkt durch Röhren mit Wasserverschluß (Syphon, Trape) abgeleitet werden und nicht in Senkgruben oder Senkkästen gelangen können,
b) durch die Art der Rohrführung die Verstopfung derselben verhindert wird;
c) die Röhren der Einwirkung des Frostes nicht ausgesetzt sind.

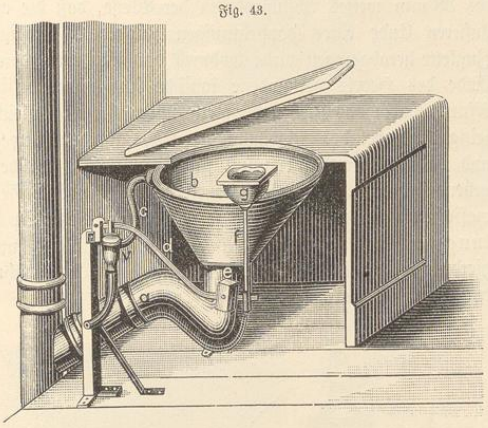
Die Verstopfung wird verhindert, wenn alle scharfen Biegungen in der Abflußleitung vermieden werden, denn gerade dort pflegen sich die Sinkstoffe gern anzusammeln. Ist die Biegung aber nicht zu vermeiden, so lege man an dieser Stelle von vornherein eine Reinigungsöffnung an. Fehlerhaft ist die Leitung auch dann, wenn die Abflußröhren auf längeren Strecken ungenügenden Fall haben. Hier wird an der Reinigungsstelle ein besonderer Wasserzufluß vorzusehen sein.

Endlich ist bei der Benutzung der Klosetts das Einschütten von unlöslichen Stoffen (Müll, Kehricht, Lumpen) sorgsam zu vermeiden und mit dem Wasserzufluß darf nicht gespart werden. In Hospitälern, Gasthöfen, Eisenbahnretiraden findet man daher Einrichtungen mit selbstthätiger oder kontinuierlicher Wasserspülung, weil hier auf den guten Willen der Besucher nicht gerechnet werden darf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Klosetts mit festem Wasserverschluß. Zur Aufnahme der Exkremente dient ein Becken oder Trichter b (Fig. 43) aus emailliertem Eisenguß oder Fayence, welches bei den gewöhnlichen Klosetts dritter Klasse mit einfachem Ansatzstutzen versehen ist. Dieser mündet in den syphonähnlichen Wasserverschluß, dessen geneigter Schenkel a in das 100 mm weite Abflußrohr mittels Muffenverbindung eingeführt ist. Um den Wasserverschluß immer gefüllt zu halten und die Spülung beim Gebrauch mühelos bewirken zu können, mündet im oberen Teil des Beckens dicht unter dem Rande der Schale ein Wasserzuflußrohr c tangential

Fig. 43.



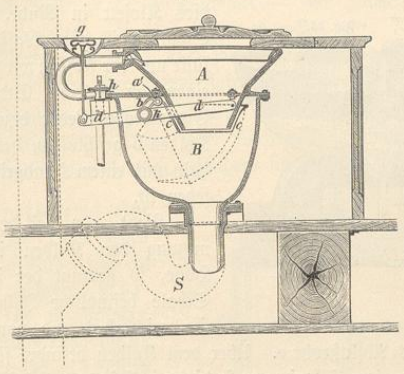
zur Beckenhöhlung ein. — Will man Wasser zuströmen lassen, so hat man den in einer Messingschale g geführten Handgriff emporzuheben, wobei seine Verlängerung über eine gekrümmte, durch das Gewicht e belastete Ventilstange greift, die sich an ihrem oberen Ende in einem Scharnier dreht. Hierbei wird das Ventil v geöffnet und das Wasser strömt durch das Rohr c in das Klosettbecken ein. Nach Loslassen des Handgriffes schließt das Gewicht e das Ventil wieder und der Wasserzufluß hört auf.

Der Preis eines derartigen Klosetts dritter Klasse mit Holzgestell und sämtlichem Zubehör beträgt 45 Mark.

Ein Übelstand der einfachen Klosetts besteht darin, daß das Austreten von Gasen aus der im unteren Teil des Beckens stehenden Flüssigkeit nicht vermieden und längeres Spülen nötig ist, ehe das Wasser im Becken wieder klar wird. Daß Papierstücken häufig darin liegen bleiben, ist auch unangenehm: trotzdem sind diese durch Fig. 43 dargestellten Klosetts immer noch stark im Gebrauch, denn sie sind billig und leicht zu montieren.

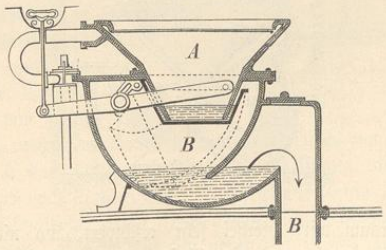
Die Unvollkommenheiten der gewöhnlichen Klosetts sind in befriedigender Weise vermieden bei der in Fig. 44 dargestellten Einrichtung eines beweglichen Wasserverschlusses. Das Klosettbecken (Cuvette) besteht hier aus Porzellan und wird durch eine aus Kupfer getriebene Schale c c, welche sich um die Achse a bewegt, verschlossen gehalten. Wenn dann bei der Benutzung durch den Griff g der Hebel d d angehoben wird, so kommt auch der auf ihm ruhende Hebel h des Klosetthahnes in Funktion und das Wasser tritt zwischen Becken und Rand in die Cuvette. — Gleichzeitig aber hebt sich auch der Stift bei k, be-

Fig. 44.



wegt sich in seiner Führung aufwärts und dreht dadurch die Schale c c nach unten, wobei dieselbe ihren Inhalt in den darunter befindlichen Klappentopf B entleert. Beim Loslassen des Griffes g kommt der Hebel durch sein Eigengewicht in seine frühere Lage und die Schale schließt das Klosettbecken. Da jedoch der Klosetthahn so lange Wasser abgiebt, bis die Schale in ihrer höchsten Stellung angelangt ist, so wird dieselbe mit Wasser angefüllt und ein ausreichender Wasserverschluß erzeugt, der das Austreten von Gasen aus dem Klappentopf in das Klosettbecken hindert. — Da der Inhalt des Beckens a auch noch den Syphon (Trape) S passieren muß, ehe er in das Abflußrohr gelangt, so ist stets ein doppelter Wasserverschluß vorhanden.

Fig. 45.

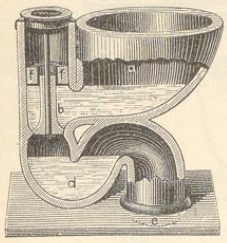


Aber die Anlage beansprucht so viel Höhe, daß man den Apparat teilweise in der Zwischendecke unterbringen muß, um die übliche Sitzhöhe nicht zu überschreiten.

Diesen Übelstand vermeidet die in Fig. 45 dargestellte Anordnung, indem der aufwärts gerichtete Teil des Syphons mit dem Klappentopf zu einem Konstruktionsteile vereinigt ist. Klosetts dieser Art mit Klappschale und Wasserverschluß stellen sich exklusive Holzgestell auf 38 Mark, das polierte Mahagonigestell allein auf 48 Mark.

Beliebt sind sodann in neuerer Zeit wegen ihrer Sicherheit die „Jennings-Klosetts". Fig. 46 zeigt dies Klosett in Ruhe. Die Schale a ist mit Wasser gefüllt und der Abfluß wird durch einen am unteren Ende mit Gummi oder Leder bezogenen Kolben b geschlossen, der oberhalb mit einem Handgriff versehen ist.

Fig. 46.

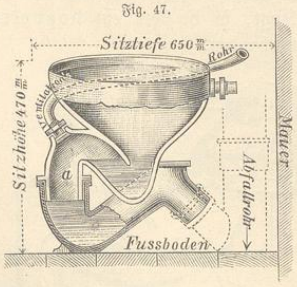


Zieht man bei der Benutzung den Kolben in die Höhe, so gelangt der in der Schale befindliche Inhalt in den darunter liegenden Wasserverschluß d und von dort in das Abflußrohr e. Über dem Kolben befindet sich ein ringförmiger Schwimmer f; dieser schließt das Ventil, durch welches das Wasser zuströmt, sobald das letztere in a eine bestimmte Höhe erreicht hat. Sobald andererseits der Kolben angezogen wird und das Wasser der Schale abfließt, sinkt der Schwimmer f und öffnet das Ventil so lange, bis der normale Wasserstand erreicht ist.

Das Exakt-Klosett von Butzke & Comp., Berlin, geschützt durch D. R. P. Nr. 48601, ist im Prinzipe dem Jennings-Klosett verwandt.

Einen permanenten doppelten Wasserverschluß gewährt auch das Berliner Sanitäts-Klosett von O. Phennigwerth (Fig. 47). Der Rückstau der Gase in den

Fig. 47.



Klosettraum wird hierbei sehr erschwert, wo nicht unmöglich gemacht, und eine Ansammlung derselben in dem zwischen den beiden Wasserspiegeln gelegenen Raume a wird vermieden durch ein Entlüftungsrohr, welches nach dem nächsten Lüftungskanal zu leiten ist.

Eine angemessene Sitzbreite für Klosetts ist 0,90 m. Die Maße der erforderlichen Sitztiefe und Sitzhöhe sind aus Fig. 47 zu entnehmen.

Klosetts mit Spülkästen. Einer zunehmenden Beliebtheit erfreuen sich neuerdings die Klosetts, welche durch ein Zwischenreservoir gespült werden. Die Reservoire oder Spülkästen werden in 1,5 bis 2 m Höhe über dem Klosettsitz auf konsolähnlichen Eisenträgern angebracht, fassen etwa 15 l Wasser und füllen sich aus der Hausleitung mit Hilfe eines sogenannten Schwimmkugelhahnes. Die Entleerung geschieht rasch durch ein 32 bis 38 mm weites Abflußrohr in der Weise, daß die am äußeren Ende eines doppelarmigen Zughebels befestigte Zugkette herabgezogen wird, wodurch das mit dem anderen Ende des Hebels verbundene konische Ausflußventil sich öffnet. Durch das Ziehen der Kette wird aber auch gleichzeitig der Hebel des Schwimmkugelhahnes aufwärts bewegt und dadurch der Wasserzufluß zum Spülkasten vorübergehend gehemmt. Durch die schnell niedergehende Wassermasse wird jedenfalls eine kurze aber energische Spülung der Klosettschale und des Syphons veranlaßt, und hierdurch sind die Klosetts mit Spülkasten den vorerwähnten Konstruktionen überlegen.

Fig. 48.

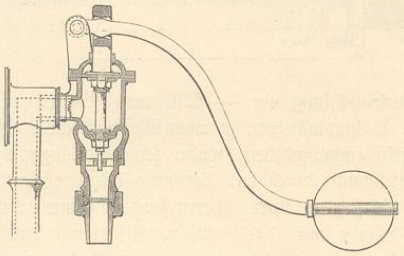
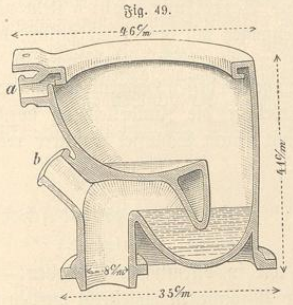


Fig. 48 stellt einen Schwimmkugelhahn im Durchschnitt dar. Der Schwimmer, eine Hohlkugel aus Kupferblech, bringt — bei normalem Wasserstande im Spülkasten — das Ventil zum Abfluß; bei niedrigem Wasserstande aber öffnet sich das Ventil durch dieselbe Vorrichtung und läßt Wasser in den Kasten bis zur vorbemessenen Höhe eintreten.

Da innerhalb der von einem kastenartigen Sitz umgebenen Klosetts stets ein unzugänglicher Raum verbleibt, worin sich im Laufe der Zeit Schmutz und Feuchtigkeit ablagert, so hat man sich neuerdings in allen Fällen, wo die Kostenfrage nicht ausschlaggebend ist, für „freistehende" Klosetts entschieden. Dieselben werden ganz aus (englischer) Fayence hergestellt, und zwar Trichter und Trap aus einem Stück. Der Boden des Klosetttrichters (Fig. 49) ist gewölbt und bildet so eine Art Wassersack, in welchen die Exkremente fallen und daher

nicht am Trichter hängen bleiben. Das aus dem Spülkasten austretende Wasser gelangt bei a in den Zuflußstutzen und wird gezwungen, an der Beckenwand sich auszubreiten, diese rein zu spülen und die Exkremente aus

Fig. 49.



dem Wassersack herauszustoßen, resp. durch energische Spülung in den Trap und von hier aus in das Abflußrohr zu treiben. Der Stutzen b dient zum Anschluß eines Entdunstungsrohres. Die Abmessungen sind aus beistehender Figur ersichtlich. Diese Gattung führt im Handel den Namen „Viktoria-Klosett“. Es werden aber von englischen Fabriken eine große Menge freistehender Fayence-Klosetts in den Handel gebracht, die sich weniger in der Konstruktion, als vielmehr in der äußeren Ansicht unterscheiden. Hierher gehören die unter dem Namen: Sanitas, Excelsior, Unitas, Tornado, Simplex bekannten Fayence-Klosetts, deren Besprechung an dieser Stelle erübrigt.

Fig. 50.

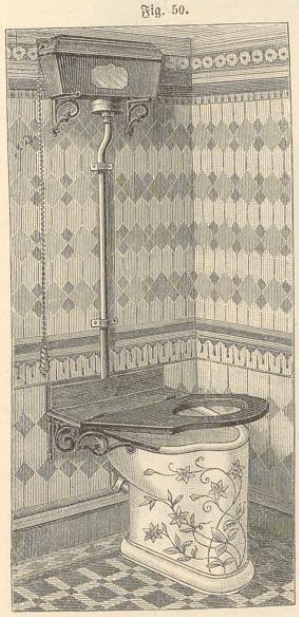


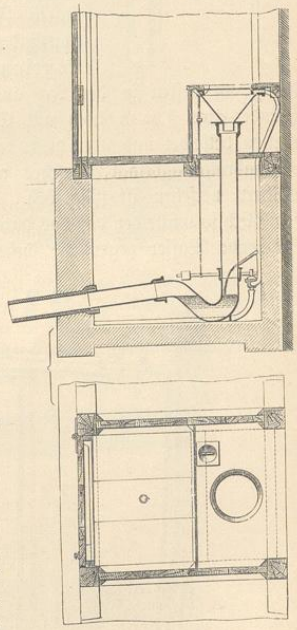
Fig. 50 stellt die Gesamtanlage eines freistehenden Fayence-Klosetts mit beweglichem Sitz von poliertem Holz, mit Spülkasten, Abflußrohr und Zugkette dar. Die Verbindung des Apparates mit der Wand des Klosettraumes ist ersichtlich gemacht. Der Sitz ist zum Aufklappen eingerichtet und gestattet das nahe Herantreten an das Becken, um dasselbe eventuell auch als Pissoir und Ausguß benutzen zu können, wozu die Form und ebene Fläche des Beckens sich besonders eignen. Außer dem in Scharnieren beweglichen Sitzbrett und einer niedrigen Rückwand sind weitere Holzteile nicht vorhanden und wenn das Klosett — wie aus der Zeichnung ersichtlich — aufgestellt wird, kann bei sauberer Behandlung desselben Schmutz sich nie anhäufen.

Der Fußboden gut eingerichteter Klosetträume wird — wie derjenige der Badezimmer — mit Fliesen oder Terrazzo belegt. Zu den Wänden wählt man Fliesen- oder Marmorbekleidung, auch wohl Ölanstrich, um Wände und Fußböden ohne Schwierigkeit abwaschen zu können.

Dadurch, daß die Klosetts mit Spülreservoir von dem schwankenden Druck einer Wasserleitung unabhängig sind, eignen sie sich auch besonders für Landhäuser.

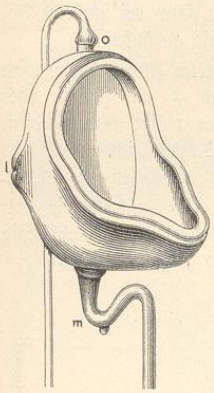
Hofklosetts. Auf dem Hofe eines jeden Wohngebäudes sind ein oder mehrere Hofklosetts anzubringen. Ein solches stellt Fig. 51 dar, wobei zu beachten ist, daß sowohl der Wasserverschluß (Trap) als auch der Wasserzuflußhahn gegen Einfrieren geschützt werden müssen. Man legt daher beide in eine möglichst gut abgedeckte Grube und mindestens 1,25 m unter Terrain. Die Ventilstange mit Gegengewicht wird dabei in ähnlicher Art, wie oben beschrieben, angeordnet. Das vom Klosetthahn in das Klosettbecken mündende Rohr muß nach erfolgter Spülung sich selbst von Wasser entleeren, wozu das kleine Rohr dient, welches vom Steigerohr in das Abflußrohr führt. Die Öffnung dieser Klosetts soll nach Berliner Polizeivorschrift nur 70 mm betragen; das Abfallrohr erhält, wie gewöhnlich, 100 mm lichte Rohrweite. Häufig läßt sich neben dem Klosett mit Vorteil ein Pissoirbecken anordnen, dessen Ablauf ebenfalls in die Pissoirgrube, oberhalb des Trape, eingeleitet werden kann.

Fig. 51.



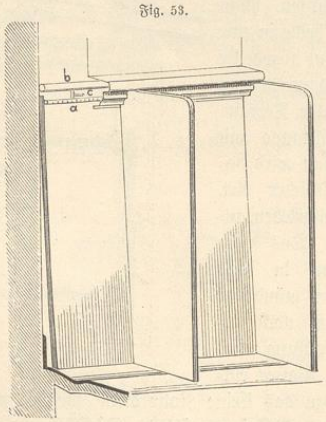
Die Pissoirs in öffentlichen und Wohngebäuden erhalten häufig die Form von Porzellanbecken mit Spülung von oben und Abfluß von unten. Fig. 52 zeigt eine der gebräuchlichsten Formen solcher Becken. Die Lappen l dienen zur Befestigung der Becken an der Wand; m ist der aus Bleirohr gebogene Wasserverschluß und die Zuführung des Wassers erfolgt oberhalb bei o entweder kontinuierlich oder nur nach erfolgtem Gebrauch mittels eines an dieser Stelle angebrachten Niederschraubhahnes, oder es findet eine selbstthätige Spülung statt.

Fig. 52.



Auf Bahnhöfen und in öffentlichen Bedürfnisanstalten, wo eine starke Frequenz der Retiraden stattfindet, werden Pissoire mit kontinuierlicher Wasserspülung am besten in der Art ausgeführt, daß man die Wände etwa 1,25 m hoch mit Schiefer- oder Marmorplatten bekleidet und über diesen ein horizontales Wasserleitungsrohr anbringt, welches an der Vorderseite mit Löchern versehen ist (Fig. 53). Dieses Rohr wird mit Zinkblech so umkleidet, daß das durch kleine Öffnungen ausströmende Wasser gegen die äußere Zinkbekleidung spritzt

Fig. 53.



und von dieser an die Schieferplatten geleitet wird, so daß es daran herabrieselt. So weit die Urinwand reicht, wird im Fußboden eine aus Ziegeln gemauerte und, wie der Fußboden, mit Asphaltbelag versehene Rinne angebracht. An der Wand muß mindestens ein 10 cm hoher Asphaltstreifen gezogen werden. Übrigens erhält die Rinne Längsgefälle und der Fußboden nach der Rinne hin Quergefälle, damit alle Feuchtigkeit durch die letztere abgeführt werde.

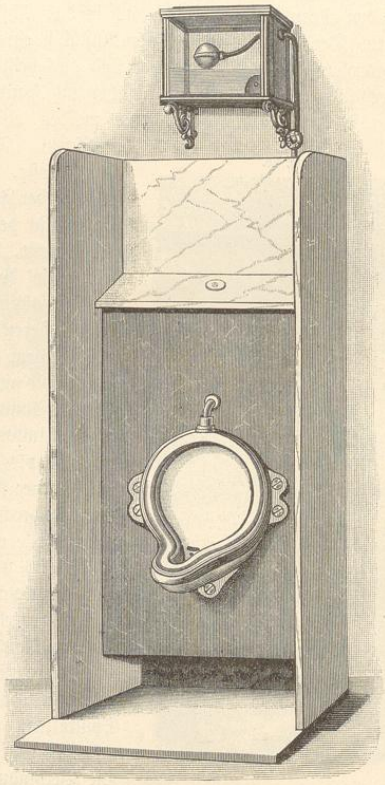
Während der Nachtstunden, wo eine Benutzung der Pissoirs nicht stattfindet, läßt sich der Wasserzufluß absperren. Das Verteilungsrohr a steht nämlich durch vertikale Zuleitungen mit dem Hauptzuflußrohr b in Verbindung und in die vertikale Zuleitung ist ein Niederschraubhahn eingesetzt, dessen Hahnenkegel in einen Vierkant c ausmündet, welcher die Zinkbekleidung durchdringt und von außen mit einem Schlüssel reguliert resp. abgestellt werden kann.

Pissoire mit selbstthätiger periodischer Spülung.

(System „Jennings“.)

Wo — wie in öffentlichen Gebäuden — periodische Spülung der Pissoirbecken angestrebt werden soll, pflegt

Fig. 54.



man über dem Becken ein Zwischenreservoir, welches durch die Wasserleitung gespeist wird, anzubringen. Der Zuflußhahn muß dann so reguliert werden, daß das Reservoir

sich in bestimmt zu bemessender Frist füllt. Ist nun ein gewisser Wasserstand erreicht, so fließt das Wasser in das Spülrohr über und da das obere Ende desselben heberähnlich gekrümmt ist, fließt der Inhalt des Reservoirs in das Becken, und zwar in kräftigem Strome. Nach Entleerung des Reservoirs tritt aber Luft in das Spülrohr und die Heberwirkung hört damit auf. Inzwischen hat sich der Zuflußhahn mittels der angebrachten Schwimmkugel beim Sinken des Wasserstandes mehr geschlossen, so daß das Reservoir nunmehr sich langsam füllt, bis der Spülvorgang von neuem beginnt.

Je nach Regulierung des Zuflusses läßt sich die Zeit — die zwischen den einzelnen Spülungen verbleibt — verlängern oder verkürzen.

Fig. 54 stellt die Gesammtanlage des vorbeschriebenen Pissoirs mit Zwischenreservoir, Zuleitungsrohr, Schwimmkugelhahn und Fayencebecken mit dem Ansatz des Spülrohres dar. Dieses Becken ist gegen eine Bekleidung von Marmor oder Schiefer befestigt. Auch Rückwand und Seitenwände bestehen aus geschliffenen Marmor- oder Schieferplatten. Allerdings stellt sich der Preis eines Standes aus geschliffenem Schiefer je nach Ausstattung auf 100 bis 200 Mark, des Spülreservoirs allein auf 50 Mark. Wenn die Seitenwände von Schiefer fortbleiben, ist der Preis entsprechend billiger.

§ 11.

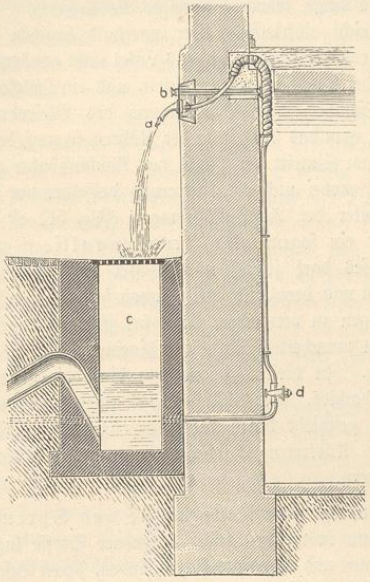
Ausflußvorrichtungen im Freien.

Die Anlage von Ausflußvorrichtungen im Freien erfordert allemal die sorgfältigste Überwachung, wenn sie dauerhaft und brauchbar angelegt werden soll, und würde ein Brunnen, bei welchem das nach der Benutzung im vertikalen Rohre stehende Wasser vor schädlicher Einwirkung durch Frost geschützt ist, den Vorzug verdienen, wenn die Anschaffungskosten nicht sehr erhebliche wären.

Als Ersatz des Hofbrunnens ist in Fig. 55 die einfache Vorrichtung eines Zapfhahnes auf dem Hofe dargestellt, welcher auch im Winter genügend gegen Einwirkung des Frostes geschützt werden kann. Das Zuführungsrohr ist Bleirohr von 20 mm lichter Weite, welches wegen des Einfrierens nicht flacher als in 1,5 m Tiefe unter dem Hofpflaster durch die Fundamentmauer geführt werden soll. — Wird das Rohr durch Lokalitäten geführt, welche dem Frost zugänglich sind, so muß ein Entleerungshahn d eingeschaltet werden, welcher gestattet, die Röhren bei Eintritt der Nacht zu entleeren; bei Tage friert das Wasser nicht so leicht ein, weil es alsdann in Bewegung bleibt.

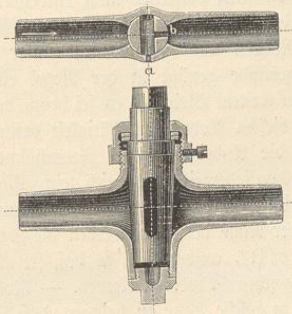
In Fig. 56 ist Durchschnitt und Grundriß eines solchen Hahnes in $^1/_3$ der Naturgröße dargestellt. Aus dem Horizontalschnitt ist ersichtlich, daß der Hahn gegen die Hauptleitung (welche sich auf der linken Seite befindet) geschlossen ist. Die seitliche Bohrung im Hahnenkegel bei b ist gegen die gefüllte Hausleitung gerichtet, und die Bohrung des Hahngehäuses bei a gestattet ein langsames Aus-

Fig. 55.



treten des in der Hausleitung befindlichen Wassers, welches entweder in den Boden einsickert oder in einen besonderen Behälter abfließt. Diese Bohrung macht man in der Regel nicht weiter als 3 mm. Der Hahn ist mit einer aufgeschraubten Kappe versehen, welche das

Fig. 56.



Herauswerfen desselben durch den Wasserdruck verhindert. — Um Verwechselungen zu vermeiden, sind die Wege der Öffnungen im Hahn auf dessen Vierkant so eingeschnitten, daß sie den Wasserstrom markieren.

Vom Entwässerungshahn wird das Rohr bis zu der Höhe emporgeführt, in der die Ausflußvorrichtung anzu-

bringen ist. Hier wird nun ein Niederschraubdurchgangshahn eingeführt und so befestigt, daß er vom Hofe her mittels eines Schlüssels bei b geöffnet und geschlossen werden kann. Sobald der Hahn geschlossen ist, entleert sich das kurze, abwärts geneigte Ausflußrohr a und kann daher nicht einfrieren. Der innerhalb liegende Teil des Zuflußrohres wird, wenn das Lokal nicht erwärmt ist, mit Filz oder Tuchbändern umwickelt, und ein Holzkasten dient zum Schutze gegen Beschädigung des Bleirohres. Befürchtet man das Einfrieren der Röhren, so muß bei strenger Kälte vor Eintritt der Nacht der Abschlußhahn geschlossen werden, wobei auch die Entleerung desselben vor sich geht.

Unter der Ausflußöffnung a (Fig. 56) ist im Hofpflaster ein sogenanntes Brunnengullie c anzulegen. In dieses darf jedoch nur Wasser ausgegossen werden, Kehricht und dergl. ist streng davon fernzuhalten, um Verstopfungen zu vermeiden, denn bei starkem Regen werden ohnehin mancherlei Stoffe mit hineingerissen, die sich dort absetzen. Zu diesem Zwecke nun dient die Vertiefung des Schachtes. Der Abfluß des Wassers nach der Grundleitung geschieht durch ein heberähnliches Thonrohr, um das Austreten schädlicher Gase aus den Kanälen zu verhindern.

Anlage der Feuerhähne und Sprenghähne. Fabriken, in welchen leicht brennbare Stoffe lagern oder Maschinen und Apparate sich befinden, deren Beschädigung durch Feuer bedeutende Verluste hervorrufen würde, bedürfen der Anlage von Feuerhähnen. Dasselbe gilt für Haupt-Korridore der Theater-, Börsen- und sonstiger zur Ansammlung von Menschen bestimmter Gebäude. Auch Museen und Sammlungen werden, selbst wenn sie feuersicher errichtet sind, derselben nicht entbehren können.

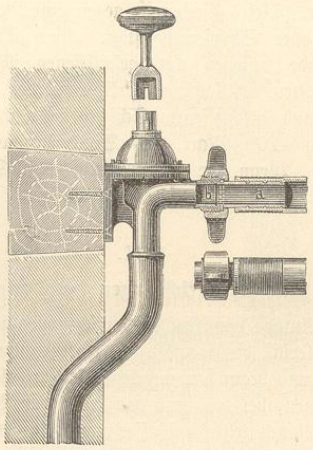
Für Fabriken und große öffentliche Gebäude wähle man die Röhren und Hähne nicht unter 50 mm weit; für Wohngebäude genügt in der Regel eine Zuführung von 25 mm weitem Bleirohr, es sei denn, daß sich mehrere Hähne an diesem Rohre in Thätigkeit befinden.

Was die Anbringung der Feuerhähne anlangt, so sollen dieselben jederzeit zugänglich sein, also nicht versteckt, auch nicht im Winkel der betreffenden Räume liegen. In unmittelbarer Nähe derselben werden die Schläuche, und zwar „gerollt“, aufbewahrt, so daß sie ohne Mühe an den Hahn geschraubt werden können. — Rohre und Hähne sind dabei in solche Lage zu bringen, daß sie sicher „vor Frost geschützt“ sind.

Schläuche sollen nicht nur transportabel sein, sondern müssen auch nach allen Richtungen gekrümmt werden können. Man verwendet dazu Gummi-,[1]) Leder- und Hanfschläuche. Lederschläuche sind sehr teuer, wenig in Gebrauch und werden entweder aus Lederstreifen zusammengenäht oder genietet. Hanfschläuche bestehen aus einem dichten Gewebe von Hanf und werden in rohe und präparierte unterschieden. Letztere sind innen mit Kautschuk gedichtet, nachdem der Hanf vorher in Gerbsäure gekocht wurde. Sie werden in Weiten von 25 bis 27 mm gefertigt. Empfehlenswert sind die gummierten Hanfspiralschläuche von Franz Clouth in Nippes bei Köln. Sie sind auf 10 Atmosphären geprüft.

Verbindung der Schläuche. Um das Ende eines Schlauches mit dem betreffenden Röhrenstück eines Feuer- oder Sprenghahnes zu verbinden, wird der Schlauch an dieser Stelle mit einem messingenen Rohrstück a versehen, auf dieses das Schlauchende hinaufgezogen und mit Messingdraht festgebunden, wie Fig. 57 in Ansicht und Durchschnitt zeigt. Bevor dies geschehen ist, wird auf den Schlauch eine Mutter gezogen, die sich frei auf dem Ende des Schlauches mit Rohrstück drehen läßt. Die Mutter ist außen kreisförmig und mit zahnähnlichen Vorsprüngen versehen, um sie leicht drehen zu können, und zwar zunächst mit der Hand. An der unbeweglichen Röhre b ist ein äußeres Gewinde angeschnitten, über welchem sich die genannte Mutter festschraubt. Die übrige Anordnung des Feuerhahnes bedarf kaum der Erläuterung. Der messingene Hahnenkörper ist gegen einen eingemauerten Dübel mit

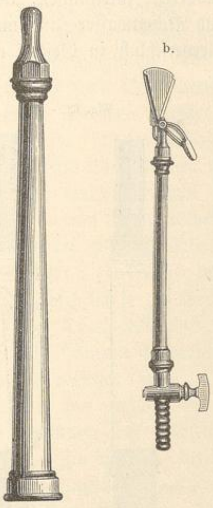
Fig. 57.



1) Der Gummi kommt in bester Qualität aus Para und Carthagena in Südamerika und wird aus dem Saft verschiedener Syphonia-Arten gewonnen. Wesentlich verschieden davon ist die Guttapercha von dem ostindischen Baume „Isonandra Gutta“; sie ist nicht elastisch und bei gewöhnlicher Temperatur hart. Röhren aus Guttapercha werden wie die Bleiröhren gepreßt, indem man die erweichte Masse durch eine ringförmige Öffnung hindurchdrückt.

Schrauben befestigt und das untere vertikale Zuflußrohr wird in das Bleirohr in bekannter Weise eingelötet; den Wasserzufluß regelt ein Niederschraubhahn, der mittels Schraubenschlüssel in Thätigkeit gesetzt werden kann.

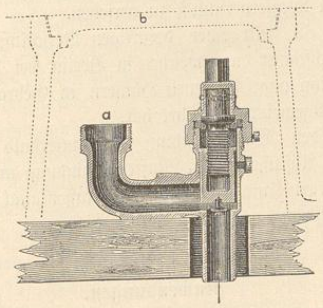
Fig. 58.



An dem freien Ende des Schlauches wird ebenfalls und in oben beschriebener Weise ein messingenes Rohrstück befestigt und an dieses das sogen. Strahlrohr (Fig. 58a) festgeschraubt. Bei Gartenspritzen wird meistens das untere Ende des Strahlrohres mit einem besonderen Hahn versehen und am oberen Ende ein beweglicher Löffel angebracht, welcher den gebundenen Wasserstrahl brausenförmig zerstäubt. (Vergl. Fig. 58b.)

Die in vorstehender Figur dargestellte Vorrichtung kann auch als **Sprenghahn** für Gärten oder Höfe dienen, doch ist dabei zu beachten, daß man vor Eintritt des Zuführungsrohres in den Hof resp. Garten einen Entwässerungshahn anzubringen hat, um im Winter die Röhren entleeren zu können. Von diesem Hahn aus müssen die Röhren konstant steigen, damit Wasser in denselben nicht zurückbleiben kann. — Wo aber die Befestigung an der Wand oder an kurzen Holzpfählen nicht anzubringen ist, da muß man Hähne anwenden, welche mit ihrem

Fig. 59.



eisernen Gehäuse (Fig. 59) in die Erde eingegraben sind und erst nach Öffnung einer eisernen Kappe b zugänglich werden. Der Schlauch wird dann an das freie Rohrende a angeschraubt oder es wird zunächst ein heberartig gebogenes Standrohr von Eisen aufgeschraubt und an dieses der Schlauch befestigt.

§ 12.

Ausführung der Hausanschlüsse an die Kanalisation.

Zur Aufnahme und schnellen Abführung der Abfallstoffe aus dem Bereich der Wohnungen ist ein Kanalnetz erforderlich, welches diese entweder in ein vorüberfließendes Gewässer oder in ein Sammelreservoir leitet, aus dem sie mittels Pumpen nach den Rieselfeldern gedrückt werden. — Ein solches Kanalnetz besteht aus gemauerten Kanälen eiförmigen Profiles und aus Thonrohrleitungen, die zweckmäßig unter dem Fahrdamm der Straßenzüge angeordnet und so bemessen sein sollen, daß sie

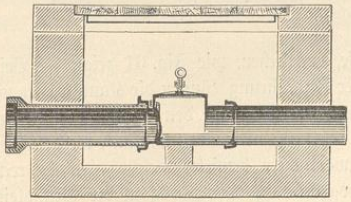
1) das Regenwasser (10 mm Regenhöhe per Stunde),
2) sämtliche Hauswässer, d. h. etwa 100 l per Kopf in 24 Stunden, (vergl. § 3) und
3) alle Exkremente in flüssiger und fester Form aufzunehmen im stande sind.

Die Regenwässer, das Wasser des Hofbrunnens und sonstige atmosphärische Niederschläge sind durch sogenannte Gullies oder Absetzgruben mit Wasserverschluß abzuleiten (Fig. 55). — Dagegen müssen Abfallstoffe jeder Art, welche in Fäulnis übergehen, direkt durch mit Wasserverschluß versehene Röhren (Traps) abgeleitet und nicht in Senkgruben (Sinkkasten) geführt werden.

Grundleitung. Zunächst ist die Sohlenhöhe des Hausanschlußrohres festzustellen. Ist die Höhenlage des Einlaßstückes bekannt und ordnet man den entferntesten Wasserverschluß frostfrei an, so ergiebt sich das Gefälle der Grundleitung. Dasselbe soll von der Einmündung in das Straßenrohr bis zum fernsten Wasserverschluß möglichst gleichmäßig sein.

In der Regel wird für jedes an die Kanalisation anzuschließende, städtische Grundstück die Höhenlage des metallenen „Wasserschlusses“ der Hausleitung von der Behörde bestimmt und die Verbindung

Fig. 60.
1:20.



desselben mit dem Straßenrohr der öffentlichen Entwässerungsanlage von der Bauverwaltung auf Kosten des Besitzers bewirkt. Der erwähnte Verschluß soll den Rückstau des Wassers aus den Kanälen hindern; er muß in einer gemauerten, jederzeit zugänglichen Grube, der „Inspektionsgrube“, liegen, welche bei großer Tiefe

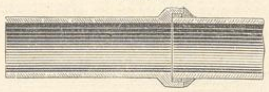
mit Steigeeisen zu versehen ist. Fig. 60 giebt den Durchschnitt der Grube und des metallenen Rohres mit Klappe, welche auch auf Taf. 63 angedeutet und durch den Buchstaben k bezeichnet ist.

Sobald die Sohlenhöhe des Hauswasserverschlusses bestimmt ist, kann an die Ausarbeitung des Projektes gegangen werden; es sind damit jedenfalls solide und erfahrene Unternehmer zu betrauen. Bei Ausführung der Grundleitung, welche die Abflußwässer zur Inspektionsgrube führt, ist mit großer Genauigkeit vorzugehen. Die Anlage kann in Thonrohr oder in Eisenrohr erfolgen, doch dürfte Thonrohr im ganzen vorzuziehen sein. Hierbei ist in Betracht zu ziehen, ob für die Grundleitung mindestens 25 cm Deckung von der Rohroberkante bis zur Oberkante des Kellerpflasters vorhanden sind; ist dies der Fall, so verwende man Thonrohr, sonst aber Eisenrohr.

Ausführung der Grundleitung. Kommt Eisenrohr zur Verwendung, so ist dasselbe innen und außen durch einen Asphaltüberzug vor Rost zu schützen. — Die Verbindung der Eisenrohre geschieht durch Muffen, seltener durch Flanschen, und die Dichtung der Muffenfuge erfolgt bis zur halben Tiefe mit locker gedrehten Hanfstricken, sogenannten „Lunten". Der obere Teil wird durch heißflüssiges Blei, das man eingießt, gefüllt und dieses durch Stemmen mit dem sogenannten „Bleisatz" festgetrieben. Aus diesem Grunde erhält die Muffe einen besonderen Verstärkungsring. — Das Verdichten der Rohre geschieht meist in den Rohrgräben.

In ähnlicher Weise geschieht das Abdichten der Thonrohrstränge. Die Rohre werden fest ineinander geschoben, so daß das Schwanzende des einen Rohres fest auf dem Grund der Muffe des anderen aufsitzt. Dann wird die Muffenfuge wiederum bis zur halben Tiefe mit Teerstrick gefüllt, den man mit dem Strickeisen (Stricksatz) eintreibt, und der übrige Teil mit fettem Thon, auch vor

Fig. 61.



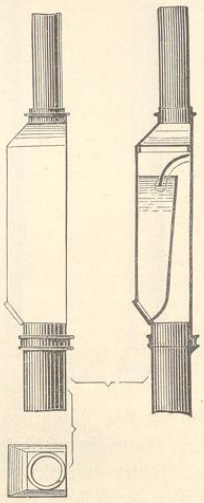
der Muffe, verstrichen, wie Fig. 61 zeigt. — Bei derartig sorgfältiger Ausführung können die Kanalwässer nicht durch die Muffen versickern und den Untergrund infizieren.

Alle seitlich zutretenden Einläufe werden durch Thonrohr-Abzweigungen bewirkt, welche niemals rechtwinklig, sondern bogenförmig oder schräg in die Grundleitung einzuführen sind, um den Zufluß in die Richtung des Hauptstranges successiv überzuführen.

Mit der so hergerichteten Grundleitung werden sämtliche, aus dem Hause kommenden Abflüsse verbunden und gilt bei Anordnung derselben der Grundsatz, daß Regenabfallröhren, Brunnengullie und der etwa vorhandene Regeneinlauf des Hofes (Hofgullie) direkt angeschlossen werden. Regenabfallröhren können auch in eine vorhandene Absetzgrube eingeleitet werden (Tafel 63).

Dagegen erhalten, wie in den vorhergehenden Paragraphen gezeigt wurde, alle anderen Zuleitungen, als da sind Wasch-, Bade-, Küchen- und Klosettwasser-Zuleitungen, gleich zu Anfang einen Wasserverschluß in Gestalt eines Trape, um die Lokalitäten, in denen die Ausgüsse sich befinden, vor dem Austreten schädlicher Gase zu schützen. Ferner soll an allen solchen Stellen ein Ausflußhahn vorhanden sein, um die Spülung bewirken zu können. — Diese Konstruktionen sind eingehend durch Zeichnung erläutert worden und wird es genügen, denselben einige Worte über den Anschluß der Regenrinnen zuzufügen.

Fig. 62.



Der Anschluß der Regenabfallrohre in den Höfen erfolgt direkt an die Grundleitung und bei den Dächern der Frontgebäude an das Straßenrohr. Diese Rohre werden, soweit es angeht, zur Lüftung der Entwässerungsröhren benutzt. Endigen dieselben jedoch unter den Dachfenstern einer Mansarde, so darf dies nicht geschehen, weil die austretende Kanalluft der Gesundheit höchst nachteilig werden kann; solche Röhren sind daher mit einem Wasserverschluß zu versehen.

Fig. 62 stellt einen derartigen Verschluß in Ansicht und Durchschnitt dar, welcher in Berlin bei den an die Kanalisation angeschlossenen Häusern in Gebrauch ist und sich im allgemeinen bewährt hat.

An den Wasserverschluß setzt unterhalb ein gußeisernes Abflußrohr mit Muffenverbindung an und dieses mündet in ein Knie, das mit dem Straßenkanal durch einen Thonrohrstrang verbunden wird.

§ 13.

Anwendungen.

In den Paragraphen 7 bis 9 sind die Konstruktionsmethoden behandelt worden, welche bei einer ausgedehnten Wasserversorgung der Gebäude zur Anwendung kommen. Auch die Grundsätze für die regelrechte Abführung der Verbrauchswässer sind erörtert worden. Ein allgemein verständ-

liches Bild, welches die Einzelkonstruktionen in ihrer Verbindung mit dem Gesamtorganismus des modernen Wohnhauses darstellt, giebt dem Leser die Darstellung auf Tafel 63, welche den Durchschnitt und die Hofansicht eines zweietagigen, herrschaftlichen Wohngebäudes veranschaulicht. Dasselbe ist ein Eckhaus mit anschließendem rechten Seitenflügel. Dieser enthält im Erdgeschoß Stallung für drei Pferde und darüber (im Zwischengeschoß) die Kutscherwohnung. In der Hauptetage des Seitenflügels ist das Badezimmer mit anschließendem Klosett ersichtlich, darüber befindet sich das für die Dienerschaft eingerichtete Zwischengeschoß, welches durch eine besondere Treppe vom Korridor her zugänglich gemacht ist.

Zur Entnahme von Leitungswasser im Freien ist rechts von dem Einfahrtsthor ein Zapfhahn z angelegt, der insbesondere zur Reinigung und Besprengung des Hofes dienen soll; Trinkwasser liefert ein tiefer Kesselbrunnen, dessen Holzgehäuse zur Seite der Stallthür sichtbar wird.

Der Durchschnitt des Vorderhauses zeigt die Anlage von Schlafräumen, deren Waschtoiletten mit Wasserzu- und -Abfluß versehen sind. Im Obergeschoß ist der vom Korridor her zugängliche Klosettraum ersichtlich. — Die Spülung des Klosetts geschieht nach § 10 durch ein Zwischenreservoir, dessen Zufluß durch selbstthätigen Schwimmkugelhahn reguliert wird (vergl. Fig. 48). Dadurch ist der Vorteil geboten, daß die Klosettanlage nicht mit dem direkten Druck der Leitung gespeist wird, daher Hähne und Ventile geschont werden.

Im Erdgeschoß ist nach dem Hofe hin, um einige Stufen erhöht, ein Badezimmer angelegt. Der Badeofen ist aus Kacheln errichtet und mit kupferner Wasserblase versehen. Die erhöhte Lage des Fußbodens an dieser Stelle war lediglich geboten durch die Anlage von sogenannten „Hofklosetts", welche ebenfalls an die unterirdische Entwässerung angeschlossen sind.

Diese Hofklosetts befinden sich in einem gewölbten Raume zur ebenen Erde und anschließend an diese ist ein Pissoirbecken von Porzellan mit beständiger Wasserspülung angebracht. Die Geruchverschlüsse der Hofklosetts sind mit Reinigungsdeckeln versehen und in einem gegen Frost geschützten Kellerraum untergebracht. Im Souterrain liegt ferner die Waschküche mit Kesselherd und Ausgußbecken; hier ist auch der Wassermesser aufgestellt. Der Privathaupthahn k ermöglicht die Absperrung der ganzen Hauswasserleitung; ein besonderer Absperrhahn t für die Leitung im Vorderhause befindet sich unter dem Korridorpflaster, und der dritte Absperrhahn u liegt im Hofe zwischen dem Brunnenschacht und dem Hofgullie und dient lediglich zum Absperren der Leitung im Seitenflügel.

Als Wasserzuleitungsrohr ist bis zum dritten Abschlußhahn hin Gußeisenrohr von 40 mm Lichtweite, vom dritten Haupthahn ab dagegen 30 mm weites Bleirohr verwendet. Die aufsteigenden Wasserstränge, welche dicht neben den 10 mm weiten gußeisernen Fallrohren in Mauerschlitzen liegen, sind sämtlich aus Mantelrohr hergestellt.

Zur Wasserabführung dient — wie üblich — die „Grundleitung"; sie nimmt außer dem Regenwasser die Verbrauchswässer und die Spülwässer der Klosetts auf und ist aus Thonrohren von 16 cm Lichtweite hergestellt. In dieselbe sind eingeleitet:

1) Die Verbrauchswässer zweier Etagen im Seitenflügel und die flüssigen Exkremente aus dem Pferdestall. Letztere sickern durch den Bohlenbelag hindurch, rinnen über das Klinkerpflaster in das mit Gitterverschluß versehene Pferdestallgullie und gelangen aus diesem durch ein heberähnlich gebogenes, 10 cm weites Thonrohr in die Grundleitung.

2) Das Abflußwasser des Brunnens und das Regenwasser aus dem Abfallrohr fließen in das Hofgullie und werden bei f mittels eines 10 cm weiten Heberrohres an die Grundleitung angeschlossen.

3) Das Gebrauchswasser des Zapfhahnes z dringt direkt durch die Spritzplatte in ein Becken, dessen rohrähnliche Fortsetzung mit Syphonverschluß und Reinigungsdeckel versehen ist; diese nimmt dann noch das Wasser des zweiten Regenabfallrohres auf und mündet endlich in ein 13 cm weites Thonrohr, welches unter 45° an die Grundleitung angeschlossen ist. — Um das Einfrieren des Syphons zu vermeiden, muß derselbe wenigstens 1,25 m tief unter der Pflastersohle des Hofes angelegt werden; die Revisionsgrube ist mit Platten abgedeckt, und besteigbar gemacht.

4) Der zweite vertikale Hauptstrang, an den die Hofklosetts anschließen, mündet im Punkt i in die Grundleitung.

5) Ein dritter, vertikaler Strang endlich tritt bei b in die Thonrohrleitung ein. Dicht davor befindet sich die sogenannte „Inspektionsgrube". Es mag erwähnt werden, daß die anschließende Grundrohrstrecke, da, wo sie die Frontwand durchdringt, aus Gußeisen besteht und daß dieselbe bei r in das Straßenrohr der öffentlichen Entwässerung einmündet.

Für die Entlüftung des Systemes ist in ausreichender Weise gesorgt, da die 10 cm weiten Dunstrohre a a — als Fortsetzung der vertikalen Abfallröhren — über Dach hinausgeführt, auch die Regenabfallröhren zur Lüftung der Gullies benutzt werden.

Zweites Kapitel.

Elektrische Beleuchtung.

§ 1.

Geschichtliches.

Die ersten unvollkommenen Versuche mit der elektrischen Beleuchtung wurden mit Bunsen-Elementen angestellt. Eine praktische Bedeutung erhielt die elektrische Beleuchtung erst, nachdem 1866 Werner von Siemens die erste dynamoelektrische Maschine gebaut hatte. Eine weitere Verbreitung hat die elektrische Beleuchtung gefunden, nachdem es gelungen war, Bogenlampen für Hintereinanderschaltung und Parallelschaltung mit großer Vollkommenheit herzustellen, und nachdem es durch Erfindung der Glühlampe ermöglicht wurde, Lampen für beliebige, auch geringe Lichtstärken leicht auszuführen. Seitdem sind wesentliche Verbesserungen in der Beleuchtungstechnik erfolgt, die sich insbesondere auf größere Einfachheit des Baues, ruhigeres Licht und größere Ökonomie erstreckten, so daß das elektrische Licht erfolgreich die Konkurrenz des Gaslichtes, trotz der außerordentlichen Fortschritte der Gastechnik, bestehen konnte. Fast alle größeren Städte besitzen elektrische Centralanlagen mit verzweigtem Leitungsnetze, von denen elektrische Energie für Kraft und Licht, zur Straßenbeleuchtung, für Kirchen, Theater, Verkaufsläden, Hotels, Fabriken, für Wohnräume und dergleichen abgegeben werden. Selbst in zahlreichen kleineren Ortschaften befinden sich größere Centralen oder kleinere Blockstationen.

Litteratur.

Herzog u. Feldmann, Handbuch der elektrischen Beleuchtung. Berlin.

Herzog u. Feldmann, Die Verteilung des Lichtes und der Lampen bei elektrischen Beleuchtungsanlagen. München.

Grätz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen. Stuttgart.

Grawinkel u. Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Berlin.

Lux, Die öffentliche Beleuchtung von Berlin.

S. v. Gaisberg, Taschenbuch für Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen. München.

Uppenborn, Kalender für Elektrotechniker. München.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen. Herausgegeben vom Verband deutscher Elektrotechniker. Berlin.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Hochspannungsanlagen. Herausgegeben vom Verband deutscher Elektrotechniker. Berlin.

Peschel, Hilfsbuch für die Montage elektrischer Leitungen zu Beleuchtungszwecken.

Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin.

Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Heiz- und Lüftungstechnik. Berlin.

Elektrotechnischer Anzeiger. Berlin.

§ 2.

Einleitung.

Bezüglich der Grundbegriffe der Elektrotechnik wird auf die eingehenderen Lehrbücher verwiesen. Im folgenden sollen kurz die wichtigsten elektrotechnischen Maßeinheiten aufgeführt werden. Zum Vergleich ist auf entsprechende Einheiten aus der Gas- oder Wassertechnik hingewiesen, obgleich, wie von vornherein bemerkt werden muß, sich diese Vergleiche nicht streng durchführen lassen.

Der elektrische Strom läßt sich mit dem durch eine Rohrleitung in der Zeiteinheit fließenden, durch Druck erzeugten Gas- oder Wasserstrom vergleichen. Gleichwie die Stärke der Wasserströmung mit der Weite der Röhre, der Verminderung der Reibung und Vergrößerung des Druckes zunimmt, ebenso ist der elektrische Strom um so stärker, je größer die „Spannung“ ist, die dem Wasserdruck, je größer der „Widerstand des Leitungsmateriales ist, der der Reibung entspricht und endlich je größer der Querschnitt der Leitung ist. Als Einheit der Stromstärke gilt das „Ampère“ (A).

Die Einheit der Spannung, die dem Druck in der Gas- und Wassertechnik entspricht, ist das „Volt“ und wird mit V bezeichnet. Als Spannung einer elektrischen Anlage wird die Netzspannung oder die Spannung an der Verbrauchsstelle angegeben. Infolge des Widerstandes, den die Leitungen dem Stromdurchgang bieten, herrscht an der Gebrauchsstelle eine geringere Spannung, als an der Strom erzeugenden Maschine. Der Unterschied zwischen der Maschinenspannung und Netzspannung heißt der „Spannungsverlust“. Dieser wird entweder in Prozenten der Maschinenspannung oder auch direkt in Volt angegeben.

Der Widerstand der Leitungen hängt von dem Querschnitt und dem Material der Stromleitungen, auch von der Temperatur ab. Widerstandseinheit ist das „Ohm“ und wird mit Ω bezeichnet. Ist l die Länge eines Leiters, q dessen Querschnitt, so ist, unter Vernachlässigung des Temperatureinflusses, der Widerstand

$$W = \frac{c \cdot l}{q};$$

c hängt von dem Material ab und heißt der spezifische Widerstand.

Für Kupfer ist c = 0,018 bis 0,019,
„ Eisen „ c = 0,10 bis 0,12.

Zwischen den drei Größen: Stromstärke J, Spannung E und Widerstand W herrscht die Beziehung

$$E = J \cdot W.$$

Nach dieser Gleichung läßt sich auch der Spannungsverlust einer Leitung berechnen. Ist w der Gesammtwiderstand von Hin- und Rückleitung, J die Stromstärke, so ist der Spannungsverlust e = J . w. (Für Drehstrombetriebe mit drei Leitungen gilt eine abgeänderte Gleichung. Ist nämlich w der Widerstand einer der drei Leitungen, so ist

$$e = J\,w\sqrt{3}.$$

Fließt der Strom J während der Zeit T durch die Leitung, so ist J . T die durchströmende Elektrizitätsmenge. Als Einheit gilt das „Coulomb".

1 Coulomb = 1 Ampèresekunde.

Praktisch (z. B. für die Angaben des Elektrizitätszählers) wird zumeist nicht nach Coulomb, sondern nach Ampèrestunden gerechnet.

1 Ampèrestunde = 3600 Coulomb.

Die mechanische Leistung (Energie) einer Maschine wird in Pferdestärken (PS) angegeben; die entsprechende elektrische Einheit ist das „Watt".

1 PS = 736 Watt.

Die elektrische Leistung erhält man, indem die Spannung E mit dem Strom J multipliziert wird, d. h. es ist: $A = E \cdot J.$

Anm. Die Formel gilt streng nur für Gleichstromsysteme und Wechselstromsysteme in induktionsfreier Belastung. Glühlampen- und solche Bogenlampenbelastung, bei der als Beruhigungswiderstände Drosselspulen nicht verwendet werden, können praktisch als induktionsfreie Belastungen gelten, für welche die Gleichung A = EJ gilt. Ist der Belastungskreis in Wechselstrombetrieben nicht induktionsfrei (z. B. bei Verwendung von Drosselspulen als Beruhigungswiderstände für Bogenlampen), so ist das Produkt E × J noch mit einem Faktor, der kleiner als 1 ist, zu multiplizieren. Dieser Faktor heißt der Leistungsfaktor; die Größe desselben hängt ab von der Selbstinduktion, dem Widerstand des Belastungskreises und der Periodenzahl des Wechselstromes.

Gewöhnlich wird die Leistung von Maschinen nicht nach Watt, sondern nach dem tausendfachen dieser Einheit gerechnet. 1 Kilowatt = 1000 Watt.

Ist beispielsweise die aufgenommene Leistung der Kraftmaschine (Dampfmaschine, Gasmotor oder dergl.), die zum Antrieb der elektrischen Maschine dient, 100 PS und beträgt der Wirkungsgrad von Kraftmaschine und elektrischer Maschine (Dynamomaschine) zusammen 80 Proz., so ist die von der Dynamomaschine abgegebene elektrische Leistung 80 PS, oder rund 59 Kilowatt. Beträgt die Maschinenspannung 110 Volt, so kann die Dynamomaschine $\frac{59000}{110}$ oder rund 450 Ampère abgeben.

Als Einheit der elektrischen Arbeit gilt die Wattsekunde, die erhalten wird durch Multiplikation der Leistung mit der Zeitdauer in der sie wirkt. Gewöhnlich wird nicht nach Wattsekunden, sondern nach Wattstunden (1 Wattstunde = 3600 Wattsekunden) oder nach Hektowattstunden (1 Hektowattstunde = 100 Wattstunden) resp. nach Kilowattstunden (1 Kilowattstunde = 1000 Wattstunden) gerechnet.

Mit dem mechanischen Maß verglichen ist eine Wattstunde = 367 kgm, d. h. bei Aufwendung einer Wattstunde kann die Arbeit geleistet werden, 367 kg einen Meter hoch zu heben.

Anm. Bei überschlägigen Rechnungen, namentlich in Anschlägen für Hausbeleuchtungen, wird die Leistung nach Zahl der zu installierenden Glühlampen gerechnet, wobei als Einheit eine 16kerzige Glühlampe (rund 50 Watt) angenommen wird. Bei gleichzeitigem Anschluß von Bogenlampen wird auch als deren Leistung für je 50 Watt eine Glühlampe gerechnet.

§ 3.

Allgemeines.

Die Centralisation ist bisher bezüglich der elektrischen Beleuchtung nicht in dem Maße allgemein durchgeführt, wie bei der Gasbeleuchtung. In fast allen größeren und auch in vielen kleineren Städten bestehen zwar elektrische Centralstationen für Lieferung von Licht und Kraft, doch werden vielfach neben diesen Centralen noch eine große Anzahl von Einzelstationen erbaut, die nur ein Haus mit Licht versorgen. Ob nun Anschluß an das Kabelnetz der Centralstation oder die Errichtung einer besonderen Stromerzeugerstation für die einzelnen Gebäude das vorteilhafteste ist, hängt von der Größe der Anlage, der Zeit des Stromverbrauches und den örtlichen Verhältnissen ab. Je nach der Wirtschaftlichkeit wird man sich für das eine oder andere entscheiden. Entscheidet man sich, trotzdem Anschluß an das Netz einer Centrale möglich ist, doch für den Bau einer eigenen elektrischen Anlage, so ist es vorteilhaft, das System der Stromerzeugung dem der Centrale anzupassen. Man hat dann die Möglichkeit, bei eventuellen Betriebsstörungen das Beleuchtungsnetz des Hauses an das Netz der Centrale anzuschließen.

Da die städtischen Centralen zumeist nur kurze Zeit stark belastet sind, so können sie in den Zeiten schwachen Betriebes elektrische Energie billig abgeben. Es kann daher unter Umständen am wirtschaftlichsten sein, eine Accumulatorenbatterie in dem Gebäude aufzustellen, die in der Zeit, da der Stromkonsum der Centrale gering und demnach elektrische Energie zu billigerem Preise zu haben ist, geladen wird. Die aufgespeicherte elektrische Energie kann dann zu jeder beliebigen Zeit zur Beleuchtung des Hauses verwandt werden.

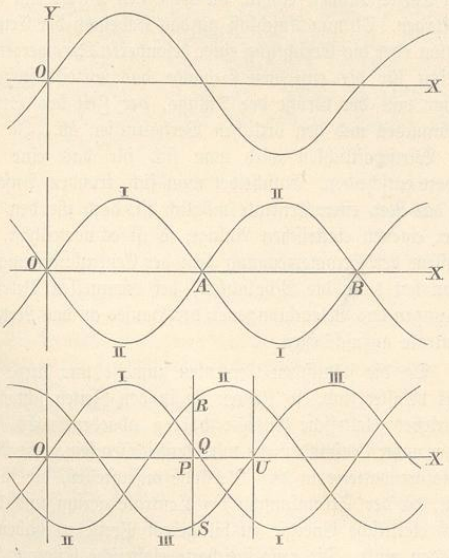
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 4.
System der Stromerzeugung.

Es kommen drei Systeme der Stromerzeugung für die elektrische Beleuchtung in Betracht, nämlich Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom. Nach jedem dieser Systeme sind bereits Anlagen von größerem Umfange hergestellt. Jedes dieser Systeme erfordert, seiner Eigenart entsprechend, besondere Installationseinrichtungen. Bei Anschluß der Hausbeleuchtung an eine vorhandene Centralanlage ist daher die Eigenart eines jeden Systemes besonders zu berücksichtigen. Hierauf soll im folgenden kurz eingegangen werden.

Bei jeder modernen elektrischen Maschine unterscheidet man im wesentlichen zwei Teile: „Schenkel“ und „Anker“. Die Schenkel bestehen aus Elektromagneten, die durch den elektrischen Strom polarisiert werden. Der Anker besitzt eine Anzahl von Spulen, in denen die elektromotorische Kraft bei Bewegung der Maschine erzeugt wird. Von dem Anker wird die elektrische Energie nach außen abgegeben. Die in jeder Spule erzeugte (induzierte) elektromotorische Kraft (Spannung) wechselt bei den verschiedenen Umläufen fortwährend die Richtung. Bei den Wechselstrommaschinen wird diese Spannung unmittelbar nach außen geführt und die nach außen fließenden Ströme wechseln ebenfalls fortwährend ihre Richtung (Wechselströme).

Fig. 63.



In Fig. 63 ist durch die oberste Kurve der Stromverlauf für Wechselstrom dargestellt. Bei den Gleichstrommaschinen wird der Strom erst durch besondere Stromwender (Kommutatoren) gleichgerichtet. Bei den Drehstrommaschinen werden in mehreren, gewöhnlich drei Kreisen Wechselströme erzeugt, die zeitlich nicht zusammenfallen, so daß der Strom in dem einen Kreise ansteigt, während er im zweiten abnimmt u. s. f. In der mittleren Kurve ist der Stromverlauf für Zweiphasenstrom, in der unteren für Dreiphasenstrom (Drehstrom) dargestellt. Der Drehstromkreis läßt sich leicht in einzelne Wechselstromkreise zerlegen. An jeden dieser Wechselstromkreise können Lampen angeschlossen werden.

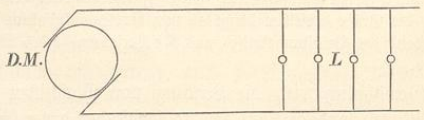
Bei Gleichstrombetrieb sind die Bogenlampen, wenigstens soweit die Bodenbeleuchtung in Frage kommt, wirtschaftlicher. Ein weiterer Vorzug des Gleichstromes ist, daß er sich leicht in Accumulatoren aufspeichern läßt. Der Wechselstrombetrieb besitzt dagegen den Vorteil, daß sich hierbei die Energie leicht in ruhenden Transformatoren auf hohe Spannung umformen und so — ohne zu große Verluste — auf weite Entfernungen übertragen läßt. Der Drehstrombetrieb besitzt außerdem noch den Vorzug, daß die Drehstrommotoren bei großer Einfachheit sehr wirtschaftlich sind.

Hiernach wird man für reine Beleuchtungsanlagen einzelner Häuser zumeist dem Gleichstrom den Vorzug geben, falls nicht etwa die Benutzung eines, in größerer Entfernung belegenen, Kraftwerkes (Wasserkraft) eine Wechselstrom- oder Drehstromanlage wirtschaftlicher macht.

Stromverteilung.

Die einfachste Verteilung des Stromes von Gleichstrom- und Wechselstrommaschinen erfolgt im Zweileitersystem, bei dem die Lampen nur zwischen zwei Leitungen, die von der Maschinenstation ausgehen, geschaltet werden. (Fig. 64.)

Fig. 64.

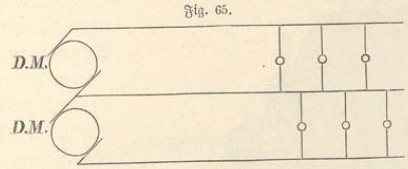


Von den zwei Hauptleitungen können Zweigleitungen in beliebiger Zahl angeschlossen werden. Bei Anlagen zur Beleuchtung einzelner Grundstücke wird dies System wegen seiner großen Einfachheit und Übersichtlichkeit fast ausschließlich angewandt. Die übliche Spannung beträgt 110 oder 120 Volt, die auch angenähert (wenn das Beleuchtungsgebiet nicht zu weit ausgedehnt ist) zwischen Hin- und Rückleitung im ganzen Netz herrscht. Ist das Beleuchtungsgebiet räumlich weit ausgedehnt, so müßte bei einer Zweileiteranlage der Querschnitt der Stromleitungen zur Vermeidung eines zu hohen Spannungs-

verlustes unter Umständen so stark bemessen sein, daß die Anlage dadurch stark verteuert und unrentabel würde. Allerdings kann durch Erhöhung der Netzspannung, etwa auf 250 bis 500 Volt, der Bereich, in dem die Anlage noch wirtschaftlich ist, erweitert werden. Dies hat aber den Nachteil, daß die höhere Spannung gefährlicher und die Installation etwas teuerer ist, daß auch die Glühlampen für die erhöhte Spannung weniger wirtschaftlich sind und daß bei Bogenlichtbeleuchtung immer eine größere Anzahl von Bogenlampen hintereinander geschaltet werden muß.

In ausgedehnteren Betrieben kann die Wirtschaftlichkeit der Anlage durch Wahl des Dreileitersystemes erhöht werden. Dieses System (Fig. 65) entsteht aus der Verbindung zweier Zweileitersysteme, bei denen die Stromkreise hintereinander geschaltet sind, und der Hinleitung des einen resp. Rückleitung des anderen Systemes

Fig. 65.



zu einer gemeinsamen Leitung, dem sogenannten Mittelleiter. Der Mittelleiter führt nur die Differenz der Ströme der beiden Außenleiter. Zwischen Mittelleiter und einem Außenleiter herrscht die gleiche Spannung, etwa 110 oder 220 Volt, zwischen den beiden Außenleitern herrscht die doppelte Spannung, also in dem erwähnten Beispiel 220 oder 440 Volt. Die elektrische Energie kann sowohl zwischen Mittelleiter und einem Außenleiter oder zwischen den beiden Außenleitern abgenommen werden. Da für Lampen, wie erwähnt, meist die geringere Spannung günstiger ist, werden die Lampen zwischen Mittelleiter und Außenleiter angeschlossen, während für die Elektromotoren häufig die Energie von den beiden Außenleitern abgenommen wird. An der Verbrauchsstelle kann das Dreileitersystem in zwei Zweileitersysteme aufgelöst werden. Wird an ein Dreileiternetz eine Beleuchtungsanlage von nur wenigen Lampen, etwa unter 50 Lampen, angeschlossen, so pflegt man letztere nur an zwei Leitungen, den Mittelleiter und einen Außenleiter, anzuschließen. Bei größeren Anlagen werden an alle drei Leitungen im Gebäude Lampen angeschlossen.

Der Mittelleiter wird häufig als blanker Kupferdraht ohne Isolierhülle in die Erde verlegt.

Drehstromschaltung.

Bei der Drehstromschaltung kommen, ähnlich wie bei der Dreileiteranlage, drei Leitungen zur Verwendung. Wesentlich verschieden ist die Drehstromanlage von der Dreileiteranlage dadurch, daß die drei Leitungen völlig gleichwertig und die Spannungen zwischen je zwei beliebigen Leitungen gleich sind. Es können also die Lampen beliebig zwischen je zwei Leitungen angeschlossen werden, wodurch drei Stromkreise entstehen. Für den Gesamtwiderstand ist es vorteilhaft, diese drei Stromkreise möglichst gleichmäßig zu belasten. Es ist aber nicht erforderlich, alle drei Stromkreise in die Gebäude zu führen. Bei kleineren Anschlüssen, (etwa unter 50 Lampen, je nach der Größe der Centralanlage) genügt es, nur in einen Stromkreis die Lampen anzuschließen, so daß auch hier die Anordnung einfach und übersichtlich wird. Natürlich wird man bei den verschiedenen Anschlüssen mit den Stromkreisen wechseln, so daß die Gesamtbelastung in der Centralstation möglichst gleichmäßig auf die drei Stromkreise verteilt ist.

§ 5.

Maschinenstation.

In den meisten größeren und in vielen kleinen Städten sind Centralanlagen vorhanden, in denen elektrische Energie erzeugt wird. Durch in der Erde verlegte Kabel oder oberirdisch verlegte Luftleitungen wird die elektrische Energie den einzelnen Konsumenten zugeführt. Ist keine elektrische Centrale am Orte, so ist die Herstellung einer eigenen Centrale erforderlich. Bei größeren Beleuchtungsanlagen oder wenn schon vorhandene Betriebskraft zur Verfügung steht, kann es wirtschaftlicher sein, trotzdem eine Centralstation am Orte ist, doch eine eigene Beleuchtungsanlage herzustellen. Für derartige Anlagen wird meist das Gleichstromzweileitersystem am empfehlenswertesten sein. — Als Kraftmaschinen zur Erzeugung der elektrischen Energie kommen in erster Linie Dampfmaschinen oder Gasmotoren in Betracht. Es können natürlich andere Arten von Kraftmaschinen, wie Wasserräder, Turbinen, Petroleummotoren u. s. w. verwandt werden. Der Betrieb mit Dampfmaschinen setzt eine besondere Kesselanlage, der Betrieb mit Gasmotoren Anschluß an ein vorhandenes Gasleitungsnetz voraus. Für kleinere Anlagen wird man meist den Betrieb mit Gasmotoren wegen des geringeren Raumbedarfes dem Dampfbetrieb vorziehen, wenn nicht die Kesselanlage noch für andere Zwecke Verwendung findet. Die Größe der Maschinen richtet sich nach der größten Anzahl gleichzeitig brennender Lampen. Das Verhältnis dieser Lampenzahl zu den gesamten installierten Lampen hängt von den örtlichen Verhältnissen und der Art der zu beleuchtenden Räume, als Wohnzimmer, Bureaux, Verkaufsläden, Fabriken und dergl. ab. Für Privatbeleuchtung kann man rechnen, daß etwa 40 bis 60 Proz. der installierten Lampen gleichzeitig brennen. Dieser Prozentsatz kann in einzelnen Betrieben bedeutend steigen und muß

zur genaueren Bestimmung der Anlage besonders ermittelt werden.

Die Kraftmaschine wird mit der stromerzeugenden Maschine, Dynamomaschine, entweder direkt gekuppelt oder sie werden durch Riemen resp. Seile verbunden. Bei direkter Kuppelung wird an Raum gespart; diese Kuppelung ist aber nur bei langsam laufenden Dynamomaschinen vorteilhaft. Bei solchen mit hoher Umlaufzahl, wie sie zumeist für kleinere Anlagen gebaut werden, muß Riemen- oder Seilantrieb gewählt werden.

Fig. 66.

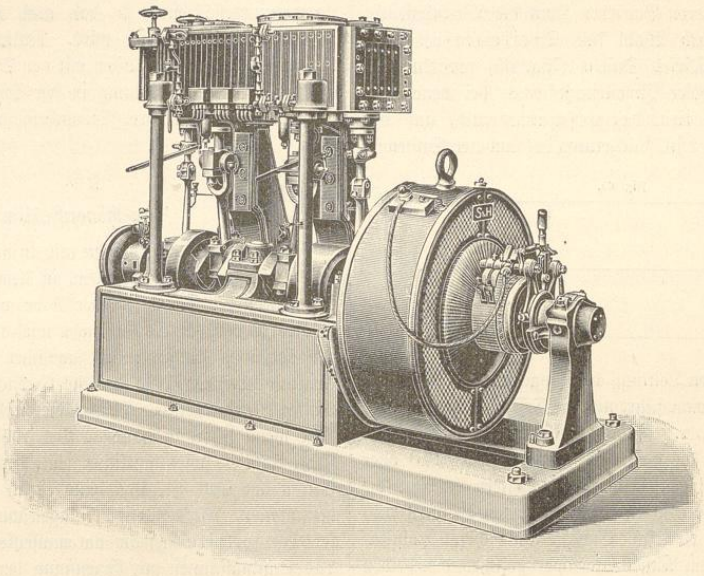


Fig. 66 zeigt eine Dampfmaschine mit einer auf gleicher Welle, also direkt gekuppelten Gleichstrommaschine. Die Dampfmaschine arbeitet mit gleichbleibender Umlaufszahl.

Dynamomaschinen.

Die Stromerzeugermaschinen sind entweder Gleichstrom-, Wechselstrom- oder Drehstromdynamomaschinen. Für Einzelanlagen kommen allerdings meist nur Gleichstrommaschinen in Betracht. Die elektromotorische Kraft der umlaufenden Gleichstrommaschine wird im Anker erzeugt (Fig. 67). Die Größe der elektrischen

Fig. 67.



Kraft hängt von der Umlaufszahl und der Stärke der Schenkelerregung ab, die vermittels des Regulierwiderstandes geregelt werden kann. Der Strom wird vom Kommutator des Ankers durch Schleifbürsten abgenommen. Die Bürsten befinden sich in Bürstenhaltern, die die Bürsten federnd auf den Kommutator drücken. In Fig. 68 u. 69 sind Bürstenhalter dargestellt, und zwar in Fig. 68 ein solcher für Bürsten aus Kupfergaze, in Fig. 69 ein solcher für Bürsten aus Kohle.

Fig. 68.

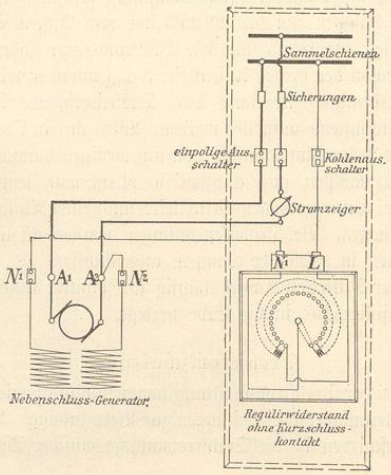


Fig. 69.



In Fig. 70 ist das Schema für den Stromkreis eines Nebenschlußgenerators dargestellt. A_1 A_2 sind die beiden Ankerklemmen, von denen die Stromleitungen abgezweigt werden. Ein Teil des im Anker erzeugten Stromes durchfließt die Nebenschlußwickelung zur Erregung der Schenkel auf dem Wege $A_2 N_2 N_1 N_1 L A_1$. In diesem Stromkreis ist zwischen N_1 und L ein Regulierwiderstand, der in Fig. 71 noch besonders abgebildet ist, zur Regulierung der Spannuug und ein Kohlenausschalter, mittels dessen der Erregerstromkreis unterbrochen werden kann, eingeschaltet. Der Kohlenausschalter hat den Zweck, ein besonders langsames

Fig. 70.



Ausschalten des Erregerstromkreises zu ermöglichen, da bei schnellem Ausschalten infolge der Selbstinduktion der

Fig. 71



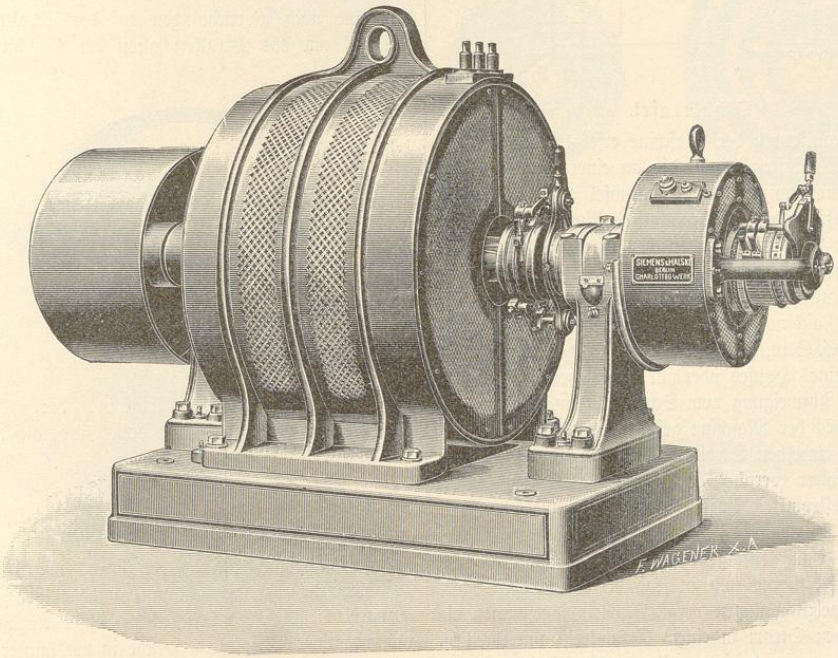
Schenkel ein Strom von hoher Spannung auftreten und die Isolation der Schenkelwickelung gefährden kann. Für den Erregerstromkreis wird nur ein kleiner Teil der im Anker erzeugten elektrischen Energie verwandt. Der größte Teil des Ankerstromes, dessen Stärke durch den eingeschalteten Stromzeiger angezeigt wird, wird an die Sammelschienen und von da als Nutzstrom an die Konsumstellen geführt. In die Leitungen des Ankerstromkreises sind einzelne einpolige Ausschalter und Schmelzsicherungen geschaltet.

Bei Wechselstrom- oder Drehstrommaschinen kann der im Anker erzeugte Strom nicht unmittelbar für die Erregung der Schenkel verwendet werden. Gewöhnlich wird der Strom für die Schenkelerregung einer besonderen Gleichstromerregermaschine entnommen, die entweder mit der Dynamo direkt gekuppelt oder besonders angetrieben wird.

In Fig. 72 ist eine Drehstromdynamo mit angebauter, direkt gekuppelter Erregermaschine abgebildet. Die Drehstrommaschine besitzt zwei Schleifringe, durch die mittels Schleifbürsten der Erregerstrom von der Erregermaschine zu der Schenkelwickelung der umlaufenden Schenkel geführt wird. Der Nutzstrom wird von drei festen Klemmen abgenommen.

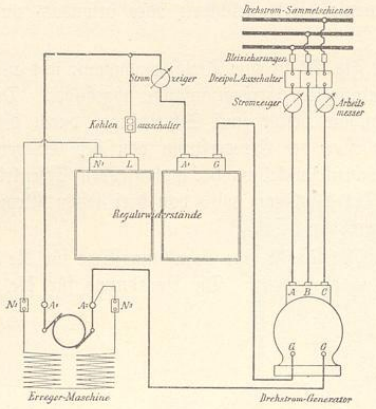
In Fig. 73 ist eine Schaltungsskizze für die Gesamtanordnung dargestellt. Die Anordnung für die Erregermaschine ist ähnlich wie sie in Fig. 70 für Gleichstrommaschinen dargestellt wurde. Von den Ankerklemmen A_1 A_2 geht der Strom durch einen Stromzeiger und einen Hauptstromregulierwiderstand zu den Schleifringen der Drehstromdynamo, die schematisch durch G G bezeichnet sind. Von den Ankerklemmen A B C der Drehstrommaschine wird der Nutzstrom durch drei Leitungen abgenommen und zu den drei Drehstromsammelschienen geführt. In die Stromleitungen ist ein Stromzeiger, ein Arbeitzeiger, der die

Fig. 72.



Leistung der Maschine anzeigt, ein dreipoliger Ausschalter und drei Sicherungen geschaltet.

Fig. 73.



Schalttafel.

Die Regulierung der Maschine erfolgt nach den Angaben von Meßinstrumenten, die an einer besonderen, im Maschinenraum aufgestellten Schalttafel angebracht sind. Die Schalttafel enthält in übersichtlicher Anordnung alle für die elektrische Maschine erforderlichen Hilfsapparate, Ausschalter, um die Maschine an das Netz anzuschließen oder abzuschalten, Ausschalter für einzelne Bogenlichtkreise. Sind vom Maschinenraume verschiedene Stromzweige abgezweigt, z. B. Stromzweige für Beleuchtung der einzelnen Stockwerke eines Hauses oder für verschiedene Räume, so geschieht die Abzweigung vom Schaltbrett aus, zu dem die Hauptleitungen der Maschine geführt werden.

In die einzelnen Stromkreise werden an der Schalttafel Ausschalter (vergl. S. 311) eingeschaltet, um jeden Abzweigungsstromkreis einzeln an der Schalttafel abtrennen zu können.

In die Hauptleitungen, die von der Maschine nach der Schalttafel führen und in jede der Abzweigleitungen, werden Schmelzsicherungen (vergl. S. 312) eingeschaltet, die selbstthätig den Strom in einem Stromkreise unterbrechen, wenn der Strom eine bestimmte Grenze überschreitet. Ferner befinden sich an der Schalttafel Spannungszeiger (Fig. 75), die die Maschinenspannung anzeigen und Stromzeiger (Fig. 74), die die Stromstärke in den Hauptleitungen und nötigenfalls auch in den Abzweigleitungen anzeigen. Bei Wechselstrom- oder Drehstromanlagen befindet sich an der Schalttafel noch ein Energiemesser, der die Leistung der Maschine anzeigt. Außerdem befindet sich an dem Schaltbrett die Kurbel des Regulierwiderstandes für die Nebenschlußerregung der Maschine.

Sind mehrere Maschinen in der Station aufgestellt, z. B. Betriebsmaschine und Reservemaschine, so sind Stromzeiger, Energiezeiger, Sicherungen, Schalter und Regulierwiderstand für jeden Maschinenstromkreis anzuordnen. Außerdem sind noch Vorrichtungen auf der Schalttafel anzubringen, um das Parallelschalten der Maschinen zu ermöglichen.

Fig. 74.

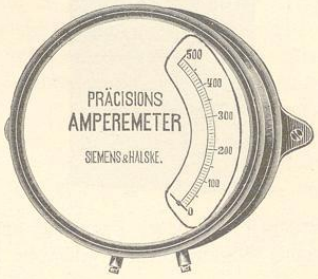


Fig. 75.



Die Schalttafeln sollen keine brennbaren Stoffe enthalten. Die Apparate dürfen daher nicht auf Holz montiert werden.

§ 6.
Accumulatorenstation.

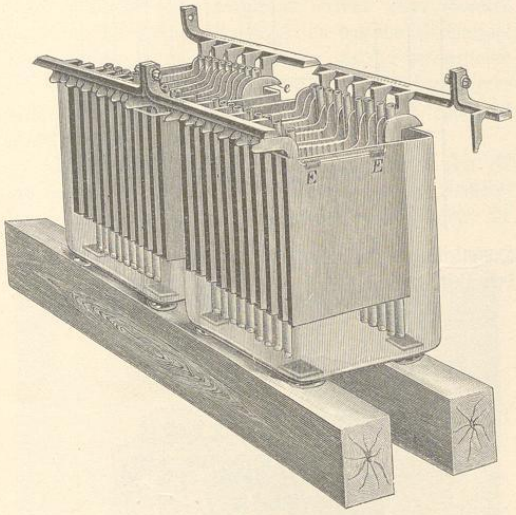
Die Accumulatoren dienen dazu, elektrische Energie aufzunehmen, aufzuspeichern und zu beliebiger Zeit wieder abzugeben. Dieselben bestehen aus einer Anzahl positiver und negativer Bleiplatten, welche in verdünnter Schwefelsäure stehen oder hängen. Die Platten werden nach besonderem Verfahren chemisch präpariert und durch elektrischen Strom formiert. Als Gefäße werden Kästen aus Glas, Ebonit oder Holz, letztere innen mit Blei bekleidet, verwendet. — Um in den Accumulatoren Elektrizität aufzuspeichern, sind dieselben zu „laden“. Bei der Ladung fließt der von einer Dynamomaschine erzeugte Strom von der positiven zur negativen Platte, verwandelt die Mennige in Bleisuperoxyd und reduziert die negative Bleiplatte zu metallischem Blei. Während der Entladung bilden

sich die Zersetzungsprodukte wieder zurück und der Strom fließt in umgekehrter Richtung.

Die Spannung eines einzelnen Accumulators beträgt rund 2 Volt, steigt beim Laden bis etwa 2,7 Volt und sinkt bei der Entladung bis auf 1,8 Volt. Für eine Anlage von 110 Volt sind also mindestens $\frac{110}{1,8}$, d. h. 61 Elemente hintereinander zu schalten. Der Spannungsabfall wird durch Regulievorrichtungen, sogenannte „Zellenschalter", ausgeglichen. Um dann trotz sinkender Spannung der einzelnen Accumulatoren die Klemmenspannung konstant zu halten, kann die Anzahl der Zellen, die zur Entladung kommen, entweder selbstthätig oder von Hand verändert werden.

Die gebräuchlichsten Accumulatoren deutschen Herkommens sind die von der Accumulatoren-Fabrik A.-G. Hagen i. W. Fig. 76 stellt eine Sammlerbatterie mit zwei „Zellen" in Glasgefäßen, wie sie diese Fabrik zur Montage fertig liefert, dar.

Fig. 76.



Die Accumulatoren werden gewöhnlich hintereinander geschaltet (Reihenschaltung), d. h. es folgt immer die positive Endklemme des einen auf die negative Anfangsklemme des anderen, wobei sich die Spannungen der einzelnen Elemente addieren.

Wie schon bemerkt, dienen die Accumulatorenbatterien zur Unterstützung der Maschine. In der Zeit geringen Stromkonsums wird die Batterie geladen, zur Zeit hohen Stromkonsums unterstützt die Batterie die Maschine in der Stromlieferung, oder sie übernimmt zur Zeit sehr geringen Stromkonsums allein die Stromlieferung, so daß — beispielsweise zur Nachtzeit — die Betriebsmaschinen abgestellt werden können.

§ 7.

Anschluß an das Netz einer Centrale.

Dem Konsumenten wird die elektrische Energie meist durch in der Erde verlegte Einfach- oder Doppelkabel oder bei Drehstrom mittels konzentrischen oder verseilten Dreifachkabeln zugeführt. Fig. 77 stellt den Querschnitt eines Einfachkabels, Fig. 78 den eines konzentrischen Doppelkabels mit Bleimantel und Eisenarmatur dar. Durch die

Fig. 77.

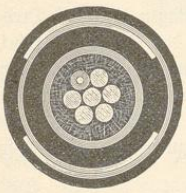
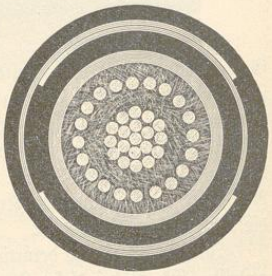
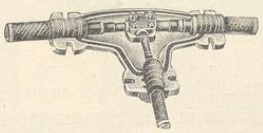


Fig. 78.



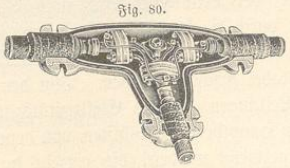
Bleiarmatur wird verhindert, daß Feuchtigkeit in das Kabel tritt, die die Isolation des Kabels zerstören würde. Durch die Eisenarmatur wird das Kabel vor äußeren mechanischen Zerstörungen geschützt. An der Konsumstelle wird in Muffen der Strom von den Kabeln abgezweigt. Diese Abzweigmuffen bestehen aus gußeisernen Gehäusen, die für Einfachkabel (Fig. 79) resp. Doppelkabel (Fig. 80) zur

Fig. 79.



Abzweigung eines oder zweier Kabel eingerichtet sind. Die Kabelmuffen werden innen mit Isoliermasse ausgegossen und alsdann verschraubt, so daß die Verbindungs-

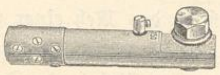
Fig. 80.



stellen sowohl gegen das Eindringen von Feuchtigkeit, als auch gegen mechanische Verletzungen geschützt sind. Die

Abzweigkabel werden in das Haus des Konsumenten hineingeführt. An die Enden dieser Kabel werden Endverschlüsse Fig. 81, 82 angesetzt, die so hergestellt sind,

Fig. 81.



daß ein Eindringen von Feuchtigkeit in das Kabel verhindert ist und daß sich leicht Leitungen anschließen lassen.

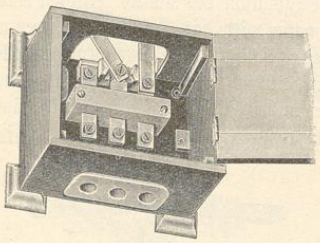
Fig. 82.



Gewöhnlich werden bei Dreileiteranlagen und bei Drehstromanlagen alle drei Leitungen in das Gebäude geführt, auch wenn im Gebäude nur die Beleuchtung an zwei dieser Leitungen angeschlossen ist, damit man bei ungleicher Belastung der einzelnen Kreise die Möglichkeit hat, die Anschlüsse in den einzelnen Kreisen zu vertauschen und so die Belastungen zu ändern.

In Fig. 83 ist ein derartiger Umschaltekasten dargestellt. Es ist bei dieser Anordnung leicht, beliebig an

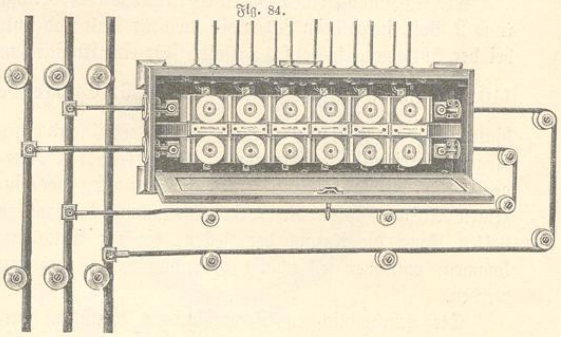
Fig. 83.



irgend zwei oder alle drei Leitungen anzuschließen. Werden solche Anschlußkästen in Kellerräumen montiert, so ist der Kasten zweckmäßig aus Eisen herzustellen und luftdicht abzuschließen, so daß durch Ungeziefer irgend welcher Art nicht Kurzschluß herbeigeführt oder die Isolation zerstört werden kann.

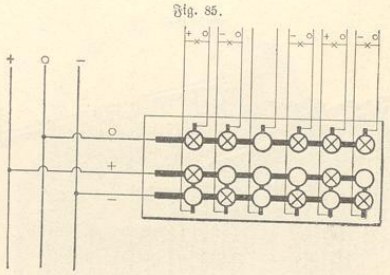
In jede der Leitungen wird noch eine Sicherung eingeschaltet, durch die bei Stromüberlastung oder bei etwa eintretendem Kurzschluß der Stromkreis unterbrochen wird, so daß die Kabel geschont werden. Von den Sicherungen führen die Leitungen zu dem Elektrizitätszähler und von diesem zu den Hauptverteilungskasten, von denen die Zweigleitungen abgezweigt werden, die einzeln durch Schmelzsicherungen gesichert werden müssen. Fig. 84 ist ein derartiger Verteilungskasten für ein Dreileitersystem. Alle drei Leitungen sind in den Kasten eingeführt. In dem Kasten sind Lichtleitungen zwischen je einem Außenleiter

Fig. 84.



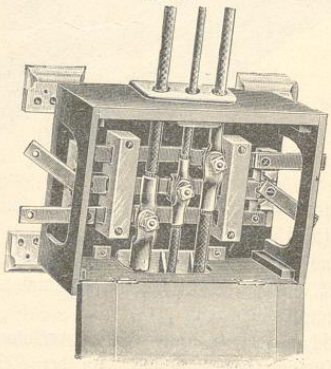
(+ und —) und dem Mittelleiter (0) abgezweigt. Das Prinzip der Schaltung ist in dem Schema Fig. 85 dargestellt. Bei dem Schaltkasten Fig. 86 sind die drei

Fig. 85.



Hauptleitungen durch den Kasten hindurchgeführt. Die drei Leitungen sind mit drei Strommaschinen verbunden,

Fig. 86.



von denen die obere und mittlere nach rechts, die untere und mittlere nach links zu Abzweigkästen mit Verteilungssicherungen herausgeführt ist.

§ 8.

Elektrizitätszähler.

Zum Messen des Stromkonsums dienen Elektrizitätszähler, die entweder als Ampèrestundenzähler oder Wattstundenzähler oder Zeitzähler hergestellt sind. Die Ampèrestundenzähler werden vielfach in Gleichstromnetzen mit konstanter Netzspannung benutzt, da hierbei die konsumierte Arbeit den verbrauchten Ampèrestunden proportional ist. In Wechselstrom- oder Drehstromnetzen werden fast ausschließlich Wattstundenzähler verwandt, da besonders bei gleichzeitigem Motorenbetrieb der Stromkonsum allein auch bei konstanter Spannung nicht für die Beurteilung der verbrauchten Energie maßgebend ist. Die Zeitzähler messen nur die Zeit, während welcher Energie entnommen wurde. Zeitzähler werden in Betrieben verwendet, bei denen während der Energieentnahme die Belastung nahezu konstant ist.

Die Herstellung der Elektrizitätszähler ist außerordentlich mannigfaltig. So besitzen einzelne Zähler Uhrwerke, deren Gang durch den elektrischen Strom beeinflußt wird; bei anderen Zählern werden kleine Motoren verwandt, deren Gang so geregelt ist, daß ihre Umlaufzahl der jeweiligen Stromstärke oder der Energie proportional ist; bei anderen Zählern wird durch periodisch schwingende Zeiger von Strom- oder Energiemessern ein Zählwerk weiterbewegt u. s. w.

Der Elektrizitätszähler System Aron ist in Fig. 87 bis 89 in den verschiedenen Ausführungen als Ampèrestundenzähler, Wattstundenzähler, Ampèrestundenzähler für

Fig. 87.

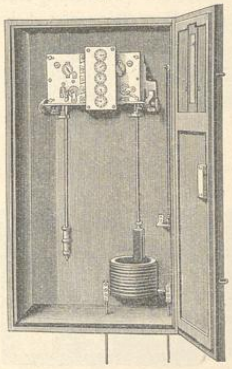
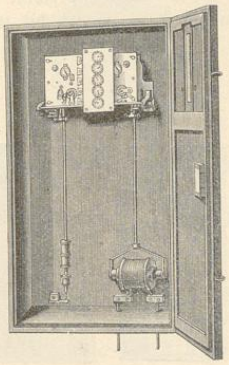
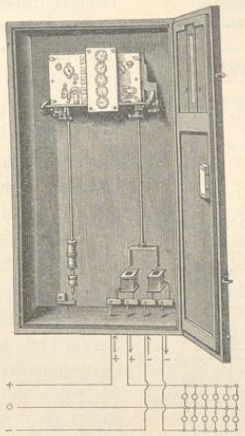


Fig. 88.



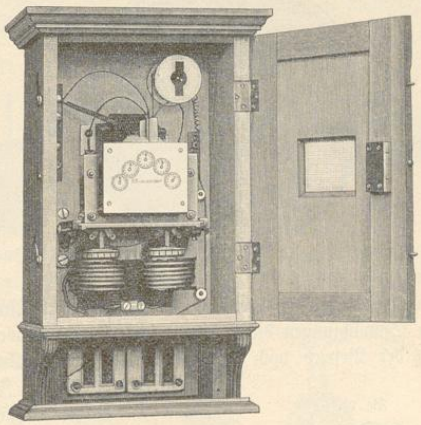
Dreileiteranlagen dargestellt. Der Zähler enthält zwei Uhrwerke, deren Pendel auf gleiche Schwingungsdauer abgeglichen sind. Das eine Pendel bei dem Ampèrestundenzähler trägt unten einen Stahlmagneten, bei dem Wattstundenzähler eine Spule mit dünndrähtiger Wickelung, die über einer Stromspule schwingt. Durchfließt die Spule Strom, so wird durch die elektromagnetische Wirkung die

Fig. 89.



Schwingungsdauer des darüber schwingenden Pendels verkürzt. Ein Differentialzählwerk registriert die Voreilung des magnetischen Pendels, die der Belastung proportional ist. An einem Zifferblatt kann in bekannter Weise der Strom- oder Arbeitskonsum abgelesen werden. Bei den neueren, nach diesem System hergestellten Zählern (Fig. 90)

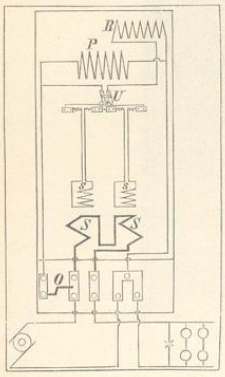
Fig. 90.



wird das Uhrwerk elektrisch aufgezogen, die langen Pendel sind durch kurze ersetzt, der Zähler geht von selbst an, ohne daß es nötig ist, die Pendel abzustoßen, die Gangfehler sind durch eine besondere Einrichtung eliminiert. Die Schaltung des Zählers ist aus Fig. 91 ersichtlich.

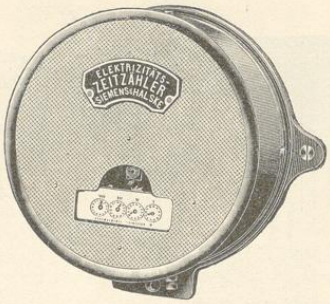
Der Zähler enthält zwei Uhrwerke mit Steigrad und Pendel, die auf ein Differentialwerk mit Planetenrad wirken, das die Bewegungen angiebt. Das Aufziehen erfolgt durch Vermittelung eines Elektromagneten, der durch die Windungen P erregt wird und periodisch in Thätigkeit tritt. Die beiden Pendel besitzen Spulen, die in den Spannungskreis mit dem Vorschaltwiderstand R eingeschaltet sind. Die Pendel schwingen über den beiden Stromspulen SS. Durch den Umschalter U wird periodisch die Drehungsrichtung des Zählwerkes und gleichzeitig der Strom in den Spulen in Spannungskreise umgeschaltet. Hierdurch wird erreicht, daß der Fehler des Ganges der Werke verschwindet, während der Verbrauch an elektrischer Arbeit stets im gleichen Sinne angezeigt wird.

Fig. 91.



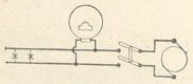
Die Zeitzähler sind ihrem Zweck entsprechend bedeutend einfacher hergestellt, da sie nur die Zeit, während der der elektrische Betrieb eingeschaltet ist, messen. Der Zeitzähler von Siemens & Halske (Fig. 92) besteht

Fig. 92.



aus einer durch einen Elektromagneten betriebenen Unruhe, deren Schwingungen durch ein Zählwerk gezählt werden. Wird der Betrieb vom Netz abgeschaltet (vergl. Schema Fig. 93), so bleibt der Zähler in Ruhe. Die Größe des Zählers richtet sich nach der Anzahl der installierten Lampen. Es genügt im allgemeinen, die Maximalleistung des Zählers etwa entsprechend 80 Proz. der installierten Lampen einzurichten, da nie sämtliche Lampen gleichzeitig brennen.

Fig. 93.



Der Zähler ist in einem trockenen Raume und leicht zugänglich aufzustellen. Bezüglich der Montage müssen die Vorschriften der Fabrik genau befolgt werden, die je nach den Zählerkonstruktionen verschieden sind. Die Zähleranzeigen sollen von etwa 10 Proz. der Maximallast an keinen größeren Fehler als etwa ± 2 Proz. geben. Die Zähler sollen ferner so beschaffen sein, daß sie unbelastet still stehen, und bei mindestens 2 Proz. der Maximallast sicher angehen.

§ 9.
Schalter.

Durch die Ausschalter werden die einzelnen Stromkreise vom Netz abgeschaltet und stromlos gemacht. Das Abschalten einzelner Glühlampen erfolgt gewöhnlich durch Unterbrechung nur einer Stromleitung mittels einpoliger Ausschalter. Sollen die Lampen und Leitungen vollständig vom Netz getrennt werden, so muß Hin- und Rückleitung durch doppelpolige Ausschalter unterbrochen werden. Die Größe der Ausschalter hängt von der Stromstärke ab, die er maximal führt; die Herstellungsart ist je nach der Spannung, die beim Ausschalten an den Klemmen des Ausschalters auftritt und nach der Verwendungsart verschieden.

Die Ausschalter müssen den Strom, für den sie bestimmt sind, ohne zu hohe Erwärmung dauernd aushalten; der beim Ausschalten auftretende Lichtbogen muß sicher verlöschen. Das gleiche gilt von Umschaltern, die ermöglichen, verschiedene Stromkreise nach einander an das Netz anzuschließen.

Die einfachste Form von Schaltern sind die Hebelausschalter Fig. 94 bis 96, deren Kontaktschneide beim

Fig. 94.

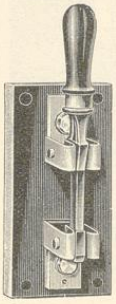


Fig. 95.

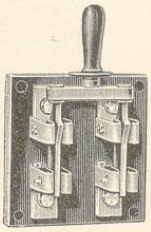
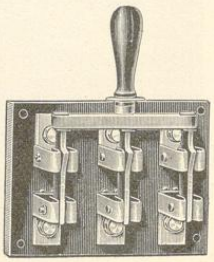


Fig. 96.



Einschalten zwischen Kontaktfedern eingedrückt wird. Diese Schalter können beliebig einpolig (Fig. 94), zweipolig (Fig. 95), oder dreipolig (Fig. 96) für Drehstromsysteme resp. als Umschalter (Fig. 97) hergestellt werden. Für feuchte Räume sind die Kontakte der Schalter von

der Erde zu isolieren, wie dies z. B. bei dem Ausschalter Fig. 98 und dem Umschalter Fig. 99 geschieht, die auf

Fig. 97.

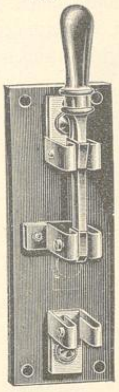


Fig. 98.

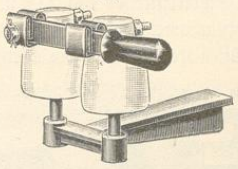
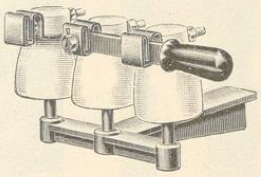


Fig. 99.



Isolatoren montiert sind. Für Hausinstallationen verwendet man gewöhnlich geschlossene Schalter, bei denen das Schaltwerk durch eine Kappe verschlossen ist, durch den nur der Ausschaltegriff geführt ist. Es giebt zahlreiche Ausführungsarten derartiger geschlossener Schalter, deren Größe und Herstellungsart sich nach der höchsten ausschaltbaren Stromstärke und nach der höchsten Spannung richtet, für die sie gebraucht werden.

In Fig. 100 ist ein geschlossener Schalter einfachster Herstellung, in Fig. 101 ein gleicher Schalter mit verzierter

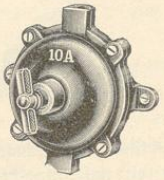
Fig. 100.



Fig. 101.



Fig. 102.



Kappe, deren Schaltmechanismen aus den Fig. 103 bis 105 zu ersehen sind. Der Schalter Fig. 102 ist für feuchte Räume bestimmt. Der innere Schaltmechanismus ist durch eine gut schließende Kappe gegen das Eindringen von Feuchtigkeit abgedichtet.

In Hausbeleuchtungsanlagen ist es häufig erwünscht, einzelne Stromkreise nacheinander mittels eines Umschalters einzuschalten, oder von mehreren Stellen aus eine Lampengruppe aus- oder einschalten zu können. Dies kann leicht durch besondere Anordnung der Kontaktfedern in den Schaltern erreicht werden. Der Umschalter Fig. 103 läßt sich so einstellen, daß entweder die eine Lampengruppe bei Verbindung a mit c, oder die andere bei Verbindung b mit d eingeschaltet oder beide Stromkreise ausgeschaltet sind (bei Verbindung a mit b oder c mit d). Bei Verwendung des Umschalters Fig. 104 ist in der ersten Stellung a mit c verbunden; es brennt nur die untere Lampengruppe;

Fig. 103.

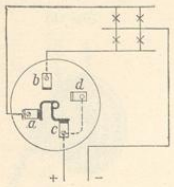
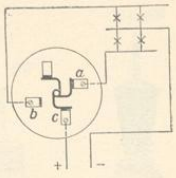
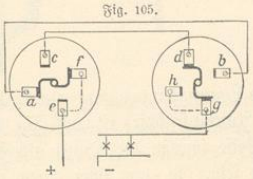


Fig. 104.



in der nächsten Stellung sind a mit b und b mit c verbunden: es brennen beide Lampengruppen. In der

Fig. 105.



nächsten Schalterstellung ist b mit c verbunden: es brennt nur die obere Lampengruppe und in der letzten Stellung des Umschalters sind alle Lampen ausgeschaltet.

Den Schaltern schließen sich an die Anschlußdosen, d. h. Anschlußkontakte in „geschlossener Dose", an welche mittels eines Anschlußstöpsels die — in der Regel biegsamen — Leitungen, welche beispielsweise den Strom für eine Tischlampe führen, angeschlossen werden. Oft sind in die Anschlußdosen die Schmelzsicherungen für den anzuschließenden Stromkreis eingebaut. — Fig. 106, 107 stellen

Fig. 106.



Fig. 107.





Fig. 108.



Wandanschlußdosen mit konzentrisch resp. mit nebeneinander angeordneten Kontakten dar, Fig. 108 ist eine Anschlußdose mit abgenommenen Deckel. In die Dose sind die Sicherungen

Fig. 109.



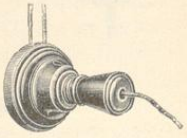
Fig. 110.



Fig. 111.



Fig. 112.



eingebaut. Fig. 109 ist eine Hängeanschlußdose. — In Fig. 110, 111 sind die Kontaktstöpsel für die Anschluß-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dosen Fig. 106 bis 109 besonders abgebildet. Bei dieser Anordnung kann z. B. eine Tischlampe, die durch biegsame Doppelleitung mit einem Abschlußstöpsel verbunden ist, bequem an die Ausschlußdose angeschlossen werden.

Fig. 113



Fig. 114.



Fig. 115.

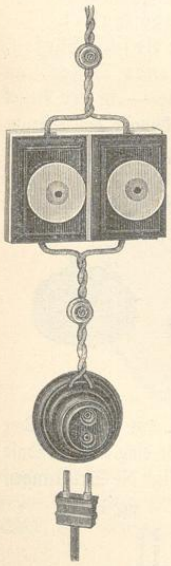


Fig. 116.



Die vollständige Leitungsanordnung mit Sicherungen, Anschlußdose und Anschlußstöpsel ist aus Fig. 117 ersichtlich. In ähnlicher Weise können die Dosen als Hängeanschlußdosen hergestellt sein, die etwa über einem Tisch hängend angebracht sind. Derartige Hängeanschlußdosen mit und ohne Kontaktstöpsel sind in Fig. 109, 113, 114 dargestellt. Die Deckenrosette Fig. 116 findet Verwendung, wenn z. B. Glühlampen mit der Armatur pendelnd an der Decke angehängt werden.

Fig. 117.

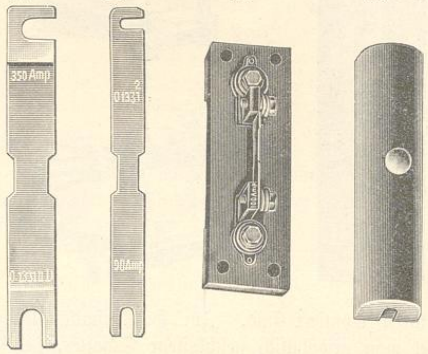


In Stromkreisen mit mehreren hintereinander geschalteten Bogenlampen werden häufig selbstthätige Ausschalter eingeschaltet, die den Stromkreis sofort selbstthätig unterbrechen, wenn die Stromstärke auf einen geringen Betrag gesunken ist. Bei mehreren, hintereinander geschalteten, Bogenlampen wird durch diese Anordnung verhütet, daß beim Erlöschen einer Lampe und der hierdurch veranlaßten Unterbrechung des Hauptstromes die Nebenschlußspulen längere Zeit hindurch erhöhte Spannung erhalten und so durch zu große Erwärmung gefährdet werden.

§ 10.
Schmelzsicherungen.

Die Schmelzsicherungen haben den Zweck, bei Überlastung eines Stromkreises diesen durch Abschmelzen des Schmelzdrahtes zu unterbrechen und so jede Gefahr für den Stromkreis zu verhüten. Sämtliche Leitungen von der Schalttafel ab sind durch Schmelzsicherungen zu schützen. Die Sicherungen müssen so hergestellt sein, daß nach dem Schmelzen kein dauernder Lichtbogen auftritt. Als Material für die Schmelzstreifen Fig. 118 u. 119 wird zumeist Zinn, Blei, Britaniametall oder Silber verwandt. Sicherungen aus Blei müssen Kontaktstücke aus Messing oder dergleichen nicht

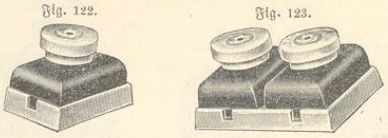
Fig. 118. Fig. 119 Fig. 120. Fig. 121.



plastischem Material besitzen. Für Schalttafeln können offene Schmelzsicherungen (Fig. 120) verwandt werden, die man nötigenfalls durch eine „Schutzkappe“ (Fig. 121) schützt. In bewohnten Räumen kommen ausschließlich „geschlossene Sicherungen“ in Betracht, bei denen stromführende Teile nicht willkürlich berührt werden können.

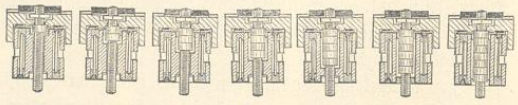
Die Konstruktion der in Fig. 122 u. 123 dargestellten, einpoligen und doppelpoligen Sicherungen ist aus Fig. 124

Fig. 122. Fig. 123.



ersichtlich. Die Schmelzdrähte sind in Cementhülsen (Patronen) untergebracht, die auf beiden Seiten durch Messingplatten abgeschlossen sind. Um irrtümliche Verwendung von

Fig. 124.

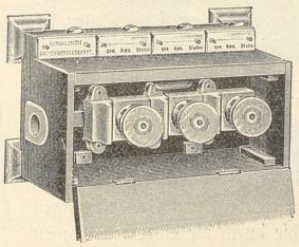


Patronen von zu starken Abschmelzdrähten auszuschließen, sind in den Patronen verschieden tiefe Aussparungen angebracht, denen „Ansätze“ von verschiedener Höhe auf den Patronenbolzen gegenüberstehen, wie aus Fig. 124 ersichtlich.

Um Patronen für verschiedene Abzweigungen zu centralisieren, werden dieselben wie in Fig. 125 u. 126 für

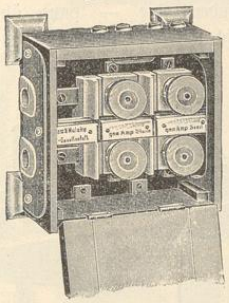
verschiedene Verteilungsleitungen in gemeinsamen Schutzkästen angeordnet. Die Leitungen läßt man mittels Porzellandurchführungen in den Schutzkasten einmünden.

Fig. 125.



Solche Kästen werden für einpolige und zweipolige Sicherungen (Fig. 125 resp. 126) und für beliebig viele

Fig. 126.



Abzweigleitungen hergestellt; so beispielsweise in Fig. 125 für drei, in Fig. 126 für zwei Abzweigkreise.

In feuchten Räumen müssen die Sicherungen so hergestellt sein, daß durch die Feuchtigkeit die Überleitung des Stromes von der Sicherung nach der Wand nicht möglich ist. Beispielsweise ist die Sicherung Fig. 127 auf einen „Isolator" gebaut, wodurch stets gute Isolation gewährleistet wird. Sicherungen sollen übrigens an allen Stellen eingesetzt werden, an denen von einer stärkeren Leitung eine schwächere abgezweigt wird. Es ist auch vorteilhaft und meist notwendig, Hin- und Rückleitung zu sichern. In Räumen, wo leicht entzündliche oder explosive Stoffe vorkommen, dürfen Sicherungen nicht angebracht werden.

Fig. 127.



Nach den Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sind die Abmessungen für die Schmelzsicherungen folgendermaßen zu wählen:

Drahtquerschnitt qmm	Betriebsstrom-Ampère	Abschmelzstrom-Ampère
0,75	3	6
1	4	8
1,5	6	12
2,5	10	20
4	15	30
6	20	40
10	30	60
16	40	80
25	60	120
35	80	160
50	100	200
70	130	260
95	160	320
120	200	400
150	230	460
210	300	600
300	400	800
500	600	1200

Eine Sicherung für höhere Stromstärke einzusetzen als in der Tabelle angegeben, ist nicht zulässig, jedoch kann man die Sicherungen schwächer wählen, als die Tabelle feststellt.

§ 11.
Leitungsmaterial.

Für die Stromleitungen kommt wegen der großen Leitungsfähigkeit fast ausschließlich Kupfer in Betracht. Ausnahmsweise verwendet man auch in Stromkreisen mit Bogenlampen — der geringeren Kosten wegen — Eisenleitungen, deren Widerstand zugleich als Beruhigungswiderstand für die Bogenlampen dient. Für geringere Querschnitte (etwa bis zu 25 qmm) können massive Kupferdrähte verwandt werden, wenn nicht besondere Anforderungen an Biegsamkeit gestellt werden, so z. B. bei Anschluß von tragbaren Stehlampen, in welchem Falle biegsame Seile empfehlenswerter sind. Für größere Querschnitte als 25 qmm verwendet man fast ausschließlich Kupferleitungen aus Drahtlitze, die aus einer größeren Anzahl von Einzeldrähten besteht.

Blanke Leitungen ohne isolierende Umhüllung sind nur in feuersicheren Räumen oder als Freileitungen außerhalb der Gebäude zu verlegen. In allen anderen Fällen sind für die Installation in geschlossenen Räumen nur „isolierte Leitungen" statthaft. Die Art der Isolierung richtet sich danach, ob die Räume trocken oder feucht sind, ob sie schädliche Dämpfe enthalten u. s. w. Hin- und Rückleitung „verdrillt" man häufig zu Doppelleitungen. Werden die Leitungen an der Wand bewohnter Räume verlegt, so soll die Farbe der isolierenden Umhüllung möglichst der Farbe der Wände, Tapeten u. s. w. angepaßt sein, damit die Leitungen unauffällig bleiben.

Der Kupferquerschnitt der Leitungen muß so bemessen sein, daß der durchfließende Strom keine gefahrbringende Erwärmung erzeugt. Kupferdrähte unter 0,75 qmm Querschnitt sind wegen der ungenügenden Festigkeit unstatthaft. Die normal zulässigen Betriebsstromstärken sind für die einzelnen Drahtquerschnitte aus Tabelle Seite 313 zu entnehmen. Bei längeren Leitungen ist der Querschnitt derart zu wählen, daß kein zu großer Spannungsverlust entsteht. Der Spannungsverlust soll dabei vom Verteilungspunkte an etwa nur 1 bis 1,5 Volt betragen. Eine Ausnahme bilden — wie erwähnt — Bogenlichtkreise, bei denen absichtlich ein größerer Spannungsverlust in den Leitungen hergestellt wird. Der Widerstand kommt für die Bogenlampen als Beruhigungwiderstand in Betracht.

§ 12.
Verlegen der Leitungen.

Die Leitungen sollen so verlegt sein, daß eine gute Isolation der Leitungen sowohl gegeneinander, als gegen das Mauerwerk gewährleistet ist, daß auch die Leitungen möglichst gegen Zerstörungen geschützt sind und daß das Aussehen der Räume durch die Leitungen nicht verunziert wird. Die Leitungsführung erfolgt entweder unsichtbar, d. h. unter dem Verputz in Röhren oder Kanälen, oder — wo sich diese Verlegungsart nicht ausführen läßt, — sichtbar auf Porzellan- oder Glasrollen an der Wand resp. auf Isolatoren.

Auf Isolatoren werden in den Häusern fast nur Leitungen für hohe Spannung und Leitungen in feuchten

Fig. 128.



Fig. 129.



Fig. 130.

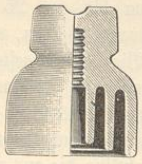


Fig. 131.

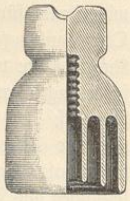
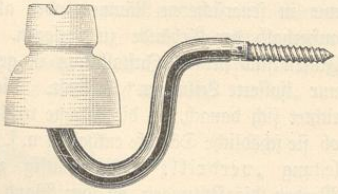


Fig. 132.



Fig. 132a.



Räumen verlegt. Je nach den Forderungen an die Isolationsfähigkeit, stellt man die Isolatoren wie in Fig. 128 u. 129 mit zwei, oder wie in Fig. 130 u. 131 mit drei Mantelflächen her. Um die geraden oder gebogenen eisernen Stützen — Fig. 132 u. 132a — in die Isolatoren einzusetzen, wird das obere Ende der Stütze vorher mit Hanf, der in Leinöl getränkt ist, umwunden und hierauf die Stütze fest eingedreht. Sind Leitungsschienen auf Isolatoren zu befestigen, so wird auf dem Kopf ein gabelförmiges Gußstück (Fig. 133) aufgesetzt, in dem die Leitungsschienen durch Splinte oder Schrauben festgehalten werden.

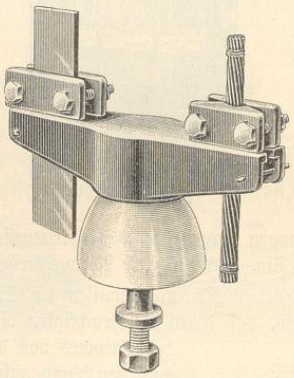
Fig. 133.



In Fig. 134 ist ein Isolator mit Kappe zum Befestigen von Steigeleitungen dargestellt, die durch die einzelnen Etagen führen.

Eine weite Verbreitung hat die Verlegung von Leitungen nach dem Bergmann'schen System, d. h. in isolierten Röhren gefunden, die — ganz ähnlich wie Gasrohre — sowohl unter Verputz, als auch offen, außer-

Fig. 134.

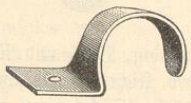


halb des Verputzes, verlegt werden. Diese Bergmann-Rohre werden in lichten Weiten von 7 bis 48 mm hergestellt und unter Verputz durch Eisendraht befestigt. Bei offener Verlegung pflegt man „Rohrschellen" aus verzinktem Eisen oder Messing, die durch Schrauben oder Drahtstifte befestigt werden, zu verwenden (Fig. 135, 136).

Fig. 135.



Fig. 136.



Die Verbindung der Rohre erfolgt durch Muffen aus Messing (Fig. 137) oder, wenn chemische Zersetzung des Metalles zu befürchten ist, aus Isoliermaterial (Fig. 138).

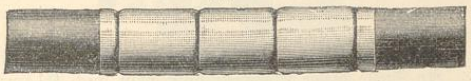
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Rohre lassen sich erwärmt etwas krümmen, für größere Krümmungen setzt man besondere „Ellbogenstücke“ (Fig. 139) ein. Die Rohre werden aus Isoliermaterial

Fig. 137.

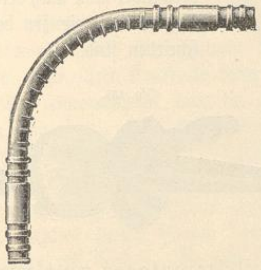


Fig. 138.



ohne Armierung hergestellt, wenn keine besonderen Anforderungen an mechanische Festigkeit gestellt werden und chemische Zerstörungen des Rohres nicht zu befürchten

Fig. 139.



sind. In Cementfußböden, Gipsestrichen und in feuchten Räumen pflegt man Rohre mit Messingüberzug, Eisenarmatur oder Stahlpanzerrohr zu verwenden. Zu bemerken ist noch hierbei, daß bei Wechsel- oder Drehstromleitungen

Fig. 140.



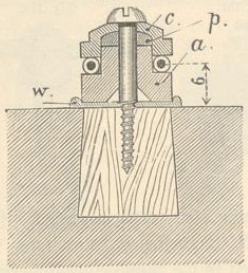
die Hin- und Rückleitungen stets in einem Rohre verlegt sein müssen, sofern die Rohre metallische Schutzhüllen haben. Die Verlegung der Rohre wird aus Fig. 140 ersichtlich gemacht. Die Leitung ist längs der Zimmerdecke und mit Abzweigungen, an welche Beleuchtungskörper abgeschlossen sind, verlegt. Die Rohre führen bis zu dem Ausschalter links.

Nicht immer ist man in der Lage, die Leitungen verdeckt, d. h. unter Verputz zu legen. Viel verbreitet ist daher auch die Verlegung auf Klemmrollen aus Glas, Porzellan oder — nach „System **Adt** — aus „Isolit“. Man pflegt diese Rollen auf Holzdübel (Fig. 141) aufzuschrauben. Nach System Adt bestehen die Rollen aus einer cylindrischen Stütze a (Fig. 142), mit dem Kopfstück p und einem glockenförmigen Kopfe c. Die Rolle ist auf die Wandrosette w aufgeschraubt, die den Holzdübel

Fig. 141.



Fig. 142.



verdeckt. Die Befestigung der verdrillten Doppelleitung geschieht, wie aus den Fig. 143, 144 ersichtlich wird, indem sie um die Porzellanrolle herumgelegt wird.

Fig. 143.

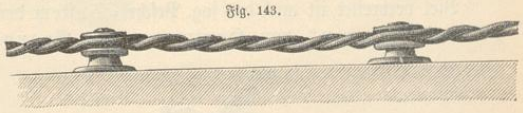


Fig. 144.



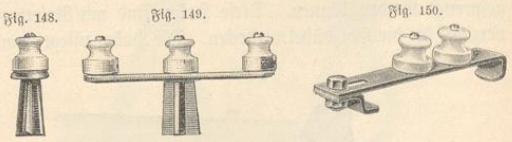
Einfache Porzellanrollen zur Verlegung von Einzelleitungen stellen Fig. 145, 146 in verkleinertem Maßstabe dar; in Fig. 147 sind drei derartige Rollen auf Flacheisen

Fig. 145. Fig. 146. Fig. 147.



aufgeschraubt. Dadurch ist auch der Abstand der Leitungen gesichert. Fig. 148 zeigt eine Porzellanrolle auf Flacheisen

Fig. 148. Fig. 149. Fig. 150.



mit Eisendübel für eine Leitung und Fig. 149 für drei Leitungen. Durch Fig. 150 sind endlich Porzellanrollen dargestellt, die auf Schellen aufgesetzt sind, welche an eiserne Träger oder dergleichen geschraubt werden können.

Nach **Böddinghaus** werden die Porzellanrollen mittels „Doppelspiraldübel“ (Fig. 151) in der Wand befestigt; diese Befestigung ist sehr sicher.

Fig. 151.



Fig. 152.



Eine einfache aber trotzdem gute Befestigung ist auch die in Fig. 152 dargestellte Anordnung durch Stahldübel, die direkt in die Wand eingeschlagen werden. Hierbei besteht die Klemmrolle aus mehreren Teilen, um nach Einschlagen des Dübels eine leichte Montage zu ermöglichen und die Leitungsdrähte fest einzuklemmen, resp. ohne Schaden spannen zu können.

Viel verbreitet ist auch das sog. **Peschel**-System der „Ringisolatoren“ von Hartmann und Braun.

Fig. 153.

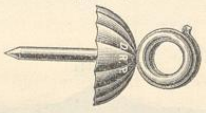
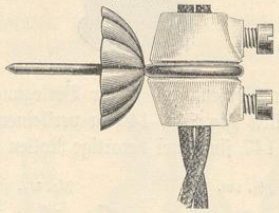
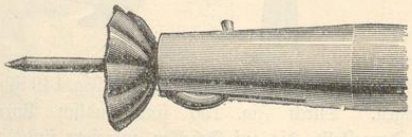


Fig. 154.



Die Leitungen führt man bei diesem System durch Ringe aus Porzellan oder farbigem Glas (Fig. 154 u. 156), welche vor der Befestigung auf die verdrillte Leitung geschoben werden. Äußerlich besitzen die Ringe Rillen, so daß sie leicht auf federnde Haken eingesprengt werden können. Diese Haken sind mit Rosetten verziert, die die Holzdübel verdecken. Die Haken pflegt man

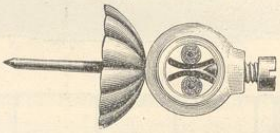
Fig. 155.



in den Holzdübel, und zwar unter der Verwendung besonderer eiserner Werkzeuge, einzutreiben (vergl. Fig. 155).

Zur Befestigung der Leitungen in einzelnen Abständen und der Leitungsenden dienen ringförmige „Klemmen“, in denen sich die Leitungen durch Preßkeilchen aus Isoliermaterial isolieren und festklemmen lassen.

Fig. 156.



An Stelle dieser Klemmen kann man auch Klemmisolatoren (Fig. 157 u. 158) verwenden, bei denen die Leitungen durch die Pressung zweier Ringhälften festgehalten werden. Statt der Ringe verwendet man auch Klemmrollen zum Abspannen, wie sie bereits oben beschrieben sind.

Fig. 157.

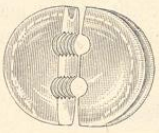


Fig. 158.



Für Dreileiteranlagen mit blankem Mittelleiter, bei denen die Lichtleitungen vom Mittelleiter und einem der Außenleiter abgezweigt werden, wird häufig die Abzweigung vom Mittelleiter nach dem Gebäude als blanker Draht ohne Isolation verlegt. Dabei kann der blanke Draht unmittelbar mit Krammen an der Wand, d. h. ohne Verwendung von Porzellanrollen u. s. w., verlegt werden. Die von einem Außenleiter abgezweigte Leitung muß dagegen selbstverständlich gut isoliert verlegt werden.

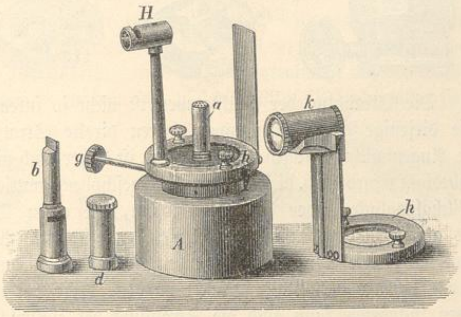
§ 13.

Lichtquellen.

Als praktisch verwendbare elektrische Lichtquellen kommen Glühlampen und Bogenlampen in Betracht, erstere für geringere, letztere für höhere Leuchtkräfte. Als praktische Einheit zur Bestimmung der Leuchtkraft dient, wie bei Gaslicht, die Hefnerkerze (HK) Fig. 159, d. i. die Leuchtkraft einer Amylacetatlampe von 40 mm Flammenhöhe, die nach den Vorschriften der physikalisch-technischen Reichsanstalt hergestellt ist. Das Gefäß A dient zur Aufnahme des Amylacetats und ist innen verzinnt. — Der Kopf der Lampe trägt das Rohr a und im Innern ein Triebwerk mit zwei Achsen, das durch den Knopf g in Bewegung gesetzt

wird. Auf das dochtführende Röhrchen ist — nach Beendigung des Versuches — die Hülse d zu schrauben. Das Röhrchen a, das vom Docht vollständig erfüllt sein

Fig. 159.



muß, hat einen äußeren Durchmesser von 8,3 mm, einen inneren von 8 mm. Diese Abmessungen müssen genau eingehalten sein. Zu ihrer Kontrolle dient eine Lehre, Fig. 159, b. Die Flammenhöhe kann an einem Krüßschen Flammenmaß k, das eine kleine Linse und Mattscheibe enthält, abgelesen werden. Links ist auf dem Ringe h das Hefner'sche Flammenmaß H befestigt; dasselbe trägt im Innern ein wagrecht liegendes blankes Stahlplättchen, welches genau 40 mm über dem oberen Rande des Dochtrohres liegt.[1]) Die von der Lichtquelle ausgestrahlte Lichtmenge wird Lichtstrom genannt. Als Einheit für die Beleuchtung einer senkrecht bestrahlten Fläche im Abstande von 1 cm von der Kerze gilt das „Lux" (Lx) oder der zehntausendste Teil der Beleuchtung einer Fläche durch eine Hefnerkerze im Abstand von 1 m, die „Meterkerze".[2])

§ 14.

Glühlampen.

Die Glühlampen besitzen innerhalb einer luftleeren Glasbirne einen besonders präparierten Kohlefaden, der durch die Wirkung des elektrischen Stromes zur Weißglut gebracht wird. Die Stromzuführung von äußeren Kontakten der Glühlampe zum Kohlefaden erfolgt durch Drähte, die in das Glas eingeschmolzen sind. Von den verschiedenen gebräuchlichen Kontakten wird am häufigsten der Edisonkontakt verwendet, der in Fig. 160 u. 161 für größere und kleinere Lampen abgebildet ist. Die Stromzuführung wird einerseits durch ein Außengewinde, andererseits durch eine am Fuß angebrachte Kontaktplatte bewirkt. Der Siemenskontakt (Fig. 162 u. 163) wirkt auch bei starken Erschütterungen der Lampe stets sicher. Steckkontakte (Fig. 164) werden auch noch häufig verwandt.

Fig. 160. Fig. 161.

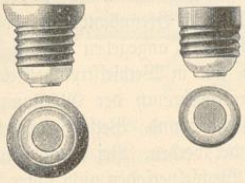
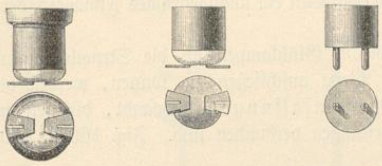
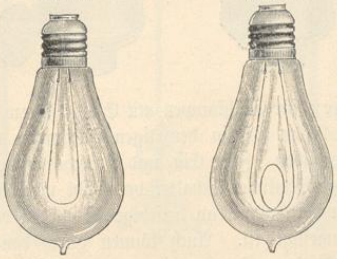


Fig. 162. Fig. 163. Fig. 164.



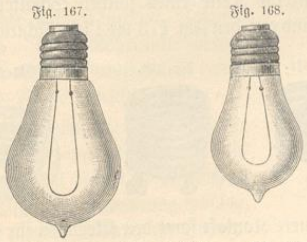
In den Fig. 165 bis 168 sind die gebräuchlichen Formen von Glühlampen mit Edisongewinde für verschiedene Kerzenstärken dargestellt. Für höhere Spannungen etwa 220 bis 250 Volt wird die Lampe häufig auch mit zwei hintereinander geschalteten Glühfäden hergestellt.

Fig. 165. Fig. 166.



Bei Hausinstallationen werden zumeist Glühlampen für Leuchtkräfte von 5, 10, 16, 25 und 32 Hefnerkerzen verwandt, für besondere dekorative Zwecke benutzt man auch

Fig. 167. Fig. 168.



Glühlampen mit anderen Leuchtkräften. Hierbei beträgt der Energieverlust etwa 3,5 Watt für eine Hefnerkerze und verbraucht demnach eine 16kerzige Glühlampe für 110 Volt

1) Vergl. Müller Pouillets Lehrbuch der Physik, 2. Band, II. Abt. 1. Kapitel.

2) Ausführlicheres findet der Leser im dritten Kapitel dieses Abschnittes unter § 3.

rund 50 Watt bei circa 0,5 Ampère Stromstärke. Solche Lampen halten etwa 1000 Brennstunden aus, wobei die Leuchtkraft der Glühlampen etwas nachläßt, wenn auch nicht so bedeutend, wie die des Gasglühlichtes.

Es werden auch Lampen für geringeren Energieverbrauch bis zu ungefähr 2 Watt pro Kerze in den Handel gebracht, deren Brenndauer ist jedoch nicht so groß, wie für obige Lampen angegeben worden ist.

In Gleich- wie in Wechselstrombetrieben sind Leuchtkraft und Energieverbrauch der Glühlampen gleich. Es können für Gleich- und Wechselstrombetriebe dieselben Lampen verwendet werden. Bei Wechselstrombetrieben soll die Anzahl der Wechselperioden nicht unter 25 pro Sekunde betragen, da sonst ein unangenehmes Flimmern der Lampe eintritt.

Um die Glühlampen an die Stromleitungen in bequemer Weise anschließen zu können, werden besondere *Glühlampenfassungen* verwandt, die fest mit den Stromleitungen verbunden sind. Fig. 169 u. 170 stellen

Fig. 169.

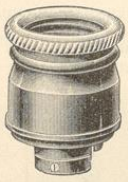
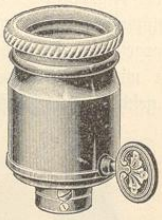


Fig. 170.



Fassungen für Glühlampen mit *Edisongewinde* dar. Dieselben lassen sich in derartigen Fassungen leicht ein- und ausschrauben. Zum Ein- und Ausschalten der Lampen kann ein gewöhnlicher Schalter verwandt werden, der, getrennt von der Lampe, an beliebiger Stelle in die Stromleitung eingefügt ist. Auch können durch den Schalter gleichzeitig mehrere Lampen ein- und ausgeschaltet werden. — *Für Einzellampen* wird der Schalter häufig mit der Lampenfassung verbunden (so in Fig. 170, Fassung mit Hahn). Einzelne Teile eines solchen Schalters mit oder ohne Hahn sind aus den Fig. 173 bis 176 ersichtlich, und zwar

Fig. 171.



Fig. 172.



Fig. 173.



wird der innere Kontakt samt den Klemmen für die Stromzuführung (Fig. 173) oder der Schalter (Fig. 174) in einen Porzellansockel (Fig. 175 u. 176) eingekittet. Den zweiten Kontakt vermittelt eine aufgesetzte *Gewindehülse* (Fig. 171 für Fassung ohne, Fig. 172 für Fassung mit Schalter). Durch eine Schutzkappe mit isolierendem Porzellanring werden die Kontakte vor Berührung geschützt.

Fig. 174.

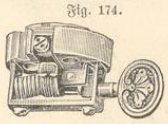


Fig. 175.

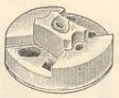


Fig. 176.



Die Strahlung der Glühlampen ist nicht so intensiv, wie diejenige der Bogenlampen, deren direkte Strahlen die Augen nicht ertragen können. Es ist daher auch nicht unbedingt erforderlich, dieselbe durch übergeschobene mattierte Milchglasglocken oder ähnliche Glocken, die einen Teil des ausgestrahlten Lichtes verschlucken, zu mildern. Will man die direkte Strahlung vermeiden, so kann dies durch *Mattierung* der Glocke erreicht werden. Wie bei anderen Lichtarten, kann auch die Strahlung der elektrischen Lampen durch Schirme, Glasschalen, Glocken, Ballons u. s. w. beliebig konzentriert werden, wie aus Fig. 177 bis 179 ersichtlich gemacht ist. So kann man beispielsweise die

Fig. 177.



Fig. 178.



Fig. 179.



nach oben gerichtete Strahlung der Lampe auch für die Bodenbeleuchtung nutzbar machen. Die Schalen werden an Haltern, Fig. 180, 181, befestigt, an den auch die Glühlampenfassungen angeschraubt sind. Durch *spiegelnde Belegung* eines Teiles der Glühlampen (Fig. 182 bis 184)

Fig. 180.



Fig. 181.



Fig. 182.

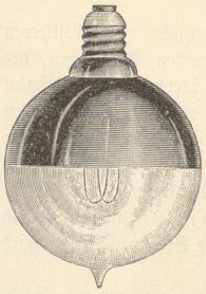


Fig. 183.

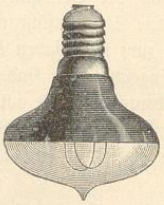


Fig. 184.



kann man auch ohne Verwendung besonderer Reflektoren das Licht in bestimmter Richtung konzentrieren und dadurch starke Lichteffekte erzielen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Daß sich durch Glühlampen auch eine sehr gute Lichtverteilung erzielen läßt, ist bekannt, da die Lampen für ganz bestimmte Leuchtkräfte herstellbar sind und an beliebigen Stellen, sei es nun auf festen oder beweglichen Wandarmen, Hängearmen, Kronleuchtern oder dergl. angebracht werden können. Zur Befestigung der Lampenglocken dienen metallische Halter, wie solche in den Fig. 180 u. 181 — und im Zusammenhange mit den Wandarmen — in den Fig. 186 bis 189 u. 191 abgebildet sind.

Fig. 185.



Fig. 186.

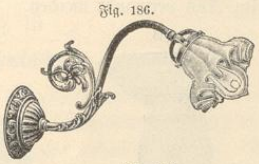


Fig. 187.

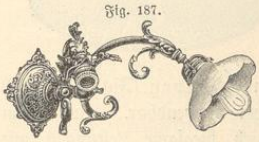


Fig. 188.



Fig. 189.

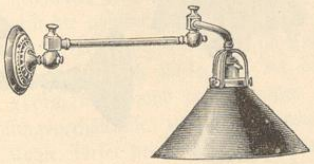


Fig. 190.



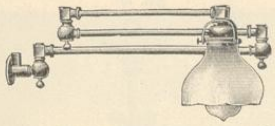
Die Wandarme werden je nach Anforderung und Geschmack in den einfachsten bis zu künstlerisch reich ausgeführten Formen ein- oder mehrarmig ausgebildet (vergl. Fig. 186 bis 189). Die Anordnung ist dem Gaslicht dadurch überlegen, daß man die Glühlampen beliebig, d. h. in horizontaler, vertikaler oder schräger Stellung anbringen kann, so daß schon von vornherein bei Anordnung der Wandarme auf die erwünschte Strahlungsrichtung Rücksicht genommen werden kann. Die Stromzuführungsdrähte werden „isoliert“ durch das Rohr des Wandarmes gelegt.

Fig. 191.



Da naturgemäß eine Dichtung des Rohres für den Wandarm nicht wie bei Gaslicht erforderlich ist, können die Wandarme leicht beweglich hergestellt werden, wie dies z. B. für Bureauräume von Vorteil ist. Diese beweglichen Wandarme lassen sich auch mit mehreren Gelenken herstellen (vergl. Fig. 192).

Fig. 192.



In gleicher Weise lassen sich die Glühlampen mit zugehörigen Armaturen zu Hängearmen (Fig. 193 bis 195)

Fig. 193.



Fig. 194.

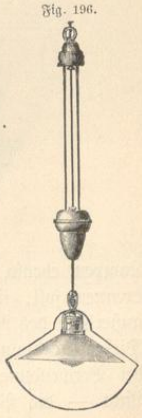


Fig. 195.



verwenden. Als Rohrstücke können gewöhnliche Gasrohre, auch mehr oder weniger reich verzierte Rohre, durch die die Leitungsdrähte gezogen werden, Verwendung finden. Diese Rohrstücke werden entweder „pendelnd“ aufgehängt oder etwa mittels Nippel verschraubt.

Fig. 196.

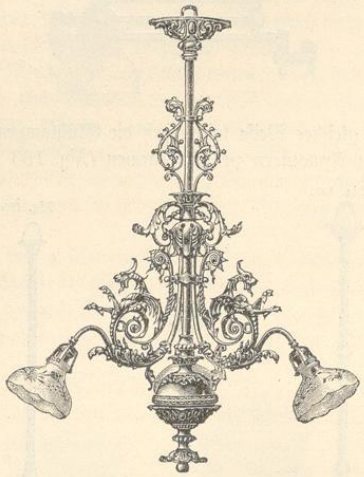


Sollen die Hängelampen der Höhe nach verstellbar angeordnet werden, so kann man, wie in Fig. 196 dargestellt, eine flaschenzugartige Anordnung wählen. Die Lampen werden alsdann an Doppelleitungen aufgehängt, die aus zwei gut voneinander isolierten Kupferlitzen bestehen. Diese Leitungen sind mit einer

zum Tragen der Beleuchtungskörper dienenden Drahtlitze verseilt.

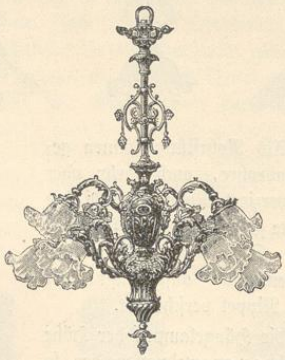
Es können auch beliebig viele Lampen zu einer Krone wie in Fig. 197, 198 vereinigt werden. Sollen in solcher

Fig. 197.



Krone stets sämtliche Lampen gleichzeitig brennen, so genügt es, eine einzige Doppelleitung, die der Gesamtstromstärke entsprechend bemessen sein muß, an dem Aufhängerohr anzuordnen, und erst am Ende des Rohres zu verzweigen. Bei Kronen mit einer sehr großen Anzahl von

Fig. 198.



Lampen, ebenso, wenn zeitweise nur ein Teil der Lampen brennen soll, ist es vorteilhafter, mehrere Leitungen außerhalb des Rohres in unauffälliger Weise zu verlegen. Diese Anordnung ist immer dann erforderlich, wenn — bei Verwendung einer Krone für Gas- und elektrisches Licht — die Verlegung der Leitungen im Innern der Krone unmöglich ist. Ausschalter hierfür werden, je nach Erfordernis, entweder für sämtliche Lampen gemeinsam, oder für einzelne Gruppen von Lampen getrennt angeordnet und an geeigneter Stelle in die Leitung eingebaut.

Auch für Deckenbeleuchtung wird das Glühlicht seiner dekorativen Wirkung wegen vielfach verwendet, um eine möglichst gleichmäßige, für das Auge angenehme Lichtverteilung zu erzielen. Die Lampen können hierbei als Einzellampen (Fig. 199) oder in Gruppen zu dreien (Fig. 200) verwandt werden.

Fig. 199.



Fig. 200.



Auch als tragbare Tischlampen (Fig. 201, 202) sind die Glühlampen bequem verwendbar. Zu diesem Zweck werden dieselben durch biegsame Leitungen mit

Fig. 201.

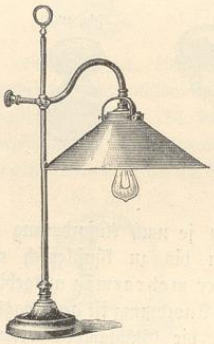


Fig. 202.



dem Stöpsel einer Anschlußdose verbunden. Sobald der Stöpsel in die Wandanschlußdose eingesteckt worden ist,

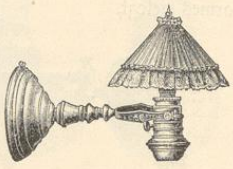
Fig. 203.



Fig. 204.



Fig. 205.



kann die Lampe mit Hilfe des an der Lampenfassung angebrachten Schalters „eingeschaltet“ werden. Nach erfolgtem

Gebrauch läßt sich die Lampe mit Leitungsschnur beliebig entfernen.

Sehr bequem und namentlich in Hotels vielfach verwendet sind die „Kipplampen" (Fig. 203, 204). Dieselben sind „schwingend", d. h. in einem Gestell gelagert (Fig. 203). Auf die Lampe kann ein leichter Schirm aufgesetzt werden und läßt sich dieselbe sowohl als Tischlampe (Fig. 204) wie als Wandlampe (Fig. 205) benutzen.

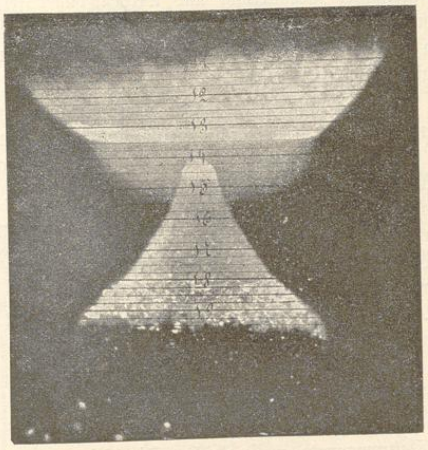
§ 15.

Bogenlampen.

Die Leuchtkraft der Bogenlampen wird dadurch erzielt, daß die Enden zweier Kohlenstäbe durch den elektrischen Lichtbogen zur Weißglut gebracht werden. Die Lichtstrahlung ist bei Gleichstrom- und Wechselstromlampen verschieden.

a) Bei Gleichstromlampen (Fig. 206) erglüht namentlich nur die positive Kohle, d. h. die Kohle aus der der Strom heraustritt. Hierbei höhlt sich dieselbe kraterförmig aus, während die negative Kohle sich zuspitzt.

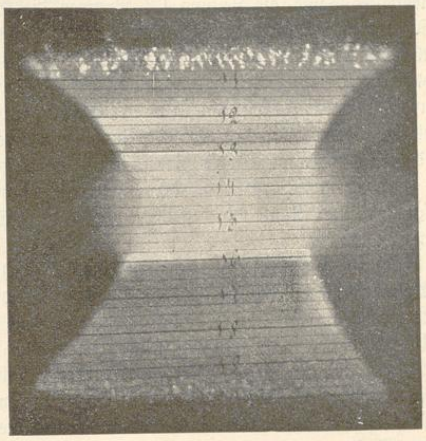
Fig. 206.



Um möglichst viel Licht für die Bodenbeleuchtung zu gewinnen, andererseits auch ein ruhiges Licht zu erhalten, wird die positive Kohle oberhalb der negativen angeordnet. Hierbei ist der Verbrauch an Kohlenstäben bei der positiven Kohle auch stärker als bei der negativen; um nun gleichen Abbrand beider Kohlen und günstige Lichtstrahlungsverhältnisse zu erzielen, wird die obere (positive) Kohle stärker gewählt, als die untere.

b) Bei Wechselstromlampen erglühen beide Kohlen gleichmäßig (Fig. 207), sie können daher im allgemeinen auch gleich stark genommen werden. Gewöhnlich wird jedoch um die obere Kohle ein Reflektor angeordnet, welcher die nach oben gerichtete Strahlung nach unten wirft und für die Bodenbeleuchtung nutzbar macht. Infolge dieser

Fig. 207.

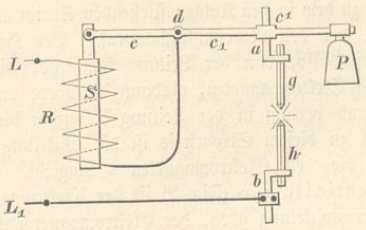


Wirkung des Reflektors brennt nun die obere Kohle etwas langsamer als die untere ab. Bei Verwendung von Reflektoren wird daher gewöhnlich die obere Kohle etwas dünner, als die untere gewählt.

Damit bei Abbrand der Kohlen die Enden derselben in stets gleicher Entfernung gehalten, d. h. also eine konstante Lichtbogenlänge erzielt werde, sind Regliermechanismen für die Lampen erforderlich.

Nach Art der Regulierwerke unterscheidet man im allgemeinen drei Arten von Lampen: Hauptstromlampen, Nebenschlußlampen und Differentiallampen.

Fig. 208.



Das Prinzip der Hauptstromlampe ist in Fig. 208 schematisch dargestellt. Der Lampenstrom durchfließt die Leitung L eines Elektromagneten R mit dem Eisenkern S, der an dem einen Hebelarm c eines in d gelagerten Hebels hängt. An dem anderen Hebelarm c hängt einerseits der Kohlenhalter a mit der oberen Kohle g, andererseits zum

Ausbalanzieren ein Gegengewicht P. Der oberen Kohle g gegenüber ist die untere Kohle h am Kohlenhalter b starr befestigt. Der Strom durchfließt demnach die Leitung L des Elektromagneten, den Hebelarm c, den Kohlenhalter a, die obere Kohle g, den Lichtbogen, die untere Kohle h, den Kohlenhalter b und die Leitung L. Brennen die Kohlen ab, so vergrößert sich der Lichtbogen, der Widerstand des Lichtbogens nimmt zu, daher die Gesamtstromstärke ab. Infolgedessen sinkt die Anziehungskraft des Elektromagneten R auf den Eisenkern S und das Gewicht P zieht den Hebelarm c, und somit den Kohlenhalter a nach unten, so daß der Lichtbogen verringert wird. Durch ein Regulierwerk wird dafür gesorgt, daß der Eisenkern S nach dem Sinken der oberen Kohle wieder seine urspüngliche Stellung einnimmt.

Bei den Nebenschlußlampen (Tafel 64, Fig. 1) wird der Elektromagnet nicht durch den die Lampenkohlen durchfließenden Hauptstrom, sondern durch einen parallel vom Lichtbogen abgezweigten Strom erregt.

Wächst mit dem Abbrand der Kohlen der Lichtbogen und dementsprechend die Spannung an den Kohlen, so wächst auch die Anziehungskraft des Elektromagneten m auf den Anker c, wodurch eine Sperrklinke l ein Echappement g auslöst. Das Räderwerk r kann so unter dem Einfluß des Gewichtes des oberen Kohlenhalters i, der an dem Kupferseil k hängt, in Thätigkeit kommen; das Kupferseil k rollt sich auf der Trommel b so lange ab, bis der Lichtbogen wieder die normale Länge erreicht und demgemäß die Anziehungskraft des Elektromagneten m auf den Anker c wieder nachgelassen hat. Durch eine kleine Luftpumpe werden die Bewegungen des Regulierwerkes gedämpft.

Die Differentiallampe (Tafel 64, Fig. 2) enthält zwei Elektromagnete, von denen der eine vom Hauptstrom erregt wird (wie bei der Hauptstromlampe), der andere von einem, parallel zu dem in den Kohlen fließenden Strom abgezweigt ist (wie bei den Nebenschlußlampen). Der Hauptstrom durchfließt also, von der Leitung kommend, die Wickelung des Elektromagneten, alsdann die obere und untere Kohle und verläßt in der Leitung L wieder die Lampe. Parallel zu diesem Stromkreis ist die Wickelung T abgezweigt, die den Elektromagneten s umgiebt. Bei der Differentiallampe (Fig. 2) ist der Elektromagnet mit Hauptstromwickelung oben, der Elektromagnet mit Nebenschlußwickelung unten angeordnet. — Letzterer ist in der Figur durch einen elektromagnetischen Kurzschließer verdeckt, der den Zweck hat, bei Hintereinanderschaltung der Lampen — nach Erlöschen einer Lampe infolge Abbrands der Kohle — diese kurz zu schließen, während die übrigen im gleichen Stromkreis befindlichen Lampen ungestört weiter brennen können.

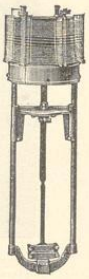
Bei der Wechselstrombogenlampe (Tafel 64, Fig. 3) sind die Kohlenhalter für die obere und die untere Kohle mechanisch derart verbunden, daß der untere Kohlenhalter sich um so viel hebt, als der obere sich senkt. Hierdurch wird erreicht, daß der Lichtbogen stets seine bestimmte Höhenlage beibehält. Außerdem ist in der Höhe des Lichtbogens an den beiden Führungsstangen für die Kohlenhalter ein Reflektor angebracht. Dieser hat den Zweck, das nach oben gestrahlte Licht der Lampe abzufangen und nutzbar nach unten zu werfen. Derartige Reflektoren werden bei Wechselstromlampen ausschließlich angebracht.

Anwendung. Hauptstromlampen können nur in Einzelschaltung brennen und kommen namentlich zur Effektbeleuchtung, d. h. für Scheinwerfer, Reflektoren und bei Bühnenbeleuchtungsapparaten zur Verwendung.

Nebenschlußlampen und Differentiallampen lassen sich in beliebiger Anzahl hintereinander schalten resp. in Einzelschaltung verwenden. Nebenschlußlampen können durch Änderung des Vorschaltwiderstandes auf beliebige Stromstärke gebracht werden, ohne daß das Regulierwerk verstellt zu werden braucht. Differentiallampen besitzen den Vorzug empfindlichster Regulierung und werden daher jetzt fast ausschließlich verwendet, insbesondere für sogenannte Sparschaltungen, bei denen der Vorschaltwiderstand auf ein Minimum reduziert wird.

Brennen nicht mehr als zehn Lampen hintereinander, so wird gewöhnlich die Anordnung getroffen, daß bei Erlöschen einer Lampe ein „Ersatzwiderstand“ selbstthätig eingeschaltet wird. Infolge dieser Anordnung wird bei Erlöschen einer Lampe die Stärke des Hauptstromes und demnach auch die Leuchtkraft der Lampen in dem betreffenden Stromkreise nicht geändert. Bei der Lampe (Fig. 209) ist z. B. der Ersatzwiderstand am Lampenkopfe angebracht, — und zwar ist derselbe durch Porzellanstäbe von der Kappe isoliert.

Fig. 209.



Das Werk der Gleichstrom- und Wechselstromlampen ist, abgesehen von der Bewickelung der Elektromagnete, meist gleich. Die Eisenkerne der Elektromagnete für Wechselstromlampen werden häufig aus Eisenblechen hergestellt, um Wirbelströme im Eisen und infolgedessen Erwärmung des Eisenkernes zu vermeiden. Es giebt jedoch einzelne Wechselstromlampen, in denen zum Regulieren der Lichtbogenlänge eine, nur dem Wechselstrom eigentümliche, Anordnung benutzt wird.

Im allgemeinen muß das Werk so beschaffen sein, daß die Lampe sofort beim Einschalten den Lichtbogen zieht und in kurzer Zeit mit normalem Glanze brennt. Dabei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sollen die Lichtschwankungen während des Regulierens der Lampe nur so gering sein, daß sie nicht störend auffallen. Gegen Verschmutzen wird das Werk durch eine Kappe geschützt.

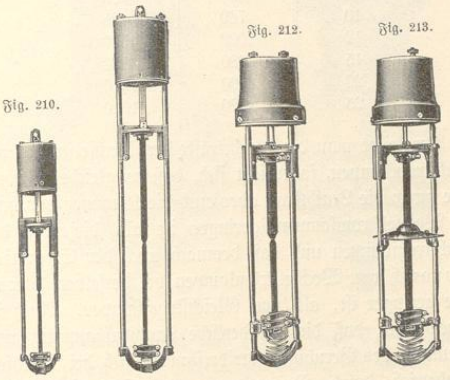
In Fig. 210 bis 213 sind „Bogenlampen mit Kappen" dargestellt, und zwar in Fig. 210 u. 211 Gleichstrombogenlampen für kleine und große Brenndauer (2 bis 10 Ampère),

Fig. 211.

Fig. 212.

Fig. 213.

Fig. 210.



in Fig. 212 eine Lampe mit konstantem Brennpunkt, endlich in Fig. 213 eine Wechselstrombogenlampe mit Reflektor und konstantem Brennpunkt.

Die „Spannung beim Brennen" ist für Gleich- und Wechselstromlampen verschieden; sie ist um so größer, je länger der Lichtbogen der betreffenden Lampe ist und nimmt mit steigender Stromstärke zu. Die Spannung einer Lampe ist außerdem vom Kohlenmaterial abhängig. Bei Wechselstromlampen ist die Lampenspannung noch abhängig von der Konstruktion der verwendeten Wechselstrommaschine, speziell von deren Kurvenform.

a) Bei Gleichstromlampen beträgt die Spannung an der Lampe bei einer Stromstärke von 3 Ampère 37 Volt, für 6 Ampère-Lampen 39 Volt, für 10 Ampère-Lampen 41 Volt, für 15 Ampère-Lampen 43 Volt, für 25 Ampère-Lampen 44 Volt.

b) Bei Wechselstromlampen beträgt die Lampenspannung bei Verwendung einer sinusförmigen Stromkurve, wie sie in den meisten Wechselstrommaschinen erzeugt wird, für Lampen von 4,5 Ampère 28 Volt, für 10 Ampère-Lampen 29 Volt, für 15 Ampère-Lampen 30 Volt, für 25 Ampère-Lampen 31 Volt. Wechselstromlampen für Stromstärken unter 4,5 Ampère werden wegen der geringen Lichtstrahlung selten gebaut.

Die Brenndauer der Lampen richtet sich im allgemeinen nach der Länge und Stärke der Kohlen und der Art des Kohlenmateriales. Durch Verwendung von stärkeren Kohlen wird zwar die Brenndauer vergrößert, die Lichtausbeute aber verringert. Es müssen daher die günstigsten Verhältnisse gewählt werden, um gute Lichtausbeute und ein ruhiges Brennen der Lampen zu erzielen, auch die Brenndauer der Lampen nicht zu sehr zu verkürzen. Die Brenndauer beträgt bei einer Kohlenlänge von 200 mm für jede Kohle 8 bis 11, bei einer Länge von 325 mm für jede Kohle 15 bis 20 Stunden. Durch an den Lampen angebrachte Sparvorrichtungen kann die Brenndauer erhöht werden, da die Sauerstoffzufuhr zum Lichtbogen der Lampe verringert wird.

Obige Zahlen für die Brenndauer der Lampen gelten für den Fall, daß der Lichtbogen derselben gegen die freie Atmosphäre nicht luftdicht abgeschlossen ist. Ist der Lichtbogen durch passend angeordnete Cylinder luftdicht abgeschlossen, so erreicht man eine bedeutend höhere Brenndauer — bis zu 200 Stunden! — (Dauerbrandlampen.) Hierbei beträgt die Spannung an der Lampe etwa 80 Volt; derartige Lampen können daher in Einzelschaltung, bei den üblichen Beleuchtungsnetzen, also von 110 oder 120 Volt Spannung, unter Verwendung geeigneter Vorschaltwiderstände angeschlossen werden. Bei Verwendung derartiger Lampen wird also nicht allein an Kohlenmaterial, sondern auch an Bedienungskosten für das Einsetzen neuer Kohlen gespart. Aber Dauerbrandlampen geben ein unruhiges Licht und sind daher für Beleuchtung von Innenräumen, bei denen es ganz besonders auf ruhiges Licht ankommt, nicht gut zu verwenden. Außerdem sind sie gegen Feuchtigkeit empfindlich und die Lichtausbeute ist geringer, als bei den gewöhnlichen Bogenlampen.

§ 16.

Die Leuchtkraft der Bogenlampen.

Die Leuchtkraft der Bogenlampen hängt ab von dem Kohlematerial, der Größe des Lichtbogens, der Art der verwendeten Reflektoren und — bei Wechselstromlampen — auch von der Art der Betriebsmaschine (Kurvenform des Wechselstromes, vergl. § 4, Fig. 63). Unabhängig ist die Leuchtkraft dagegen von der Art des Regulierwerkes der Lampe. Die Strahlung des Lichtes ist hierbei nicht nach allen Richtungen gleichmäßig stark. Am stärksten wirkt das unter einem Winkel von etwa 35° bis 40° ausgestrahlte Licht.

Die Gleichstromlampe strahlt, wie die „Strahlungskurve", Fig. 1 auf Taf. 65, zeigt, im wesentlichen Licht

„nur nach unten" aus, während der nach oben geworfene Teil fast gar nicht in Betracht kommt. Die Wechselstromlampe sendet dagegen, falls nicht besondere Anordnungen getroffen werden, nach oben und unten annähernd gleich viel Licht aus, wie aus der Strahlungskurve Fig. 2 auf Tafel 65 zu ersehen ist, die, in den einzelnen Teilen betrachtet, der der Gleichstromlampe ähnelt. Da es aber in den meisten Fällen darauf ankommt, daß von der Lampe möglichst viel Licht „nach unten" gestrahlt wird, so pflegt man bei Wechselstromlampen unmittelbar über dem Lichtbogen einen Reflektor anzubringen, wie bereits oben erläutert wurde. Fig. 3 daselbst zeigt die Strahlungskurve einer Wechselstromlampe mit Reflektor.

Als Leuchtkraft der Bogenlampe wird gewöhnlich die mittlere sphärische oder hemisphärische Lichtstärke angegeben. Diese mittlere, sphärische Lichtstärke der Lampe ist gleich der Leuchtkraft einer punktförmigen, nach allen Seiten gleich starkes Licht aussendenden Lichtquelle, die denselben Lichtstrom aussendet, wie die Bogenlampe.

Die Kerzenstärke der punktförmigen Lichtquelle bestimmt auch die mittlere, hemisphärische Lichtstärke. Da es, wie schon erwähnt, bei Lampen meist nur auf den „nach unten gestrahlten" Lichtstrom ankommt, wird auch die Leuchtkraft meist nur auf den unteren Teil der betreffenden Strahlungskurve bezogen. Man versteht alsdann unter mittlerer hemisphärischer Leuchtkraft einer Bogenlampe: die in Hefnerkerzen ausgedrückte Lichtstärke einer punktförmigen Lichtquelle, die nach unten den gleichen Lichtstrom sendet, wie die Bogenlampe.

Für Gleich- und Wechselstromlampen mit Reflektor, die wesentlich nur Licht „nach unten" ausstrahlen, ist — nach obigen Erklärungen — die mittlere hemisphärische Leuchtkraft etwa doppelt so groß, als die mittlere sphärische. Für Wechselstromlampen ohne Reflektor ist die mittlere hemisphärische Leuchtkraft nahezu gleich der mittleren sphärischen Leuchtkraft.

Die eben angegebenen Strahlungskurven gelten für nackte Lichtbogen ohne Lampenglocken. Durch die Glocke wird die Strahlungskurve wesentlich geändert. Die Änderung der Strahlungskurve ist um so größer, je mehr die verwandte Glasglocke das Licht zerstreut. In Fig. 4 sind Strahlungskurven einer Gleichstrombogenlampe ohne Glocke, mit Klarglasglocke, Alabasterglasglocke und Opalglasglocke dargestellt. Die Klarglasglocke verschluckt nur wenig Licht, die Strahlungskurve ähnelt noch derjenigen der Lampe ohne Glocke; die Alabasterglocke, die bedeutend mehr Licht verschluckt, verändert schon wesentlich die Form der Kurve, während die am meisten Licht verschluckende Opalglasglocke die Form der Strahlungskurve auch am stärksten verändert.

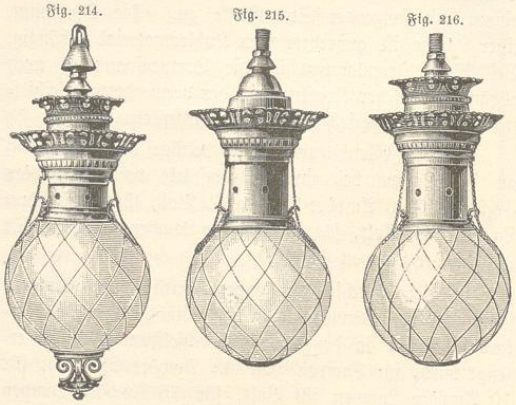
In nachstehender Tabelle sind die mittleren hemisphärischen Leuchtkräfte von Gleichstrom- und Wechselstromlampen bei verschiedenen Stromstärken angegeben.

Stromstärke Ampère	Mittlere hemisphärische Leuchtkraft	
	Gleichstrom- H Kerzen	Wechselstrom H Kerzen
6	356	172
8	550	285
10	760	425
12	1000	580
15	1380	820
20	2060	1210
25	2720	1610

Vergleicht man die Leuchtkräfte der Wechselstrom- und Gleichstromlampen, so ergiebt sich, daß bei gleicher Stromstärke zwar die Leuchtkraft aber auch die Klemmenspannung der Wechselstromlampen geringer ist als diejenige der Gleichstromlampen und daß demnach auch der Energieverbrauch von Wechselstromlampen bei derselben Stromstärke geringer ist, als von Gleichstromlampen. Auch ist zu bemerken, daß die erforderliche Lampenspannung und Spannung des Beruhigungswiderstandes sich bei Wechselstrombetrieb durch Verwendung von Transformatoren (siehe Fig. 221) besser regeln läßt, als bei Gleichstrombetrieb. Auch kann bei Wechselstrombetrieb die für jede Lampe erforderliche Zusatzspannung durch Verwendung von Drosselspulen (siehe Fig. 220) mit geringerem Energieaufwand als bei Gleichstrombetrieb erzeugt werden.

Die Bogenlampen strahlen bekanntlich an ihren Kohlespitzen Licht von solchem Glanze aus, daß die Augen

Fig. 214. Fig. 215. Fig. 216.



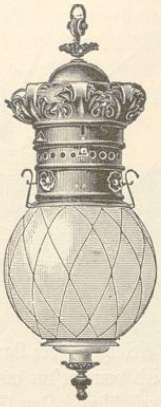
diese direkte Strahlung nicht vertragen können. Um solch' intensive Lichtwirkung in eine, dem Auge erträglichere zu verwandeln, und andererseits, um den Lichtbogen gegen

äußere Einflüsse zu schützen, pflegt man die Lampen mit Glocken von Mattglas, Alabasterglas, Opalglas oder dergleichen zu versehen. Dieselben müssen so hergestellt sein, daß sie sich bequem und sicher abnehmen lassen, wenn

Fig. 217.



Fig. 218.

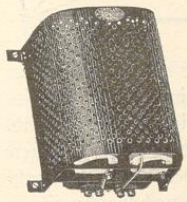


neue Kohlen eingesetzt und Glocke nebst Lampe gereinigt werden sollen. Zu diesem Zweck wird die Glocke mittels Haken an einem Zwischenringe mit Ösen aufgehängt. Ist die Glocke ausgehakt, so hängt sie an Ketten.

Gegen Eindringen von Regen sollen die Lampen durch ein „Regendach“ geschützt sein. Unten an der Glocke ist ein Aschenteller angebracht, durch den etwa herabfallende glühende Kohlenteilchen aufgefangen werden. Gewöhnlich wird die Glocke noch besonders durch Drahtbespinnung geschützt.

Der Lichtverlust durch die Lampenglocken beträgt für Klarglasglocken etwa 15 Proz., für Alabasterglocken 25 Proz., für Opalglasglocken etwa 30 Proz.

Fig. 219.

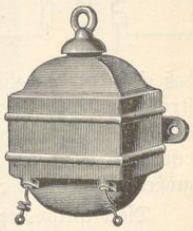


Damit die Bogenlampen ruhig brennen, muß in den Lampenstromkreis ein Beruhigungswiderstand (Fig. 219) geschaltet werden. Bei Nebenschlußlampen sind etwa 30 Proz. der Lampenspannung, bei Differentiallampen etwa 15 Proz. im Vorschaltwiderstand zu vernichten. Beträgt beispielsweise die erforderliche Spannung an der Lampe 40 Volt, so muß so viel Beruhigungswiderstand vor die Lampe geschaltet werden, daß die Gesamtspannung — bei Verwendung von Nebenschlußlampen — mindestens 52, bei Verwendung von Differentiallampen mindestens 46 Volt beträgt. Sind zwei Lampen hintereinander geschaltet, von denen jede 40 Volt Klemmenspannung braucht, so muß bei Nebenschlußlampen die Netzspannung mindestens 104 und bei Differentiallampen mindestens 92 Volt betragen. Für Wechselstromlampen darf der Vorschaltwiderstand etwas geringer sein, als bei Gleichstromlampen. — Der für jede Lampe, resp. jeden Stromkreis hintereinander geschalteter Lampen erforderliche Vorschaltwiderstand ist hiernach leicht zu berechnen.

Beispiel. Wenn in einem Wechselstromnetz mit 110 Volt Spannung drei Lampen für 15 Ampère in Hintereinanderschaltung an das Netz anzuschließen sind, so beträgt die erforderliche Lampenspannung 90 Volt, demnach der erforderliche Vorschaltwiderstand $^{20}/_{15}$ oder 1,33 Ohm, in welcher Zahl der Widerstand in den Zuleitungen zur Lampe mit einbegriffen ist. — Es wird daher, um an Widerstandskörpern für den Vorschaltwiderstand und an Kupfer für die Zuleitungen zu sparen, häufig für die Zuleitungen Material von höherem spezifischen Widerstande, als ihn Kupfer besitzt, nämlich „Eisen“ gewählt.

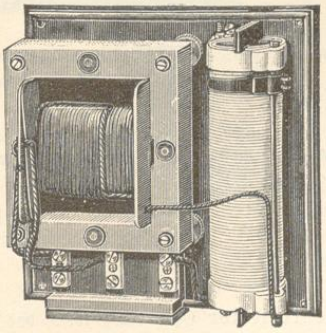
In Wechselstrombetrieben können an Stelle der Beruhigungswiderstände Drosselspulen eingeschaltet werden, wodurch an Energieverbrauch gespart wird. Diese Drosselspulen (Fig. 220) besitzen einen aus Eisenblechen, die voneinander isoliert sind, zusammengesetzten Kern. Um diesen Eisenkern sind Windungen aus isoliertem Kupferdraht von verhältnismäßig geringem Widerstand gelegt. Diese Drosselspulen werden gewöhnlich in ein eisernes Gehäuse eingebaut, durch das die beiden Zuleitungsdrähte geführt sind.

Fig. 220.



Sollen an ein Wechselstromnetz einzelne Lampen angeschlossen werden, so ist es vorteilhaft, durch einen kleinen

Fig. 221.

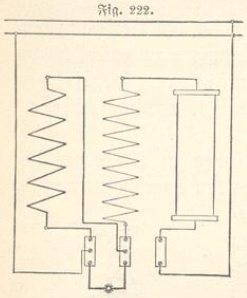


Transformator (Fig. 221) die Spannung auf den zum Brennen der Lampe erforderlichen Wert herabzusetzen.

Hierdurch wird nämlich ermöglicht, daß auch einzelne Lampen in Wechselstrombetrieb ohne zu großen Energieverlust an ein Netz angeschlossen werden können, dessen Spannung für mehrere hintereinander zu schaltende Lampen berechnet ist. (Im Gleichstrombetriebe muß bei Einzelschaltung von Bogenlampen ein Ersatzwiderstand in die Stromkreise eingeschaltet werden, wobei immerhin erhebliche Energieverluste auftreten). In dem Gehäuse für den Transformator (Fig. 221) ist noch der Beruhigungswiderstand, der in den primären oder sekundären Stromkreis des Transformators gelegt werden kann, enthalten.

Die Schaltung des Lampentransformators ist aus dem Schaltungsschema (Fig. 222) ersichtlich. Die Bogenlampe befindet sich im Sekundärkreise, der Beruhigungszustand im Primärkreise. Bei der in dem Schaltungsschema dargestellten Anordnung wird nur ein Teil der Gesamtspannung transformiert, wodurch wiederum an Energie gespart wird.

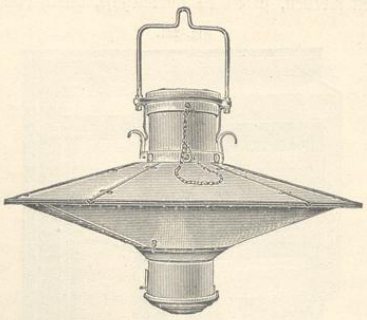
Fig. 222.



Für viele Räume, z. B. für Zeichensäle, ist es von größter Wichtigkeit, die Strahlung der Lampe so zu gestalten, daß eine, dem Tageslicht ähnliche, Beleuchtung mit „zerstreutem Licht“ hergestellt wird. Dieses zerstreute Licht, bei dem Schlagschatten vermieden sind, ist für die Augen besonders angenehm. Dies wird durch Verwendung größerer Reflektoren erreicht.

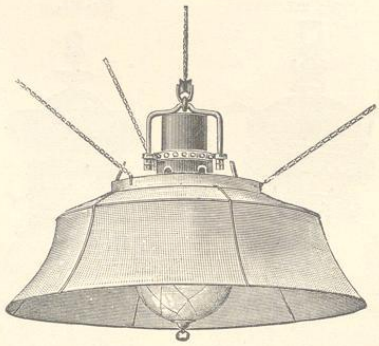
Die Reflektoren zur Erzeugung von zerstreutem Licht werden nach zwei verschiedenen Prinzipien hergestellt. Bei

Fig. 223.



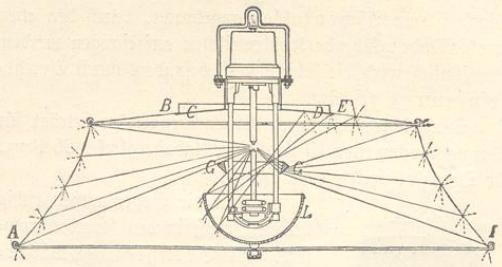
dem Deckenreflektor (Fig. 223) wird das Licht der Bogenlampe auf die Decke und bei dem Oberlichtreflektor (System Hrabowski, Fig. 224) auf einen weißen Schirm geworfen, von dem es zerstreut reflektiert wird. Bei den Deckenreflektoren fällt das von der Bogenlampe ausgestrahlte Licht zunächst auf einen konischen Reflektor — der

Fig. 224.



zwecks Reinigung der Lampe herabgelassen werden kann, — und wird von diesem auf die Decke geworfen, die es zerstreut reflektiert. Zur Erzielung günstiger Wirkungen ist indes eine weiße Decke erforderlich. Dagegen ist die Wirkung des Oberlichtreflektors System Hrabowski unabhängig von der Färbung der Decke. Derselbe besteht (vergl. Fig. 225) aus einem weißen, durchscheinenden Schirm ABCDEF, der so hergestellt ist, daß ein Teil

Fig. 225.



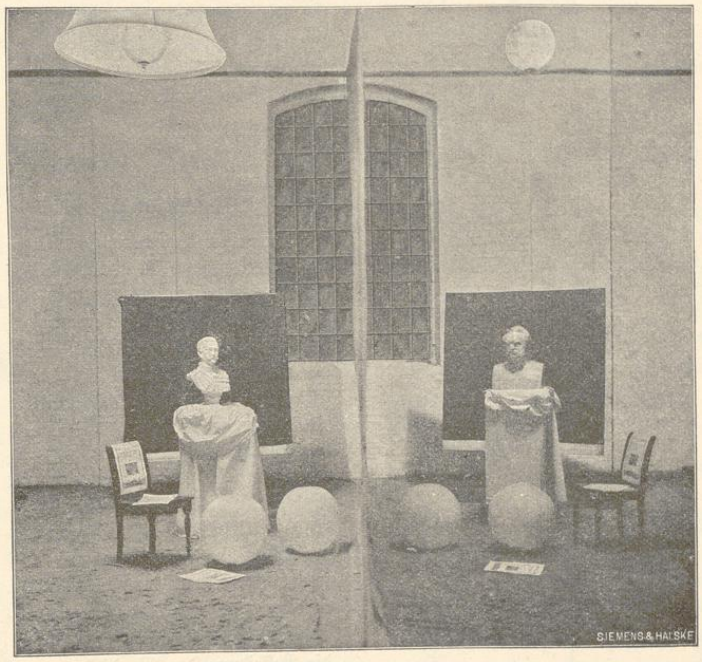
des Lichtstromes den Reflektor direkt trifft, ein anderer Teil durch Vermittelung eines Glasringes GG mit prismatischem Querschnitt auf den Schirm geworfen wird. Letzterer strahlt, da er durchscheinend ist, das Licht zerstreut aus, läßt jedoch einen Teil des Lichtes hindurchdringen, der für die Deckenbeleuchtung noch wirksam ist. — Ein geringer Bruchteil des von der Lampe ausgesandten Lichtstromes wird endlich von einer unten angebrachten, mattierten Glasglocke aufgefangen und ebenfalls zerstreut ausgestrahlt. Bei diesem Reflektor wird wenig Licht verschluckt, so daß der Wirkungsgrad desselben ein sehr erheblicher ist. Wie bei dem vorbeschriebenen Deckenreflektor

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist auch der Oberlichtreflektor so angeordnet, daß man von keiner Stelle des zu beleuchtenden Raumes den Flammenbogen der Lampe sehen kann, daß man also durch den Glanz des Lichtbogens nicht geblendet wird.

Vergleichsweise ist in Fig. 226 rechts vom trennenden Vorhange die Lichtwirkung einer Bogenlampe mit Glocke und links diejenige mit Oberlichtreflektor dargestellt. Bei der Beleuchtung rechter Hand sind die starken Schlagschatten an der Büste und Draperie auffällig, während in der linken Abteilung eine sehr gleichmäßige Lichtwirkung erzielt ist.

Fig. 226.



§ 17.

Die Aufhängevorrichtungen für Bogenlampen.

Aufhängevorrichtungen für Bogenlampen werden stets dem jedesmaligen Zwecke entsprechend ausgebildet, wobei die Lampen so aufgehängt sein müssen, daß dieselben leicht zugänglich sind, auch neue Kohlen sich bequem und gefahrlos einsetzen lassen. Die Lampe muß leicht gereinigt und bequem ein- und ausgeschaltet werden können. Endlich darf kein unter Spannung stehender Teil der Lampe der unmittelbaren Berührung zugänglich sein.

Für Aufhängung der Lampen im Freien werden Laternenständer oder Masten verwandt. Bei der auf Tafel 66, Fig. 1, dargestellten Anordnung ist die Lampe an einem Bügel fest aufgehängt und der Laternenständer für Freileitungen eingerichtet. — Bei der Anordnung Fig. 2 kann die an einem Stahlseil hängende Lampe herabgelassen werden. Die Leitungen sind von der Bogenlampe zu Isolatoren geführt, von diesen — und zwar durch das Innere des Ständers — zu unterirdisch verlegten Kabeln. Die Zuleitungen zur Lampe befinden sich zum Teil im Rohr der Lampe. Die Ausschalter für die einzelnen Stromkreise, in denen meist mehrere Lampen hintereinander geschaltet sind, werden unten im Rohre des Laternenständers angebracht. Für sämtliche Lampen eines Stromkreises ist natürlich nur ein Ausschalter an einem der Masten erforderlich. Fig. 3 auf Tafel 66 stellt einen Gitterlichtmast mit Steigeisen, Fig. 4 einen Rohrlichtmast aus Schmiedeeisen mit Aufziehvorrichtung für die Laternen und Fig. 227 im Text einen Holzmast mit Auslegern dar. Das Gewicht der Lampe wird hierbei durch Gegengewichte ausbalanziert. Die Lampen lassen sich mittels Seilwinde und Kurbel herauf- und herunterziehen und die Stromzuführung zu denselben erfolgt bei diesen Masten oberirdisch, an Isolatoren.

Für Innenräume muß die Aufhängung der Lampen den Räumlichkeiten entsprechend beschaffen sein. Bei der

Aufhängung (Fig. 228) ist die Lampe an einem Seil, das über Rollen geführt ist, befestigt und durch ein Gegengewicht ausbalanziert. Der Strom wird der Lampe durch zwei biegsame, isolierte Leitungen zugeführt. Bei der Aufhängevorrichtung (Fig. 229) sind die beiden Zuleitungen für

Fig. 227.

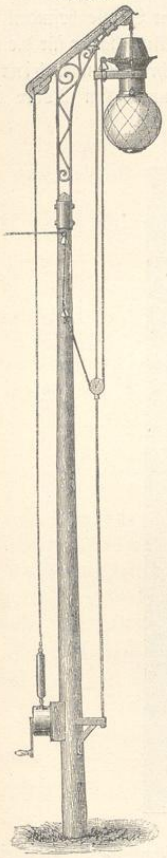


Fig. 228.

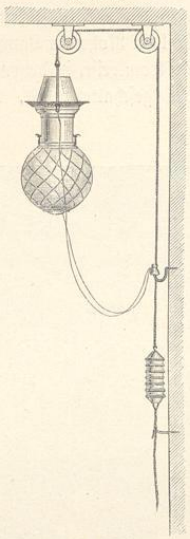
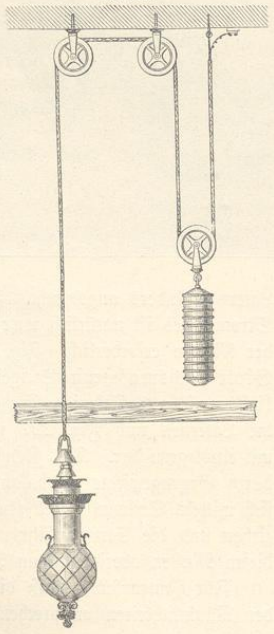


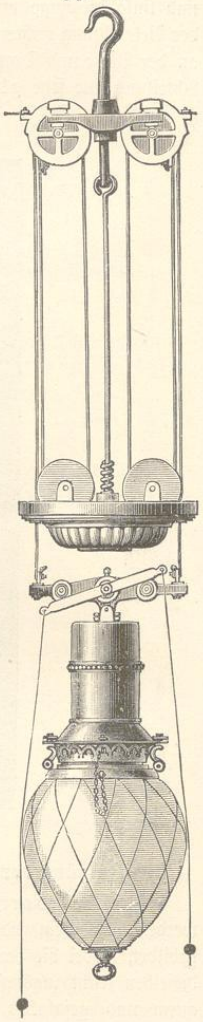
Fig. 229.



den Strom mit dem Aufhänge-Stahldrahtseil in einem Hanfgurt verflochten. Der Hanfgurt ist über feste Rollen durch die Decke hindurchgeführt. Das Gegengewicht hängt in loser Rolle. Der Ausschalter für die in einem Stromkreis befindlichen Lampen kann an beliebiger Stelle angebracht werden.

Bei der Aufziehvorrichtung (Fig. 230) hängt die Lampe mittels Flaschenzug an einer Deckentraverse mit Haken und wird durch Kupferseile, die zugleich die Stromzuleitung zur Lampe bilden, gehalten. Unten ist über der Lampe an einer eisernen Laternentraverse noch ein Ausschalter angebracht, der durch zwei Schnüre bedient werden kann. Sind mehrere Bogenlampen mit derartigen Aufziehvorrichtungen in einem Stromkreise hintereinander geschaltet, so braucht man nur bei einer Lampe einen Ausschalter anzuordnen.

Fig. 230.



Im Äußeren der Gebäude können die Lampen beliebig an Wandbügeln, Wandarmen, Auslegern oder dergl. aufgehängt werden.

§ 18.

Lichtverteilung.

Bei einer Beleuchtung von 50 Meterkerzen, d. h. wenn die Beleuchtung einer Fläche durch eine Lichtquelle von 50 Normalkerzen in 1 m Abstand erfolgt, — liest man so schnell wie bei Tageslicht; als hygienisches Minimum gelten 10 Meterkerzen. Für rohe Werkstattsarbeiten werden im allgemeinen 15 Meterkerzen, für feinere 25 bis 30 Meterkerzen genügen. Für Straßenbeleuchtung ist schon eine Meterkerze ausreichend. Hiernach kann die Anzahl der Lampen berechnet werden.

Für Zimmerbeleuchtung ist die Bekleidung der Wandflächen, auch die Färbung der Decke maßgebend. Dunkle Wände verschlucken viel Licht, helle Wände strahlen das auf sie geworfene Licht zum großen Teil wieder zurück. Dieses zurückgestrahlte Licht wird von anderen Wänden zum Teil wieder aufgenommen und zurückgestrahlt. Ist F der auf eine Wand fallende Lichtstrom und p ein Zurückstrahlungskoeffizient, so wird bei wiederholter Zurückstrahlung von dem ausgestrahlten Lichtstrom ausgenutzt

$$F \cdot \frac{1}{1-p}.$$

In der Praxis wird man p kaum höher als 0,4—0,5 annehmen dürfen, da das Licht bei der Zurückstrahlung zerstreut und hierbei verschluckt wird. Für p = 0, d. h. bei vollkommen schwarzen Wänden, ist der für die Beleuchtung nutzbare Lichtstrom = F. Für p = 0,4 erhält man 1,67 F, also bei Verwendung von hellen Wänden etwa 67 Proz. mehr Licht als bei Verwendung schwarzer Wände.

Um schnell die zur Beleuchtung eines Raumes erforderliche Leuchtkraft zu ermitteln, haben sich in der Praxis einzelne Erfahrungsformeln ausgebildet. Man rechnet für jedes Kubikmeter Zimmerraum, je nach dem in Betracht kommenden Bedürfnis, 2 bis 4 Normalkerzen und sind im allgemeinen für elektrisches wie für Gaslicht gleiche Normen maßgebend.

Farbe des Lichtes.

Die einzelnen Lichtarten, als Gaslicht in Argandbrennern, Gasglühlicht, elektrisches Glühlicht und Bogenlicht sind in ihrer Färbung verschieden. Im allgemeinen sollte man bestrebt sein, auch bei künstlicher Beleuchtung ein dem Tageslicht möglichst gleichkommendes Licht zu erzeugen. Vielfach ist die Farbe des Lichtes von größter Wichtigkeit, so z. B. für Betrachtung von Gemälden, von farbigen Stoffen u. s. w.

Die Färbung des Tageslichtes pflegt je nach dem Stande der Sonne, der Größe und Art der Bewölkung und der Durchsichtigkeit der Luft — recht verschieden zu sein, so daß von einer bestimmten Färbung des Tageslichtes auch nicht annähernd gesprochen werden kann. Aus diesem Grunde kann auch von einem genauen Vergleich der Färbung künstlicher Lichtquellen mit derjenigen des Tageslichtes nicht die Rede sein. Am nächsten kommt dem Tageslicht in Rücksicht der Färbung das Bogenlicht. Dasselbe enthält relativ mehr rote, aber weniger blaue Strahlen, als das Sonnenlicht, so daß das Bogenlicht in Vergleich mit dem Sonnenlicht einen gelben Eindruck macht. Das Spektrum der elektrischen Glühlichtflamme enthält noch mehr rote Strahlen als dasjenige des Bogenlichtes, so daß das Glühlampenlicht gegenüber der Bogenlampe rötlichgelb erscheint.

Auf alle diese Unterschiede in der Färbung muß Rücksicht genommen werden, wenn in Räumen Glühlampen und Bogenlampen gleichzeitig verwandt werden sollen. Daher vermeidet man, daß Bogenlampen und Glühlampen unmittelbar nebeneinander funktionieren.

Vergleicht man das Gasglühlicht mit dem Licht der elektrischen Glühlampe, so enthält letztere mehr rotes und weniger grünes Licht. Das Bogenlicht insbesondere besitzt weniger rote, dafür aber mehr violette Strahlen als das Gasglühlicht.

Durch farbige Glocken, Cylinder und dergl. kann zwar eine beliebige Färbung der Lichtquelle erzeugt werden: es geschieht dies jedoch immer auf Kosten der Leuchtkraft, da solche Lichtfärbungen nur durch Auslöschen von Strahlen ganz bestimmter Färbungen bewirkt werden können.

§ 19.

Herstellung des zeichnerischen Entwurfes.

Um eine elektrische Beleuchtungsanlage sachgemäß und zweckmäßig auszuführen, muß vor allem eine vorteilhafte Verteilung der Leitungen angestrebt werden. Der Entwurf hierzu ist rechtzeitig mit den sonstigen Einrichtungen von einem Spezialisten auszuarbeiten, damit nachträgliche Veränderungen und somit erhöhte Kostenaufwendungen vermieden werden.

Nach den vom Verbande deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Sicherheitsvorschriften sollen die Entwurfszeichnungen enthalten:

a) Genaue Bezeichnung der Räume und Art ihrer Verwendung (Läden, Wohn-, Lager-, Küchenräume). Hervorzuheben sind feuchte Räume, in denen ätzende, leicht entzündliche Stoffe oder explosive Gase vorkommen;
b) Lage, Querschnitt und Isolierungsart der Leitungen; die Isolierungsart wird durch die nachstehend angeführten Buchstaben ausgedrückt;
c) Art der Verlegung (Isolierglocken, Rollen, Ringe, Rohre u. s. w.);
d) Zahl und Art der Schalter (Sicherheits-, Um- und Ausschalter);
e) Zahl und Art der Lampen, Elektromotoren und sonstige Apparate;
f) Ort des Elektrizitätsmessers und Stromstärke in Ampères, welche zur Verwendung kommen kann.

In den Plänen sind folgende Bezeichnungen anzuwenden:

In roter Farbe anzugeben

 Glühlampe mit Fassung ohne Hahn;

 Glühlampe mit Hahnfassung;

vorstehende Zeichen bedeuten zugleich hängende Lampen.

 Lampen auf Wandarmen;

 Lampen auf Kandelabern;

 Tragbare Lampen;

 Krone mit 5 Lampen; die beigefügte Ziffer bedeutet die Zahl der Lampen;

 Krone mit 5 Lampen ohne und 3 Lampen mit Hahn.

In blauer Farbe anzugeben:

Ⓐ Bogenlampe mit Angabe der Ampèrezahl.

In schwarzer Farbe anzugeben:

Wandfassung, Anschlußstelle;

Ausschalter;

Umschalter;

Zweileiterschalttafel;

Dreileiterschalttafel;

Sicherheitsschalter;

Widerstand;

Blitzableiter;

Elektromotor;

M M
2 3 Elektrizitätszähler für Zwei- bezw. Dreileitersystem;

Akkumulatorenbatterie.

In bunter Farbe anzugeben:

Leitungslinien in blau, soweit dieselben in anderen Geschossen verlaufen, in grün, gelb u. s. w.

Hin- und Rückleitung;

Einzeldraht;

Dreileiter.

Für Umhüllungen und Isolierungen:

B = blanker Draht; KB = blankes Bleikabel;
J = isolierter Draht; KA = asphaltiertes Bleikabel;
Gi = Gummileitung; KBA = asphaltiertes und armiertes Bleikabel.

§ 20.

Beispiel einer Beleuchtungsanlage

(mit Verteilungsplan auf Tafel 67).

Bei Herstellung einer Beleuchtungsanlage ist die Art der Beleuchtung der einzelnen Räume (ob Bogenlicht oder Glühlicht), auch die Lichtverteilung (ob Einzellampen, Kronen- oder Bogenlampen), die Leitungsführung und die Abmessung der Leitung genau festzustellen. Die Leitungen müssen so bemessen sein, daß kein höherer Spannungsverlust, als im Maximam 1,5 Volt, auftritt.

Bei der Hotelanlage, deren Verteilungsplan für das Erdgeschoß auf Tafel 67 dargestellt ist, wurde die Maschinenstation im Kellergeschoß untergebracht. Hier wird die Spannung konstant gehalten. Von der Hauptverteilungstafel im Erdgeschoß führen dann Steigleitungen nach den einzelnen Stockwerken. Dieselben bestehen aus Kupferschienen, die auf Porzellanschienenklemmen verlegt sind. In den einzelnen Stockwerken können sämtliche Leitungen von einer Verteilungstafel abgezweigt werden, wodurch man erreicht, daß die Sicherungen für die einzelnen Stromkreise centralisiert sind. Im vorliegenden Falle ist vorgezogen worden, in jedem Stockwerk drei bis vier Verteilungstafeln anzuordnen, zu denen von den Steigleitungen starke Stromzuleitungen führen. Diese Verteilungstafeln Nr. I bis IV des Erdgeschosses sind an geeigneten Stellen des Wintergartens angebracht. Hierdurch wird an Kupfermaterial gespart, und die Spannungsverluste in den Leitungen werden durch Verringerung der Abzweiglängen vermindert.

Von den Verteilungstafeln werden die mit Abschmelzsicherungen versehenen Doppelleitungen, die zu den einzelnen Lampen oder Kronen führen, abgezweigt. Die Leitungen pflegt man einzeln in Gummiröhren, doch so zu verlegen, daß sie in der Ansicht nicht störend wirken. Die Ausschalter für die einzelnen Lampenstromkreise sind an passenden Stellen, z. B. in der Nähe der Thüren, angebracht. Aus dem Plan Tafel 67 ist die Lichtverteilung und die Art der Lampen für die einzelnen Räume zu ersehen.

In den übrigen Stockwerken ist die Anordnung ähnlich, so daß der Plan des Erdgeschosses genügen dürfte, um ein Bild der Gesamtanlage zu erhalten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Drittes Kapitel.

I. Gasbeleuchtungsanlagen in Gebäuden.

§ 1.

Geschichtliches. Um die Einführung der Gasbeleuchtung haben sich besonders verdient gemacht der Franzose Philipp le Bon und der Engländer William Murdoch. Letzterer beleuchtete bereits im Jahre 1802 das Etablissement von James Watt mit Gas; sein Schüler war der talentvolle Samuel Clegg. Mit Hilfe dieses genialen Ingenieurs gelang es dem deutschen Hofrat Winzer (Winsor), die von ihm unter dem Namen „London- & Westminster-Gaskompanie" gegründete Gesellschaft lebensfähig zu machen. Die Pfarrei St. Margareth in Westminster war derjenige Stadtteil Londons, welcher das erste Gaslicht erhielt, und der 1. April 1814 ist als das Datum der Einführung des Gaslichtes zur Straßenbeleuchtung in Europa[1]) zu betrachten.

In den größeren Städten Deutschlands erlangte die Gasbeleuchtung Verbreitung durch die Imperial-Continental-Gas-Association in London, welche im Jahre 1825 Hannover und 1826 Berlin mit Gaseinrichtung versah. 1828 erhielt Dresden (durch Blochmann) und Frankfurt a. M. (durch Schiele) Gasbeleuchtung. — Nach 1850 ist die Einführung des Gaslichtes auch in den deutschen Mittelstädten häufiger geworden.

Litteratur. Das erste und vollständigste Werk über diese Materie ist:

Dr. N. H. Schilling, Handbuch für Steinkohlen-Gasbeleuchtung. 2 Bde. 3. Auflage. München 1878.

Ferner nennen wir:

Em. Schreiber, Das Kochen und Heizen mit Gas. Weimar 1861.
Dr. F. Jahn, Die Gasbeleuchtung und die Darstellung des Leuchtgases. Leipzig 1862.
J. H. W. Ilgen, Die Gasindustrie der Gegenwart. 1874.
Redtenbacher, Resultate des Maschinenbaues. 6. Auflage. 1875.
Jul. Quaglio, Katechismus der Gasindustrie für Gasingenieure. 1876.
Friedr. Siemens, Bericht über die Smoke-Abatement-Exhibition. 1882.
J. G. Wobbe, Die Verwendung des Gases zum Kochen, Heizen und in der Industrie. 1885.
D. Coglievina, Handbuch der Gasinstallation. 1889.
L. G. Aschner, Der praktische Gasinstallateur. 1891.
Dr. E. Schilling, Neuerungen auf dem Gebiete der Erzeugung und Verwendung des Steinkohlenleuchtgases (zugleich Nachtrag zu dem N. H. Schilling'schen Werke). 1892.
K. A. F. Töpfer, Der praktische Gasschlosser. 1893.
Dr. Homann, Die aichfähigen Gasmesser-Konstruktionen. 1894.
W. Gentsch, „Gasglühlicht". Dessen Geschichte, Wesen und Wirkung. 1895.
D. O. Pfeiffer, Das Gas als Leucht-, Heiz- und Kraftstoff. Mit Vorwort von Prof. Dr. Meidinger. 1896.
Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten. Herausgegeben von Prof. Dr. Bunte. 1899.
Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Heiz- und Lüftungstechnik. Berlin 1899.

[1]) Der Amerikaner Henfrey beleuchtete (mit Gas aus Braunkohle) schon im Jahre 1801 einen Saal in Baltimore und 1802 einen Belustigungsort zu Richmond in Virginien.

§ 2.

Die Intensität des Lichtes.

Aus der Lehre vom Licht ist bekannt: daß die Helligkeit einer beleuchteten Fläche sich mit dem Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle und dem Kosinus des Einfallswinkels der Lichtstrahlen ändert, d. h. die Intensität der Beleuchtung nimmt im umgekehrten Verhältnis des Quadrates der Entfernung und mit wachsendem Einfallswinkel ab.

Bezeichnet:
J die Intensität der Lichtquelle,
h die Höhe der Lichtquelle über der wagerechten Ebene,
a die Entfernung eines Flächenteilchens u der Ebene, vom Fußpunkt der Lichtquelle,
α den Einfallswinkel, unter dem der Lichtstrahl das Flächenteilchen u trifft,

so ist die Beleuchtung $L = \frac{J \cos. \alpha}{h^2 + a^2}$.

§ 3.

Meßapparate.

Zum Messen der Leuchtkraft des Gases bedient man sich der Photometer. Am gebräuchlichsten sind: Das Photometer von Bunsen und die Photometer von Lummer und Brodhuhn.

Das Bunsen'sche Photometer besteht im wesentlichen aus einem Papierschirm, in dessen Mitte sich ein aus Stearin oder Wachs gemachter Fettfleck befindet. Dieser Fleck erscheint hell auf dunklerem Grunde, wenn der Schirm von der Rückseite her stärker beleuchtet ist als von der

Vorderseite. Der Schirm wird auf einer graduierten Meßlatte, der sogen. „optischen Bank“ aufgestellt, an welcher drei Schieber angebracht sind. Der mittlere Schieber trägt den bereits erwähnten Papierschirm mit Fettfleck, die anderen beiden dienen als Träger der Lichtquellen L und l, mit denen man Versuche anstellen will.

Fällt nun auf den mit Fettfleck versehenen Papierschirm von zwei entgegengesetzten Seiten Licht, und ändert man die Stellung des Schirmes auf der Photometerbank so lange, bis der Schirm an beiden Seiten gleich stark beleuchtet ist, so verschwindet der Fettfleck.[1]) Diese Erscheinung wird zum Messen benutzt und mit Hilfe dieser Vorrichtung wird der Beweis geführt, daß die Intensitäten der beiden Lichtquellen L und l sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate ihrer Entfernungen von dem Schirme.

Die Leuchtkraft einer Gasflamme von bekanntem, stündlichen Konsum kann nun mittels des Photometers verglichen werden mit einer bestimmten Lichteinheit, nämlich einer Paraffinkerzenflamme, einer Öllampe von bestimmtem Ölverbrauch, oder einer anderen, in atmosphärischer Luft freibrennenden Lampenflamme. Die als Lichteinheit benutzte Flamme nennt man „Normalflamme“.

Nach den Normen des Vereines der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands galt bis zum Jahre 1890 als Lichteinheit die Flamme einer reinen Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser, von denen sechs Stück genau 500 g wiegen. Sie wurde im Jahre 1865 als „Vereinskerze“ vorgeschlagen und offiziell eingeführt. Die Normalkerze hat die weiteste Verbreitung in Deutschland gefunden, aber die Übelstände, welche Kerzen als Lichtquellen besitzen, waren dadurch nicht beseitigt. Krüß[2]) fand bei seinen Versuchen, daß die Schwankungen in der Flammenhöhe der Paraffinkerzen bis 30 Proz. betrugen, ein Umstand, der wenig für die Kerze als Lichteinheit spricht; selbst bei geputztem Docht und normaler Flammenhöhe (50 mm) betrugen die Schwankungen im Mittel 7,7 Proz. Die Schwankungen der Lichtintensität stiegen bei Paraffinkerzen sogar bis 13 Proz.

Sollen Normalkerzen als Lichteinheit benutzt werden, so ist es also unbedingt nötig, die richtige Normalflammenhöhe mit einem optischen Flammenmaß herzustellen. Ein solches Flammenmaß ist von Krüß konstruiert und dargestellt im Nachtrage zu Schillings Handbuch von Dr. E. Schilling, Seite 148, Fig. 103.

Die Unsicherheit, welche auf dem Gebiete der Lichtmessung infolge der mangelhaften Einheiten herrschte, führte sodann zur Aufstellung einer neuen Einheit der Lichtstärke, und zwar in der Flamme der „Amylacetatlampe“ von Hefner-Alteneck. Dieselbe ist bereits im vorhergehenden Kapitel unter § 13 beschrieben und in Zeichnung dargestellt. Sie besteht aus einem mit reinem, essigsauren Amyl gefüllten Behälter, dessen aufgeschraubter Kopf ein Neusilberröhrchen von 8 mm lichter Weite und 25 mm Höhe mit darin befindlichem Docht trägt. Die Flammenhöhe wird an einem Visier abgelesen und die Lichtstärke, welche dieselbe in reiner Luft brennend in wagerechter Richtung giebt, nennt man „Hefnerlicht“.

Nach den Beschlüssen des Vereines der Gas- und Wasserfachmänner, der im Jahre 1890 zur Einführung des Hefnerlichtes als Lichteinheit Stellung nahm, wurde das Verhältnis der Leuchtkraft einer Hefnerlampe, verglichen mit der Leuchtkraft der Vereinsparaffinkerze, festgestellt wie 1 : 1,20.

Anm. Nach den Versuchen der Lichtmeßkommission des Deutschen Vereins hat sich ergeben, daß für gleiche Helligkeit:

1) eine deutsche Paraffinkerze gleich ist 1,22 Hefnerlicht,[1])
2) „ englische „ „ „ 1,15 „

In Frankreich dient als Normalflamme die Flamme einer Carcellampe mit 42 g stündlichem Ölverbrauch. Es soll das Pariser Gas bei einem stündlichen Konsum von 105 l in einem Argand-Bengel-Brenner so viel Licht entwickeln, wie die vorgenannte Carcellampe.

Die Lichteinheit in England ist die Normalspermacetikerze, welche 120 grains (7,78 gr) Spermacet pro Stunde verbrennt. Normalbrenner ist Suggs London-Argand-Brenner Nr. 1.

Aus nachstehender Tabelle sind die Äquivalente gleicher Leuchtkraft, bezogen auf das Hefnerlicht als Einheit, zu entnehmen.

Hefnerlicht 40 mm Flammenhöhe	Deutsche Vereins-Paraffinkerze 50 mm Flammenhöhe	Englische Wallrathkerze (sperm. candle) 120 grains Konsum pro Std. = 45 mm Flammenhöhe	Münchener Stearinkerze 52 mm Flammenhöhe	Carcellampe 42 g Ölverbrauch pro Stunde
1,000	0,833	0,910	0,733	0,095
1,200	1,000	1,092	0,887	0,114
1,099	0,915	1,000	0,806	0,104
1,364	1,136	1,241	1,000	0,130
10,526	8,768	9,600	7,716	1,000

1) Man wird jedoch den vom Verein festgesetzten Wert als richtig annehmen dürfen, daß

1 deutsche Paraffinkerze = 1,2 Hefnerlicht.

1) Die Empfindlichkeit des Bunsen-Photometers wird aber — wie Weber nachgewiesen hat — dadurch bedeutend vermindert, daß der Fettfleck einen Teil des darauffallenden Lichtes hindurchläßt. Diesen Mangel hat Lummer zu beseitigen gesucht, indem er den Schirm durch zwei geeignet behandelte Papierblätter ohne Fettfleck ersetzt. Das vom Schirm ausgehende Licht fällt auf die Spiegel im Photometerkopf, welche es auf die Kathetenflächen einer Prismenkombination werfen. Vergl. E. Schilling. Nachtrag. München 1892. S. 139. Auch Elster suchte den Fettfleck durch einen unveränderlichen Körper zu ersetzen.

2) Journal für Gasbeleuchtung 1883, S. 511.

Auch die Flächenhelligkeit wird in Meterkerzen ausgedrückt; sie giebt diejenige Helligkeit an, mit der eine weiße Fläche in 1,0 m Abstand und bei senkrechtem Lichteinfall von der gleichen Anzahl Kerzen beleuchtet werden würde. In der Praxis handelt es sich nun meistens um Flächenhelligkeiten und eine rechnerische Vorherbestimmung ist selten möglich, weil ein Teil des Lichtes verschluckt, ein anderer Teil reflektiert und die Farbe der Umschließungswände von unmeßbarem Einfluß ist. Endlich muß bei Verteilung der Lichtquellen berücksichtigt werden, daß dieselben unter verschiedenem Winkel sehr verschiedene Lichtstärken ausstrahlen (vergl. die ausführliche Behandlung dieser Materie in § 16 des II. Kapitels und die graphische Darstellung der Strahlungskurven auf Taf. 65). Der Leser wird aus diesen interessanten Mitteilungen ersehen haben, daß es sich bei der Beleuchtung von Innenräumen in der Regel nur um die „nach unten" ausgestrahlte Lichtmenge handelt, da die Decken und höher gelegenen Wandteile genügendes Licht mittelbar empfangen. Auch die Farbe der Lichtquelle ist von großer Wichtigkeit in Bezug auf die Beleuchtung von Innenräumen. — Vergleiche zwischen den einzelnen Lichtarten, insbesondere zwischen elektrischem und Gaslicht findet der Leser im § 18 des II. Kapitels unter der Überschrift „Lichtverteilung".

§ 4.

Zur Herstellung des Leuchtgases im großen Maßstabe bedient man sich meist der Steinkohlen; aber auch aus Holz, Torf und Braunkohlen, sowie aus Erd- und Mineralölen, Fettabfällen u. s. w. wird im kleineren Maßstabe Gas bereitet, wobei der Herstellungsprozeß in der Regel auf der trockenen Destillation der zur Verwendung gelangenden Stoffe und einem sich anschließenden Reinigungsverfahren beruht. Hierbei ist die Natur des zu vergasenden Rohstoffes maßgebend für die Konstruktion der Anlage.

Die Vergasung der Steinkohlen[1]) erfolgt bekanntlich in Retorten aus feuerfestem Thon (Chamotte), während man zur Vergasung der Öle und anderer Substanzen in der Regel gußeiserne Retorten verwendet. Die neuere Gastechnik bedient sich zum Betriebe der Retortenöfen meistens der Gasfeuerung, wobei an Brennmaterial gespart und eine gleichmäßige Ofentemperatur erzielt wird.

Um das in den Retorten entwickelte Leuchtgas von Teer, Ammoniak, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff zu befreien, muß dasselbe sorgfältig gereinigt werden. Die Entfernung des Teeres erfolgt durch Abkühlung des Gases im Teerscheider, wobei sich der Teer verdichtet. Ammoniak und andere verunreinigende Bestandteile werden aus dem Gase durch Auswaschen desselben im sogenannten Skrubber oder anderen Waschapparaten entfernt.

Auf anderen Grundlagen als das gewöhnliche Verfahren der Vergasung von Steinkohlen beruht das sogenannte Wassergasverfahren und tritt dieser Herstellungsprozeß eigentlich aus dem Rahmen der Steinkohlengasbereitung heraus. Das Wassergas wird nämlich dargestellt durch Zuleiten von Wasserdampf über glühendes, kohlehaltiges Material; das gewonnene Gas besteht im wesentlichen aus Wasserstoff und Kohlenoxyd nebst Beimischung von Kohlensäure und Grubengas. Es hat also nur geringe Leuchtkraft, auch geringere Heizkraft als das gewöhnliche Leuchtgas. Aber die Herstellungskosten sind niedrig und können dadurch bis 50 Proz. Ersparnisse erzielt werden. Die Leuchtkraft wird durch leicht zu verflüchtigende Kohlenwasserstoffe (Benzin, Petroleumäther u. s. w.), mit denen sich das Gas schwängert, gewonnen, oder es wird das Gas durch ein Gefäß mit Naphthalin geführt, bevor es in den Brenner eintritt; durch die Flammenwärme verdunstet hier das Naphthalin.

Wo der Anschluß einzelner Häusergruppen, Krankenhäuser u. s. w. wegen Beschaffung umfänglicher Rohrleitungen die Anlage eines eigenen Gaswerkes erfordert, da wird es sich in der Regel nur um Herstellung von Wassergas oder Ölgas handeln; ersteres ist vorzuziehen, wenn lediglich Leuchtzwecke in Betracht kommen.

Über die Zusammensetzung des Leuchtgases an verschiedenen Produktionsorten giebt nachstehende Tabelle Aufschluß:

	Schwere Kohlenwasserstoffe	Grubengas	Wasserstoff	Kohlenoxydgas	Kohlensäure	Sauerstoff
Berliner Leuchtgas aus Oberschlesischer Kohle	0,051	0,340	0,497	0,095	0,025	—
Dresdener Gas . . .	0,030	0,334	0,487	0,080	0,015	0,014
Frankfurter Gas . .	0,040	0,326	0,498	0,088	0,023	—
Pariser Gas	0,058	0,331	0,501	0,063	0,015	0,005
London, Gas Light & Coke Co.	0,044	0,376	0,480	0,037	—	0,003
Gas aus Cannelkohle .	0,245	0,584	0,105	0,066	—	—

1) Holz- und Torfgasanstalten haben in Deutschland heutzutage kaum eine wirtschaftliche Bedeutung, weil die betreffenden Gase sehr geringen Leuchtwert besitzen. Erst durch Zusätze oder Glüheinrichtungen gewinnen sie an Leuchtkraft, wie dies beim Wassergas nachstehend beschrieben ist.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 5.

Das Leuchten der Flamme.

Wenn man die Verbrennung eines Gases, beispielsweise diejenige eines entzündeten, wasserstoffhaltigen Gasstromes untersucht, findet man, daß die an sich wenig leuchtende Flamme aus drei verschiedenen Teilen besteht, nämlich:

1) Einem inneren, dunklen Kerne a, in dem das brennbare Gas noch unverändert ist. Hält man das Ende eines Metallröhrchens in diesen Teil der Flamme, so tritt am anderen Ende desselben Wasserstoffgas aus;

2) einer Flammenhülle b, welche a umgiebt und den am stärksten leuchtenden Teil der Flamme bildet. Hält man ein leicht reduzierbares Metalloxyd in die Flamme, so wird der Sauerstoff desselben ausgeschieden: man nennt daher diesen Teil den reduzierenden Teil der Flamme;

3) der äußersten, wenig leuchtenden, die Teile a und b umschließenden Flammenregion c. Hier ist der Sauerstoff im Übermaß vorhanden und die Verbrennung eine vollständige; man nennt diese Region den oxydierenden Teil der Flamme.

Wir unterscheiden nun an der Flamme zunächst die Leuchtkraft. Eine Flammenbildung tritt nur da auf, wo gasförmige Körper (z. B. Wasserstoffgas oder Sumpfgas) verbrennen; jede Flamme ist also ein glühendes, brennendes Gas.

Wir haben aber zu unterscheiden: leuchtende und nichtleuchtende Flammen. Die Wasserstoffflamme leuchtet nicht, die Sumpfgasflamme nur sehr wenig; dagegen leuchten Kerzen-, Petroleum-, Leuchtgasflammen, weil sich in denselben fast ausnahmslos ein fester Körper ausscheidet, der, zum Glühen erhitzt, Licht ausstrahlt. Bei den gewöhnlichen Flammen scheidet sich Ruß, d. h. Kohlenstoff in mikroskopisch feiner Zerteilung, aus, der, durch die hohe Verbrennungstemperatur der Flamme erhitzt, zum Glühen kommt und demzufolge Licht ausstrahlt. Diese Thatsache hat zuerst Sir Humphrey Davy ausgesprochen; seine Versuche „über die leuchtenden Kerzenflammen" sind beschrieben in den Phylosophical-Transactions 1817.

Bei den gewöhnlichen leuchtenden Flammen kommt ganz besonders die Bildung von Aethylen, einem Kohlenwasserstoff von der Zusammensetzung C_2H_4, in Betracht. Aethylen entsteht bei der trockenen Destillation von Steinkohlen.[1]) Leitet man dasselbe durch glühende Röhren, so zerfällt es in Methan und Kohlenstoff.[1]) Jedenfalls beruht das Leuchten gewöhnlicher Flammen auf der Zersetzung des Äthylens und gleichwertiger Kohlenwasserstoffe in der Hitze.

Es ist nun zwar bekannt, daß unter Umständen auch Flammen, in denen feste Körper nicht zugegen sind, auch ein glänzendes Licht ausstrahlen, aber in gewöhnlichen Fällen, namentlich bei allen in der Beleuchtungsindustrie vorkommenden Methoden, kommt das Leuchten der Flamme nur dadurch zu stande, daß sich aus derselben feste Körper ausscheiden, oder daß solche in die Flamme hineingebracht werden, die dann, zum Glühen erhitzt, Lichtstrahlen emittieren. Bringt man z. B. in die nicht leuchtende Flamme eines sogenannten Bunsenbrenners[2]) einen festen Körper, z. B. eine Spirale aus Platindraht, so entsteht schon ein gewisser Lichteffekt. Das Hauptprinzip der Beleuchtungstechnik besteht also darin, daß feste Körper in den Zustand der Weißgluth versetzt werden, denn nur feste, weißglühende Körper strahlen ein Licht aus, das dem Sonnenlicht ähnlich ist, Strahlen von jeder Brechbarkeit und ein kontinuierliches Spektrum zeigt. Zur Weißgluth läßt sich aber fast jeder feste Körper bringen, wenn er nicht schon unter dieser Temperatur schmilzt. In den meisten Flammen scheidet sich jedoch Kohlenstoff freiwillig in feiner Verteilung aus und nachdem er seine Aufgabe (nämlich die des Leuchtens) erfüllt hat, verbrennt er zu gasförmiger Kohlensäure (CO_2). — Ist der Gasdruck im Brenner zu hoch und kann die zur Flamme hinzutretende Verbrennungsluft sich nicht genügend mit dem Gase mischen, so verbrennen die Kohlenteilchen nicht vollständig zu Kohlensäure, sondern zu Kohlenoxyd und geben nicht eine hellweiße, sondern eine gelbrötliche Flamme, oder aber, es wird Kohlenstoff unverbrannt ausgeschieden; in diesem Falle „rußt" die Flamme.

Es ist nun für die Theorie von hohem Interesse, festzustellen, ein wie großer Teil der durch die Verbrennung gewöhnlicher Leuchtflammen entwickelten Energie in Licht und welche Energiemenge in Wärmestrahlen umgewandelt wird. Hierüber giebt uns, außer älteren Arbeiten von **Tyndall**, die preisgekrönte Schrift von Helmholtz[3]) Aufschluß. — Nach den Versuchen desselben beträgt die Licht- und Wärmestrahlung bei leuchtenden Gasflammen 8,5 Proz. der insgesamt entwickelten Verbrennungswärme.

1) Auch bei der trockenen Destillation des Wachses und Stearins wird Äthylen entwickelt.

1) $C_2H_4 = CH_4 + C$. Der Kohlenstoff bedingt im glühenden Zustande das Leuchten, während das Methan für die Leuchtkraft unwirksam bleibt, da es zu CO_2 und Wasser verbrennt.

2) Durchschnitt und Ansicht eines gewöhnlichen Bunsenbrenners findet der Leser dargestellt in J. Lorscheid, Lehrbuch der anorganischen Chemie, Fig. 58 u. 59, S. 114.

3) Helmholtz, Licht- und Wärmestrahlung verbrennender Gase. Berlin 1890.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei einem gewöhnlichen Argandbrenner wurden, im Vergleich zu seiner Verbrennungswärme, 12 Proz. in Wärmestrahlen umgesetzt. Die Ausbeutung der im Gase aufgespeicherten Gesamtenergie ist also bei der Gasbeleuchtung sehr gering und es mußte das Bestreben der Beleuchtungstechnik dahin gerichtet sein, die in Form von Wärmestrahlen verloren gehende Energie wenigstens teilweise in Licht umzusetzen, zu welcher Maßnahme die Konkurrenz mit dem elektrischen Licht entschieden hinwies.

§ 6.

Zur Erhöhung der Leuchtkraft der Flammen können die verschiedensten Wege eingeschlagen werden. Zunächst hat man versucht — durch die Hitze der abgehenden Gase — das Leuchtgas und die Verbrennungsluft vorzuwärmen, wodurch der ausgeschiedene Kohlenstoff infolge höherer Flammentemperatur auf helle Weißgluth erhitzt wird. Auf diesem Prinzip beruhen die sogenannten „Regenerativbrenner", welche im § 10 eingehender Besprechung unterzogen werden sollen.

Man hat auch versucht, das Leuchtgas zu „karburieren", d. h. mit Dämpfen von flüchtigen Kohlenwasserstoffen zu imprägnieren („karburiertes Gas"). Daß man in der Praxis Wassergas durch Mischung mit Benzoldämpfen zum Leuchten bringt, wurde bereits oben (§ 4) besprochen.

Endlich war man seit Jahren bestrebt, in die nicht leuchtende Flamme fremde, feste Körper von geeigneter Form hineinzubringen, die ein intensives Licht ausstrahlen, wenn sie zum Glühen erhitzt werden. Diese Beleuchtungsart wird Incandescenz- oder Gasglühlicht-Beleuchtung genannt und bezeichnet in theoretischer Beziehung einen hochwichtigen Fortschritt, da die Oberfläche der ausgeschiedenen Kohlenstoff-Partikelchen, welche das Leuchten der Gasflammen bedingen, im Vergleich zur Oberfläche eines festen Glühkörpers verschwindend gering ist.

1) Der erste, der einen Glühkörper beschrieb, war der englische Ingenieuroffizier Thomas Drummond; er schlug zur Erzeugung eines intensiven Lichtes vor, in der Flamme eines Knallgasgebläses Kalk [1]) bis zur Weißgluth zu erhitzen. Eine technische Anwendung für Beleuchtungszwecke hat das Drummond'sche Kalklicht (Hydrooxygenlicht) aber nicht erlangt, weil die Verwendung von Knallgas leicht Explosionen im Gefolge haben kann.

2) Es wurde oben erwähnt, daß man eine nicht leuchtende Flamme zum Leuchten bringt, indem man feinen Platindraht in dieselbe einführt. Auf eine derartige Vorrichtung wurde i. J. 1839 dem Engländer Cruckschanks ein Patent erteilt. Cruckschanks stellte ein Körbchen aus feinster Platindrahtgaze her, welches mit einem Kalküberzug versehen und in Wasserstoffflammen bis zur intensiven Lichtausstrahlung erhitzt wurde.

3) Erwähnenswert ist auch das amerikanische Patent von de Khotinsky aus dem Jahre 1881 (patentiert im Deutschen Reiche unter Nr. 14689). Als Glühkörper werden massive Stifte aus den Oxyden des Calciums, Bariums und Strontiums u. s. w. benutzt. In seinem Patent legt de Khotynsky besonderes Gewicht auf seine Sauerstofflampe, wodurch sich das Patent schon von vornherein von der späteren Auer'schen Erfindung — die überdies fein zerteilte Glühkörper benutzt — unterscheidet.

4) C. Clamond [1]) in Paris, der Körbchen aus Magnesia herstellte und diese durch die Bunsenflamme erhitzte, mag nicht unerwähnt bleiben; ein intensives Licht geben die Körbchen allerdings nicht.

5) Ein wichtiger Vorschlag auf dem Gebiete der Beleuchtung mit Incandescenzlicht rührt her von Otto Fahnehjelm [2]) in Stockholm. Seine Glühkörper aus Magnesia sind in der That technisch verwendbar, falls Wassergas zur Verfügung ist. Sie bestehen aus einer großen Anzahl nebeneinander gestellter glatter, runder Nadeln aus Magnesia, die zu kammförmigen Glühkörpern zusammengesetzt und über Gasflammen gehängt werden. Ihrer allgemeinen Anwendung steht der Umstand entgegen, daß man Wassergas bisher nur in seltenen Fällen zur Verfügung hat.

Nach diesen geschichtlichen Bemerkungen über die wichtigeren Vorgänger der Gasglühlichtbeleuchtung wenden wir uns nunmehr zu den für die moderne Beleuchtungstechnik bahnbrechenden Erfindungen des Dr. Karl Auer v. Welsbach. Auer verwendet verbrennliche Gewebe aus Pflanzenfasern, imprägniert dieselben mit Salzlösungen bestimmter, seltener Erden, die sich beim Glühen zersetzen und das Oxyd zurücklassen. Als Imprägnierungssalze werden die Nitrate, Sulfate und Acetate der Erden benutzt. Charakteristisch für die Auer'schen Glühkörper ist die höchst feine Verteilung der beim „Veraschen" der Gewebe entstehenden Oxyde. Für die Oxydgemische der Glühkörper kommen neuerdings nur Thoroxyd und Ceroxyd in Betracht. Die Imprägnierungsflüssigkeit ist eine etwa 30proz. Lösung von Thornitrat mit mehr oder weniger Cernitrat. Die weiteren Angaben über Herstellung der Glühkörper, deren Aufhängung und die dazu erforderlichen Formen des Brenners sind eingehend besprochen und zeichnerisch dargestellt in § 11.

1) An Stelle des Kalkes schlug C. Tessié de Motay vor, Zirkonsäure zur Incandescenzbeleuchtung zu benutzen und nahm darauf im Jahre 1868 ein französisches Patent. Wegen der Schwierigkeiten fabrikmäßiger Herstellung von Sauerstoff hat dieses Verfahren — außer zu wissenschaftlichen Zwecken — Verwendung nicht gefunden.

1) Vergl. D. R. P. Nr. 16640 u. ff.

2) Vergl. D. R. P. Nr. 29498 v. 18. Novbr. 1883.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 7.

Zuleitung des Gases ins Innere der Gebäude.

Die Abgabe des Leuchtgases von der Gasanstalt an die Konsumenten wird durch ein unterirdisches Netz von gußeisernen Röhren — die Hauptröhrenleitung — vermittelt. An den Häusern der Konsumenten und wo Straßenflammen brennen, gehen „Abzweigungen" von geringerem Durchmesser ab, welche am besten ebenfalls aus mit Blei verstemmten gußeisernen Muffenrohren bestehen.[1]) Weniger als 19 mm im Lichten soll keine Abzweigung haben, selbst wenn der Bedarf nur 1 bis 2 Flammen erfordert.

Die Abzweigungen erhalten Gefälle nach der Hauptleitung zu und liegen mit dem höchsten Punkte mindestens 0,50 m unter dem Boden. Der Anschluß an die Hauptrohrleitung geschieht entweder durch in dieselbe eingesetzte ┬Stücke oder durch Anbohren des Hauptrohres und Umlegen einer Rohrschelle, in deren Muffe das Zuleitungsrohr auf gewöhnliche Weise eingebleit wird. — Die Zuleitungsrohre müssen von der Straße her abschließbar sein (bis zu 50 mm Weite durch Hähne); diese Absperrvorrichtung dient jedoch nur den Zwecken der Gasanstalt.

In Berlin muß laut Polizeivorschrift eine weitere Absperrvorrichtung in Form eines hydraulischen Wasserverschlusses angebracht werden, sofern die Zuleitung mehr als 25 Gasausläße speist. Derselbe muß frostfrei in der Erde eingebettet sein. Bei einem ausbrechenden Brande wird alsdann der Gaszufluß durch Zugießen von Wasser in den hydraulischen Verschluß (Wassertopf) sofort aufgehoben.

In größeren Gebäudekomplexen ist es stets ratsam, auch die Flügelbauten mit besonderen Zuleitungen zu versehen. Letztere sind im Innern miteinander verbunden, können aber durch Absperrhähne getrennt werden. Dies bietet den Vorteil, daß die lichten Rohrweiten enger gewählt werden können und daß dabei doch eine gleichmäßige Druckverteilung gesichert ist, wenn etwa in einem Gebäudeteile zeitweise ein größerer Gaskonsum stattfindet. — Endlich werden, wenn Reparaturen oder Änderungen in einem Gebäudeteile vorzunehmen sind, Störungen in den übrigen Annexen vermieden.

---

1) Die Zuleitungsrohre erhalten folgende Durchmesser:

für 1 bis 24 Flammen 35 mm, für 151 bis 200 Flammen 80 mm,
„ 25 „ 100 „ 50 „ „ 201 „ 300 „ 105 „
„ 101 „ 150 „ 65 „ „ 301 „ 500 „ 140 „

wobei ein stündlicher Gasverbrauch von 130 bis 150 l pro Flamme zu Grunde gelegt ist.

Bei einer geringen Flammenzahl verwendet man schmiedeeiserne gezogene Rohre mit nachstehenden Lichtweiten:

für 1 bis 5 Flammen 19 mm, für 16 bis 25 Flammen 30 mm,
„ 6 „ 15 „ 25 „ „ 29 „ 35 „ 35 „

Flammen und Kronen resp. Öfen mit mehr als 125 l stündlichem Gasverbrauch werden doppelt, solche mit mehr als 250 l Konsum dreifach gezählt.

Die Zweigröhren leiten nun das Gas durch den Konsum-Gasmesser ins Innere der Lokale. Letzterer soll geschützt im Keller stehen; andernfalls ist das Aufsteigerohr mit einer Erweiterung von 40 bis 60 mm Weite, dem sogenannten Eisaufhalter, zu versehen.

A. Die Gasmesser oder Gaszähler haben den Zweck, den Gasverbrauch in den von den Konsumenten benutzten Lokalitäten festzustellen, d. h. den durch sie hindurchgegangenen Gasstrom der Quantität nach zu messen. Hierzu sind trockene und nasse Gasmesser in Gebrauch; die letzteren sind die gebräuchlicheren. Bei den nassen Gasmessern geschieht die Messung durch eine rotierende Trommel, welche zum größeren Teil in eine Flüssigkeit taucht; bei trockenen Messern erfolgt die Messung dadurch, daß Meßkammern, welche zum Teil von einer elastischen Membrane gebildet werden, sich wie Blasebälge öffnen und schließen. Jede dieser beiden Gattungen umfaßt verschiedene Konstruktionen, die nach dem hierbei angewandten System unterschieden werden.

Für die Größe der Gasmesser ist die Anzahl der Flammen maßgebend, die gespeist werden sollen, denn jeder Flammenzahl entspricht ein bestimmter Gaskonsum pro Stunde. Als stündlichen Mindestverbrauch einer Gasflamme giebt die Aichordnung 142 l an, doch hat man dafür neuerdings die runde Zahl 150 gesetzt.

Üblich sind Gasmesser für 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150 und mehr Flammen, die einem stündlichen Verbrauch von 0,45, 0,75, 1,50, 3, 4,50, 6, 7,5, 9, 12, 15, 22,5 cbm entsprechen.

Als Material für die Gasmesser kommt in erster Linie verzinntes Eisenblech in Betracht, und zwar zu den Gehäusen der kleineren Gasmesser und zu den Trommeln der größeren. Dasselbe Material wird auch zu den trockenen Gasmessern verwandt. Die Wellen, Wellenlager, Räder u. s. w. werden gewöhnlich aus Rothguß hergestellt, die Ventile und Ventilsitze aus Zinn.

Auf jedem Gasmesser soll — in der Regel auf einem Blechschild — angegeben sein:

der Name des Fabrikanten,
die Fabriknummer und Jahreszahl der Anfertigung,
der Inhalt des Maßraumes nach Litern,
der größte stündliche Gasverbrauch, und zwar nach dem Volumen und nach der Flammenzahl.

Die Zählwerke sollen die Angabe enthalten, daß sie nach metrischem Maße registrieren.

Nasse Gasmesser. Dieselben werden mit und ohne Absperrvorrichtung fabriziert und es sind daran folgende Constructionsteile zu unterscheiden:

das Gehäuse,
die Meßtrommel,

die Einrichtung für Zu- und Ableitung des Gases,
die Einrichtung für Wasserzuführung und Ablauf des überschüssigen Wassers,
das Zählwerk nebst Übertragungsmechanismus.

Das Gehäuse, Taf. 68, Fig. 1, ist von cylindrischer Form, mit horizontaler Achse. Vor demselben liegt die Zählkammer R_2, in die das Einlaßrohr a mündet, während das Auslaßrohr b vom Mantel des Gehäuses ausgeht. Letzteres wird bis zu zwei Drittel der Höhe mit Wasser, Glycerin oder dergl. gefüllt und trägt die Lager für die Achse der Trommel. Die Vorkammer R_2 enthält die Gas- und Wasserzuführung, sowie die Absperrvorrichtung und setzt sich nach unten hin als Sammelkasten R_4 fort. Die Trommel des Systemes, nach ihrem Erfinder Coosley'sche Trommel genannt, besteht aus einem, um eine horizontale Achse sich drehenden Cylinder, der durch vier gegen die Achse geneigt liegende Schaufeln in vier Kammern geteilt wird. Die Schaufeln sind vorn und hinten flügelartig fortgesetzt und diese Fortsetzungen oder Deckschaufeln bilden die Flächen des Trommelcylinders.

Die Trommel wird dadurch in Drehung gesetzt, daß das zuströmende Gas einen höheren Druck hat, als das ausströmende. Diese Druckverminderung setzt sich bis in die Kammer fort, die mit dem Ausgangsrohr des Gasmessers in Verbindung steht und so lange dieselbe hinter dem Ausgangsrohr des Gaszählers andauert, bleibt auch die Drehung im Gange.

Durch das Zuführungsrohr a gelangt das Gas in die Vorkammer R_2, die durch das Knierohr y mit dem Innern der Trommel kommuniziert. Das aus der Trommel entweichende Gas gelangt sodann unmittelbar in das Gehäuse und wird durch das Rohr b dem Konsumenten zugeführt.

Zwecks Wasserzuführung ist ein Raum R_3 von der Vorkammer abgetrennt; derselbe wird durch die mit einer Schraube verschließbare Füllöffnung mit Wasser gefüllt. Die Oberkante des Rohres y giebt die Höhe des Wasserstandes im Gasmesser an. Durch die Schraube z kann andererseits das in dem Behälter R_2 angesammelte Wasser entfernt werden.

Die oben erwähnte Absperrvorrichtung dient dazu, beim Sinken des Wasserstandes den Gaszufluß selbstthätig abzusperren, um die dadurch bedingten Minderangaben des Gaszählers in bestimmten Grenzen zu halten. Sie besteht aus einem Schwimmer, mit dem das Ventil v durch eine senkrechte Stange verbunden ist. Mit dem Wasserstande sinkt auch der Schwimmer, bis das Ventil auf dem Boden der Pfanne aufsetzt und den Zutritt des Gasstromes vorübergehend hemmt.

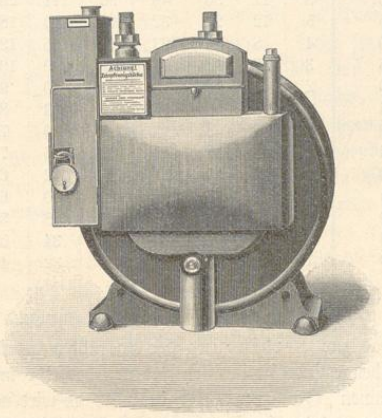
Das Zählwerk eines Gasmessers für drei Flammen ist auf Taf. 68, Fig. 4 bis 4c in halber Naturgröße dargestellt. Die Hauptwelle trägt eine Schraube ohne Ende w_2, die in ein vertikales Zahnrad R_2 eingreift; auf der Achse desselben sitzt der Trieb T_2, mit dem das Rad R_2 in Eingriff steht und auf der Achse des letzteren sitzt der Zeiger, der die einzelnen Kubikmeter mißt, befestigt. Die weitere Übertragung erfolgt durch je einen Trieb von 6 Zähnen und ein Rad von 60 Zähnen.

Um die durch Verdunstung des Wassers bedingten Fehler des Gasmessers zu beseitigen, hat man andere Flüssigkeiten gewählt, so Glycerin, oder die Coosley'sche Trommel wurde dahin umgestaltet, daß man ihr eine sogenannte „Rückmessung" des Gases beifügte. Die rückmessenden Gaszähler sind in ein besonderes System gebracht, können jedoch einer eingehenden Besprechung hier nicht unterzogen werden.

In Betreff der trockenen Gasmesserkonstruktion wird auf die Veröffentlichung verwiesen, welche Dr. Homann im Auftrage des deutschen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern in Schillings Journal für Gasbeleuchtung bewirkt hat. Dieselbe ist in Separatabdruck erschienen bei R. Oldenbourg, München 1894.

Außer diesen älteren Konstruktionen sind neuerdings auch automatische oder Vorausbezahlungsgasmesser in den Handel gelangt. Dieselben erhalten entweder eine einfache oder eine Doppeltrommel aus Brittaniametall. Vorläufig sind sie nur in der Größe der fünfflammigen Gasmesser zu haben. — Das am Gasmesser angebrachte Vorausbezahlungswerk ist von denkbar einfachster Konstruktion und funktioniert sicher. Der Geld-

Fig. 231.



einwurf ist so eingerichtet, daß nur Zehnpfennigstücke das Öffnen und Schließen des im Gasmessereingang vorgesehenen Ventiles bewirken.

Derartige automatische Gasmesser liefert die Firma Julius Pintsch, Berlin O., nach ihren bezüglichen Patenten 91682 und 91685. Die äußere Anordnung weicht wenig ab von der sonst gebräuchlichen und ist in Fig. 231 zur Darstellung gebracht.

Von der Gasuhr gelangt das Gas durch die innere oder Privatleitung in die Heiz- resp. Beleuchtungsapparate. Die Gaszuströmung wird durch einen Haupthahn reguliert resp. abgesperrt; zum Absperren einzelner Gebäudeteile dienen sogenannte Extrahähne. Endlich ist an jeder Gasflamme ein Hahn, der sogenannte Brennerhahn, angebracht.

§ 8.

Verbindung der Privatrohrleitung.

Die vom Gasmesser ausgehende Leitung wird aus schmiedeeisernen, gezogenen Röhren hergestellt, welche — wie die Perkinsrohre — durch Verschraubung mittels besonderer Façonstücke, sogenannte Fittings, verbunden werden und in den verschiedensten Dimensionen im Handel vorkommen. Die Rohrweiten richten sich nach dem hindurchzuführenden Gasquantum, d. h. nach der Zahl der zu speisenden Flammen.[1]) Der Durchmesser der Rohre ist so groß zu wählen, daß der Druckverlust vom Gasmesser bis zur letzten Flamme in der Regel nur 3 mm Wassersäulenhöhe beträgt. Einen ungefähren Anhalt zur Bestimmung der Rohrweite mit Rücksicht auf die Rohrlänge giebt nachstehende Tabelle:

Lichte Rohrweite mm	Flammenzahl bei einer Rohrlänge von:									
	3 m	6 m	9 m	12 m	15 m	18 m	21 m	24 m	27 m	30 m
9	4	3	2	1	—	—	—	—	—	—
13	10	7	5	4	3	2	1	—	—	—
19	25	14	10	8	6	5	4	3	3	2
25	60	38	26	19	15	12	10	8	7	6
31	100	64	42	32	25	20	16	13	10	8
38	150	95	65	48	37	30	25	20	16	13
50	350	228	156	114	90	70	60	50	40	25

Anm. Diese Angaben gelten für wagerechte Rohre, absteigende Rohre erfordern einen größeren, aufsteigende einen geringeren Durchmesser, da der Gasdruck im Rohre pro Meter Steigung um $^3/_4$ mm zunimmt. Nachstehende, dem Werk von D. Coglievina — Handbuch der Gasinstallation — entnommene Tabelle, welche für Leitungen bis zu 200 m Länge berechnet ist, ergiebt bedeutend geringere Rohrweiten.

Abmessungen für schmiedeeiserne Rohrleitungen.

Länge der Leitungen m	Durchmesser der Röhren in mm								Länge der Leitungen m	Durchmesser der Röhren in mm							
	9,5	13	16	19	25,5	32	38	51		9,5	13	16	19	25,5	32	38	51
	Flammenzahl bei 150 l stündlichem Verbrauch																
2,5	8	17	30	46	96	171	261	546	80	1	3	5	8	17	30	46	96
5	5	12	21	32	68	120	185	386	90	1	3	5	7	16	28	43	91
10	4	8	15	23	48	85	130	273	100	1	2	4	7	15	26	41	86
15	3	7	12	18	39	69	106	223	110	1	2	4	7	14	25	39	82
20	2	6	10	16	34	60	92	193	120	1	2	4	6	13	24	37	78
25	2	5	9	14	30	53	82	172	130	1	2	4	6	13	23	36	75
30	2	5	8	13	27	49	75	157	140	1	2	4	6	12	22	35	73
35	2	4	8	12	25	45	70	146	150	1	2	3	6	12	22	33	70
40	2	4	7	11	24	42	65	136	160	—	2	3	5	12	21	32	68
45	1	4	7	10	22	40	61	128	170	—	2	3	5	11	20	31	66
50	1	4	6	10	21	38	58	122	180	—	2	3	5	11	20	30	64
60	1	3	6	9	19	34	53	111	190	—	2	3	5	11	19	30	62
70	1	3	5	8	18	32	49	103	200	—	2	3	5	10	19	29	61

B. Verbindung der Gasröhren.

Das zur Verbindung der Gasröhren gebräuchliche Schraubengewinde ist in allen Fabriken dasselbe und unter dem Namen „Gasgewinde“ bekannt; es wird nach dem inneren Rohrdurchmesser benannt, während das Messinggewinde nach dem äußeren Durchmesser bezeichnet wird.

Um Verwechselungen vorzubeugen, thut man gut, bei Bestellungen vor die in Millimetern angegebene Durchmesserzahl die Bezeichnung „A“ für Außengewinde und „I“ für Innengewinde zu setzen.

Messingrohre werden nur für kurze Abzweigungen zu einzelnen Beleuchtungsgegenständen verwendet; Kupferrohre sind für Leitungen nicht gebräuchlich.

1) Als Flamme ist ein Argandbrenner mit 150 l stündlichem Gaskonsum zu Grunde gelegt.

In Berlin dürfen zu den Leitungen in Gebäuden nach Polizeivorschrift nur schmiedeeiserne Rohre verwendet werden. Dieselben sollen aus gutem, biegsamen Eisen gezogen, im äußeren und inneren Durchmesser gleichmäßig und ohne Riffeln sein.

Die Verbindungsstücke (Fittings) der Privat-Rohrleitung bestehen aus den in Fig. 232 dargestellten Façonstücken, nämlich: den Bogenstücken a, Kniestücken c, ⊤Stücken d, Kreuzstücken e, geraden Muffen h, Reduktionsmuffen k, Fig. 233 (zur Verbindung zweier Rohre von verschiedenem Durchmesser). — leichteren Hantierungen: als Gewindeanschneiden, Biegen leicht zu krümmender Rohre, Befestigen derselben gegen das Deckengebälk oder die Mauerflächen.

Zum Abschneiden der Rohre dienen sogenannte „Rohrschneider" oder auch „Klinkmesser". Beim Einschrauben der Rohre in die Verbindungsstellen (Muffen) sind besondere Rohrzangen in Gebrauch.

Zur Befestigung der Rohrleitungen an den inneren Wänden der Gebäude werden Rohrhaken oder Kloben i (Fig. 232) gebraucht, welche man durch Schläge gegen die Nase des Hakens in die Mauerfuge eintreibt

Fig. 232 a–i.

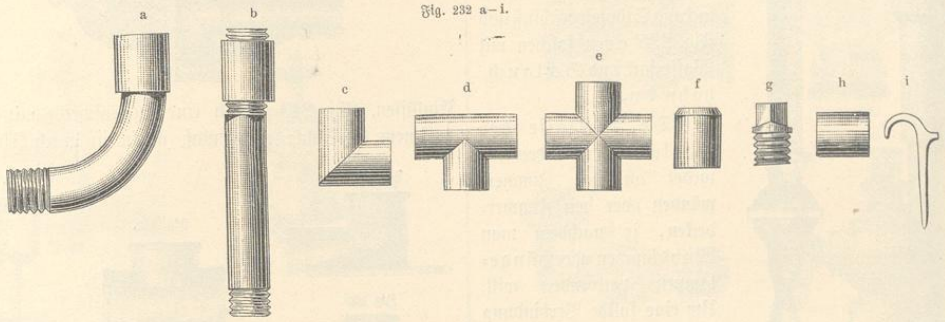
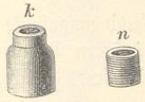


Fig. 233 u. 233a.



Das Ende einer Zweigleitung verschließt man entweder durch einen Pfropfen g mit Vierkant oder durch die Kappe f, Fig. 232; ersterer läßt sich in die Muffe hineinschrauben. — Langgewinde b kommen zur Anwendung, wenn in einem Rohrstrang ein kurzes Stück einzuschalten ist oder zwei festliegende Teile eines Stranges verbunden werden sollen. Langgewinde und Verlängerungsstücke sollen nur zwischen Muffen eingefügt oder die Rohre so weit gewählt werden, daß Veranlassung zu Verstopfungen nicht zu besorgen ist. Nippels n, Fig. 233a, endlich sind kurze Rohrstücke, welche außen in ihrer ganzen Länge mit Gewinden versehen sind und zum Einschrauben in die Muffen dienen, wenn zwei der letzteren aneinanderstoßen müssen. Außer den unter a dargestellten Bogenstücken mit Außengewinde fertigen die Röhrenwalzwerke auch kurze Bogen, sogenannte Krümmer und Kniestücke, beide mit Innengewinde, ferner Flanschen und Contremuttern an.

Die vorbesprochenen Façonstücke werden aus Schmiedeeisen, wohl auch aus schmiedbarem Eisenguß gefertigt und von den deutschen Röhrenwerken mit angeschnittenen Gewinden in vorzüglicher Güte geliefert.

Da der Rohrleger unter diesen Umständen fast ausschließlich nur fertige Verbindungsstücke verwenden kann, beschränkt sich seine Arbeit bei Neubauten mehr auf die

und in 1,0 bis 1,25 m Abstand anbringt. Die Befestigung der Rohre an der Decke erfolgt in Neubauten direkt gegen die Balkenlage, und zwar vor Anbringung der Deckenschalung, was den Vorteil bietet, daß die Gasrohre geschützt und vertieft zwischen den Schalbrettern liegen und durch den Rohrdeckenputz verdeckt werden, so daß nur die Mündung des Auslasses über die Putzfläche hervorragt. — Zum Befestigen der Gasrohre am Deckengebälk dienen Rohrbänder oder Rohrbügel. Sehr starke Zuleitungen werden mit Rohrschellen, die man eingipst, oder deren Dorn man in die Mauerfuge einschlägt, befestigt.

Bei Installation neuer Gebäude vertieft man die an Mittel- und Scheidewänden anzubringenden Leitungen derart in das Mauerwerk, daß sie vom Wandputz verdeckt werden und nur die Ausläße hervortreten. Dies bedingt, da hinterher Fehler schwer zu entdecken sind, eine sehr sorgfältige Ausführung und sollte dieselbe nur zuverlässigen Händen anvertraut werden. Die Rohrleitungen müssen auch möglichst unverputzt und so lange zugänglich bleiben, bis eine vorläufige Prüfung mittels Manometer stattgefunden hat.

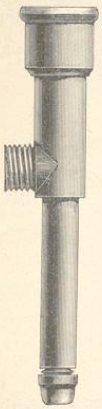
Wo Leitungen Wände u. s. w. durchdringen, sollte man stets auf Isolierung des Rohres mittels dünner Zinkhülsen Bedacht nehmen. Endlich ist es zweckmäßig, in langen, gradlinig geführten Leitungen, wenn dieselben häufig einem Wechsel in der Erwärmung unterliegen, sogenannte Com-

pensations-[1]) (Ausgleichs-) Stücke anzubringen, damit bei der unvermeidlichen Ausdehnung des Metalles durch die Wärme nicht die Befestigungsstellen gelockert werden.

Fig. 235.



Fig. 234.



Muß die Leitung aus erwärmten Räumen in einen kalten Raum eintreten, so ist in dem warmen Raume vor dem Austritt in das kalte Lokal ein Wassersack anzubringen.

Fig. 234 stellt einen Knieeinlaß mit Wassersack und Stöpselverschluß und Fig. 235 einen solchen mit Wassersack und Schlauchhahn dar.

Die Ausläße der Gasleitungen enden entweder an den Zimmerwänden oder den Zimmerdecken, je nachdem man Wandlampen oder Hängelampen verwenden will. Um eine solide Verbindung zwischen der Leitung und den Lampen herzustellen, bedient man sich der Deckenscheiben resp. Wandscheiben, welche an die Enden der Leitung, da, wo man die Lampe anbringen will, befestigt werden. Diese Befestigung erfolgt stets gegen Holzunterlage, welche bei Holzwänden und Rohrdecken durch die Schalung gegeben ist. Bei massiven Wänden und gewölbten Decken findet die Befestigung gegen hölzerne Dübel statt, welche in die Mauer eingegipst werden.

Eine solche Deckenscheibe hat 5 bis 6 cm Durchmesser, ist mit drei Löchern für die Holzschrauben und seitlichem Einlaß mit innerem Gewinde versehen, in welches das Ende des Eisenrohres eingeschraubt wird.

Die Fig. 236 u. 237 geben die Verbindungsstelle für einen Deckenauslaß. An die Deckenscheibe ist ein Winkelstück angegossen und in dieses das Leitungsrohr eingeschraubt, das in diesem Fall auf dem Deckenputz frei aufliegt. Eine Holz- oder Stuckrosette bildet die Verkleidung, aus welcher der Zapfen der Scheibe vorsteht.

Nachstehende Fig. 238 stellt eine Deckenscheibe mit angegossenem Einlaß in der Seitenansicht dar und Fig. 239 eine Kniedeckenscheibe mit zwei angegossenen

1) Vergl. Abschnitt I, 6. Kapitel, S. 166.

Fig. 236.

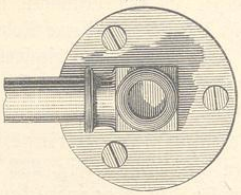
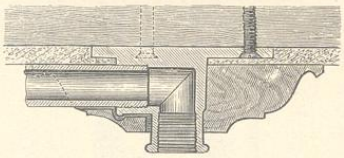


Fig. 237.



Einläßen, Fig. 240 endlich eine Deckenscheibe mit angegossenem ⊤Stück; ein Einlaß allein ist durch Fig. 241

Fig. 238.

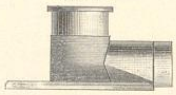


Fig. 240.

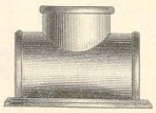
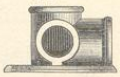


Fig. 241.



Fig. 239.



gegeben. Hierzu wird bemerkt, daß die Verbindungsstücke zu Fig. 238 und 239 für 6 bis 13 mm äußeren Durchmesser im Handel zu haben sind, während die ⊤Stücke vorrätig sind in nachstehenden Maßen:

10 × 6 × 6 mm	16 × 13 × 13 mm
10 × 10 × 10 mm	16 × 16 × 16 „
13 × 10 × 10 „	19 × 16 × 16 „
13 × 13 × 13 „	19 × 19 × 19 „

Die Verbindungsstelle für einen Wandarm zeigen die Fig. 242 u.

Fig. 242.

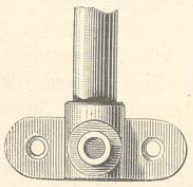
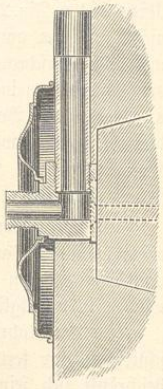


Fig. 242a.



242[a]. Das eiserne Leitungsrohr wird bündig mit dem Wandputz verlegt und ist in ein messingenes Winkelstück eingeschraubt, welches mit Ohren versehen und mit Holzschrauben befestigt ist. Eine

Rosette aus Messingblech oder Bronzeguß deckt die Verbindungsstelle bis auf den Zapfen des Winkelstückes, der aus der Rosette hervorsteht. An diesen Zapfen wird nachher die Wandlampe angeschraubt.

Es stellt ferner dar:

Fig. 243 eine Hinterbewegung mit Wandscheibe und Vierkant (ohne Hahn);

Fig. 243a eine dergl. ohne Scheibe;

Fig. 244 und 245 sind stehende Bewegungen mit und ohne Hahn;

Fig. 246 Koulissenhinterbewegung mit Flanschen und eisernen Gegenflanschen.

Fig. 243.

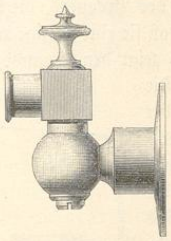


Fig. 243a.

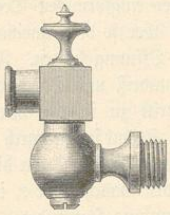


Fig. 244.

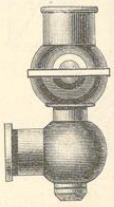


Fig. 245.

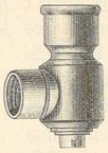
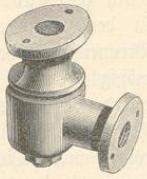


Fig. 246.



Bereits oben wurde bei Besprechung der Gasmesser auch der Absperrungs- und Regulierungshähne gedacht. Wir stellen nachstehend im Anschluß hieran die üblichsten Gashähne übersichtlich zusammen.

Es stellt dar:

Fig. 247 Haupthahn mit Hahnkappe und Muffe für Rohre von 10 bis 65 mm Durchmesser;

Fig. 247.

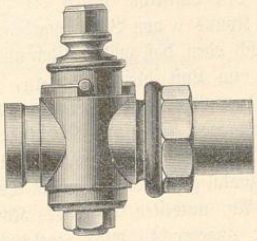


Fig. 248 Regulierungshahn mit Skala und Zeiger, D. = 19 bis 65 mm;

Fig. 249 Kniehahn (Hahn-Endstück für Messingrohr), D = 13 bis 16 mm;

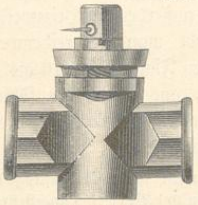
„ 250 Spitzhahn zu festem Schlüssel;

„ 251 Spitzhahn zu losem Schlüssel;

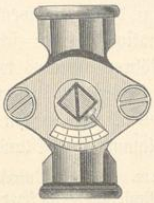
„ 252 Schlauchhahn mit festem Schlüssel und Außengewinde.

„ 253 Doppel-Schlauchhahn.

Fig. 248.



Seitenansicht.



Oberansicht.

Fig. 249.

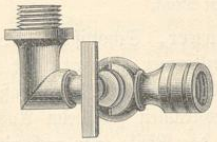


Fig. 250.

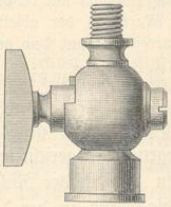


Fig. 251.



Fig. 252.

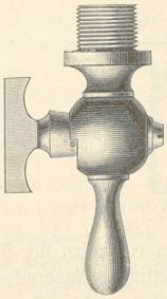
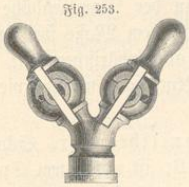


Fig. 253.



§ 9.

Die Brenner.

Man unterscheidet Brenner für offene Flammen, Flachbrenner oder Freibrenner, und solche für geschlossene Flammen, Rundbrenner, bei denen das Gas in einem Glascylinder eingeschlossen brennt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Brenner für offene Flammen.

1) Der Einlochbrenner oder Strahlenbrenner, Bougiesbrenner, ist eine kurze, cylindrische, mit kreisförmig durchbrochenem Deckplättchen versehene Röhre. Das Gas strömt aus einem runden Loche und die Flamme, die im Innern nicht genügend Luftzutritt hat, brennt mit schwacher Leuchtkraft. Einlochbrenner werden daher hauptsächlich nur für Nachtlämpchen, Zigarrenanzünder, Siegelleuchter u. dergl. angewendet, außerdem zu Heizzwecken. Zu Illuminationszwecken schraubt man sie reihenweise auf weite Röhren, oder es werden Figuren aus 10 bis 12 mm weiten Gasröhren gefertigt, aus denen die Flämmchen mit 1 bis 2 mm weiten Löchern brennen. Gasverbrauch einer Flamme pro Stunde circa 30 l.

Anm. Aus den Untersuchungen, welche im Auftrage der französischen Regierung durch Audouin und Berard[1]) angestellt wurden, geht hervor, daß die Leuchtkraft der Einlochbrenner mit der Weite der Öffnung zunimmt und bei derselben Öffnung mit dem Konsum wächst. Das Maximum der absoluten Leuchtkraft entspricht der größten Brenneröffnung und dem geringsten Druck.

2) Der Zweilochbrenner, Schottische Brenner (Fig. 254), auch Fischschwanzbrenner genannt, hat zwei schräg gestellte, so gegeneinander gerichtete Löcher, daß die entgegengesetzt gerichteten Gasstrahlen sich beim Austritt treffen und in der Richtung der Pfeile (also rechtwinklig auf die Ebene, in der die Löcher liegen) ausbreiten. Diese

Fig. 254.

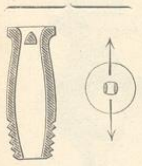
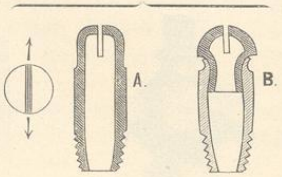


Fig. 255.



Brenner empfehlen sich für Straßenbeleuchtung, da sie bei veränderlichem Gasdruck nur geringen Schwankungen im Gaskonsum und in der Flammenhöhe unterworfen sind. Wegen der in reichlichem Maße stattfindenden Berührung der Flamme mit atmosphärischer Luft ist dieser Brenner geeignet für ein Leuchtgas, welches viel Kohlenstoff ausscheidet.

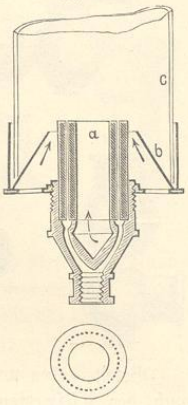
3) Der Schnittbrenner, Schmetterlingsbrenner, Fig. 255 A und B, ist mit einem Spalt oder Einschnitt im Kopf versehen und giebt eine breite, der Luft viel Fläche bietende Flamme von guter Leuchtkraft in Form eines Fledermausflügels (daher der Name Fledermausbrenner). Von sehr guter Wirkung sind auch die sogenannten „Hohlkopfbrenner“ (Fig. 255 B), bei denen sich das Brennerrohr am Kopfende erweitert; dieselben sind durch eine gleichmäßig starke, aber dünne Kugelschale abgeschlossen. — Diese Brenner mit weitem Kopf nennt man auch Kugelbrenner oder Globebrenner.

Anm. Schnittbrenner und Lochbrenner werden nach der Weite der Brennermündung in zehn verschiedene Nummern eingeteilt, und zwar wird die engste Nummer als Nummer 1 bezeichnet.

b) Rundbrenner.

Bei den in Glascylindern eingeschlossenen Brennern wird das Gas ringförmig verteilt (wie bei den sogenannten Argandlampen mit hohlem, cylindrischem Docht), man nennt sie daher „Argandbrenner“. Das Gas strömt aus der ringförmigen Deckplatte des Brenners, die Löcher liegen aber so dicht aneinander, daß sie eine einzige röhrenartige Öffnung bilden. Fig. 256 zeigt den Argandbrenner im Grundriß und Durchschnitt. Die Luft tritt zu in der Richtung der Pfeile, strömt innen durch den Hohlcylinder a und rings um die Flamme durch den Gascylinder c, in dem die Verbrennung stattfindet. Das Gas dagegen strömt aus dem Brennerrohr durch zwei gabelförmige Arme in den ringförmigen Raum des Brenners und sodann durch die gleichmäßig verteilten Löcher im Hohlcylinder a (einer doppelwandigen Porzellan-, Speckstein- oder Messingröhre) aus. Die Anzahl der Öffnungen in dem ringförmigen Deckplättchen beträgt 16, 24, 32 oder 40 und mehr; besonders empfehlenswert ist der 40-Lochbrenner, der bei geringem Druck eine ruhig brennende Flamme von heller Leuchtkraft liefert. Gewöhnlich wird der obere Teil des Brenners aus Speckstein hergestellt und auf dem unteren, aus Metall bestehenden Teile festgekittet; die Schlußplatte mit den Specksteinlöchern rundet man ab. Um den Luftstrom gegen die Flamme hinzulenken, ist der Konus b von Blech angebracht; er verengt sich so weit nach oben, daß zwischen ihm und dem Brenner nur 2 bis 3 mm Luft bleibt. Sugg, Silber u. a. haben den oberen Rand des Konus sogar noch stärker nach innen eingezogen, wobei der Konus selbstverständlich über den Rand des Brenners hinausragt und der Luftstrom fast horizontal gegen den untersten Teil der Flamme gelenkt wird. Am untersten Teile des Konus sind eine Anzahl Löcher angebracht, durch welche ebenfalls ein Teil des Luftstromes geht, der die Flamme erst oberhalb trifft.

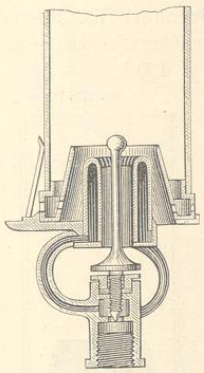
Fig. 256.



1) Annales de Chimie et de Physique, 3. Série, No. LXV.

Bei dem in Fig. 257 dargestellten Brenner von Sugg bleibt unter dem Cylinder eine Gallerie frei, durch deren Öffnungen Luft einströmt, die dem oberen Teile der Flamme zugeführt wird. Das Gas strömt nicht in der früheren Art (durch gabelförmige Arme) in den ringförmigen Brennerraum ein, sondern — nachdem es die kreisförmige Öffnung des Rohrdeckels passiert hat — in die drei bogenförmigen Zuleitungsrohre und sodann in den Brennerraum. Der Gaszufluß wird durch den verschieblichen Stift mit Gewinde und oberer kugelförmiger Endigung geregelt. Durch Heben oder Senken der Kugel läßt sich auch der Luftzutritt zur Innenfläche der Flamme regulieren, indem der früher cylindrische Kanal nunmehr in einen ringförmigen verwandelt und durch den Kopf des verschieblichen Stiftes der Luftstrom gegen die Flamme hingelenkt wird.

Fig. 257.



Einfluß des Gasdruckes auf die Brennerflamme.

Alle vorgenannten Brennerarten sind den bekannten Schwankungen im Druck des Gases unterworfen, welche teils dem Gasbehälter am Fabrikationsorte — der je nach der Tageszeit verschieden belastet ist — entstammen, anderenteils durch die verschiedene Flammenzahl an derselben Leitung hervorgerufen werden.

Anm. Der Druck des Gases wird mit dem Manometer gemessen und durch die Höhe einer Wassersäule in Millimetern ausgedrückt. Das einfachste Manometer ist eine zweischenklige Glasröhre, deren oberes Ende mit dem Gase in Verbindung steht, während das andere Ende offen und der atmosphärischen Luft zugänglich ist. Das Gas drückt auf das Wasser, mit welchem die Röhre bis zu einer gewissen Höhe gefüllt ist, und drückt dasselbe um ein gewisses Maß herunter, und andererseits um dasselbe Maß hinauf. Die Niveaudifferenz in Millimetern wird an einer Skala abgelesen und gilt als Maß für den Druck.

Bei Gas aus gewöhnlichen Steinkohlen soll der Druck vor dem Gasmesser etwa höchstens 16 mm betragen. Hiervon gehen verloren 3 bis 4 mm für die Bewegung im Gasmesser, ebensoviel in den Leitungen: demnach bleiben noch 8 bis 10 mm Druck an den Brennern, was vollkommen ausreicht, um offenen wie Argandbrennern eine volle Entwickelung der Leuchtkraft zu gestatten.

Zu starker Druck erzeugt das sogenannte Kochen, Zischen, Singen der Flammen, und am merkbarsten äußert sich der Wechsel im Gasdruck auf die Argandbrennerflammen, wie wir aus den Versuchen von Audouin, Berard u. a. ersehen können.

Wie nachstehende Tabelle zeigt, wurde das Maximum der Leuchtkraft = 100 Proz. für 0,7 mm weite Schnittbrenner bei 2,1 mm Gasdruck erreicht, während bei 0,3 mm Brennerweite nur 44 Proz. der Maximallichtstärke sich ergaben.

Schnittweite in mm	Druck in mm	Lichtstärke bei 100 l Gasverbrauch Normalkerzen	Prozente der Maximal-Lichtstärke
0,1	33,5	1,5	23
0,2	22,5	2,3	35
0,3	15,5	2,9	44
0,4	6,0	5,0	74
0,5	3,5	6,2	94
0,6	2,8	6,3	96
0,7	2,1	6,6	100
0,8	1,6	6,4	97
0,9	1,1	6,3	96
1,0	1,0	6,4	97

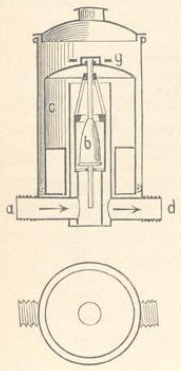
Beobachtet man den thatsächlichen Gasdruck, so übersteigt derselbe in den Gasleitungen in der Regel 25 mm und schwankt bis zu 45 mm aufwärts. Um daher den durch die Brennergattungen bedingten Druck zu erreichen und die unökonomische und unruhige Verbrennung zu verhindern, muß entweder konstant am Gashahn reguliert werden, oder es sind besondere Regulierungsvorrichtungen einzuschalten. — Statt dessen half man sich früher damit, daß man die Schnitte der Brenner möglichst eng machte, und so geschah es, daß bei 0,3 bis 0,4 mm Schnittweite und hohem Druck kaum 50 Proz. der normalen Lichtstärke erreicht und jahraus jahrein kolossale Gasmassen verschwendet wurden!

Um diesen großen Übelstand zu beseitigen, muß das Gas vor der Brennermündung auf einen **gleichmäßigen niederen Druck** gebracht werden, wofür verschiedene Apparate konstruiert worden sind, die man Druckregulatoren oder Druckregler nennt. Dieselben werden entweder dicht hinter der Gasuhr an der Leitung angebracht, und ihre Wirksamkeit erstreckt sich auf eine ganze Anzahl der zu speisenden Flammen, oder sie befinden sich direkt unter jedem Brenner. Die erstere Art der Regulatoren ist in ihrer Wirkung sicher, leicht anzubringen und zu handhaben und im Prinzip den von dem genialen Clegg eingeführten Gasanstalts- oder Distriktsregulatoren nachgebildet. Mit ihrer Anfertigung beschäftigen sich in Deutschland: S. Elster und J. Pintsch in Berlin, Riedinger in Augsburg, Faas in Frankfurt a. M.

a) Ein gewöhnlicher Druckregler ist in Fig. 258 dargestellt. Er besteht aus einer Gasbehälterglocke c,

welche in einen Cylinder eingeschlossen ist und sich in Leitrollen heben oder senken kann, und aus einem am Oberteil der Glocke angebrachten Konus b. Das Gas strömt ein durch das Zuleitungsrohr a, gelangt durch eine Öffnung, welche der Konus beim Aufsteigen verengt, in die Glocke c. Diese letztere wird aber gehoben, sobald der Gasdruck höher ist als das Gewicht der Glocke nebst Belastung g, und infolgedessen wird die Zuströmungsöffnung von dem mitgehobenen Kegel so lange verengt, bis der normierte Druck unter der Glocke hergestellt ist und das Gas durch das Rohr d nur mit dem verlangten Druck zu den Brennern strömt.

Fig. 258.



Anm. Solche Regulatoren sind u. a. bei den Straßenlaternen in Frankfurt a. O. von der Kontinental-Gasgesellschaft zu Dessau in Anwendung gebracht worden.

b) Die Regelung an den einzelnen Brennern bestand ursprünglich in der Einschaltung plötzlicher Verengungen und Erweiterungen des Röhrenquerschnittes kurz vor der Brennermündung, wobei diese selbst verändert, gewöhnlich aber erweitert wird. Die Wirkung äußert sich dadurch, daß zwischen der unteren Verengung und der oberen Erweiterung der Brennermündung das Gas sich ausdehnt, also mit geringerer Spannung aus der Mündung tritt.

Fig. 259.

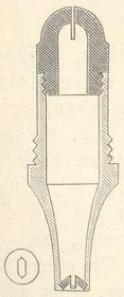


Fig. 260.

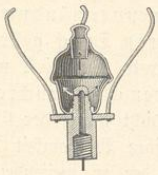


Fig. 261.

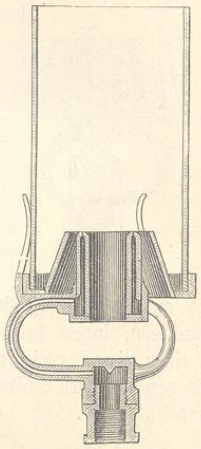


Hierher gehört Brönners Patentbrenner Fig. 259 (in Naturgröße). Die Verengung ist unterhalb durch eine Speckscheibe mit kleiner viereckiger Öffnung gebildet. Der oberhalb angeschraubte Schnittbrenner besteht aus gehärtetem Speckstein.

Es mag hier auch erwähnt werden der Globe- oder Kaiserbrenner, Fig. 260, bei welchem die Gasausmündung durch seitliche Öffnungen im Brennerkopf erfolgt. In dem stark erweiterten Hohlkopf dehnt sich das Gas erheblich aus und entweicht durch den eingeschraubten Speckstein-Schnittbrenner mit schwachem Druck.

Zu den offenen Brennern gehört endlich auch Brays Patentbrenner (Standard-Brenner) Fig. 261, mit bedeutender Kopferweiterung bei geringer Einlaßweite und für einen stündlichen Konsum bis zu 400 l.

Fig. 262.



Verbesserungen an den Argandbrennern, soweit solche die angemessene Regulierung des Luftzutrittes bezwecken, haben wir schon in Fig. 257 kennen gelernt. — „Suggs London-Argandbrenner Nr. 1" dient in London als Normalbrenner zur Prüfung des gewöhnlichen Gases und ist in Fig. 262 in halber Größe dargestellt. Diesem, wie den neueren verbesserten Sugg-Brennern, liegt das Prinzip zu Grunde, die Ausströmungs-Geschwindigkeit des Gases auf ein Minimum zu reduzieren. Bereits in dem patentierten Brenner Fig. 257 ist die gabelförmige Zuführung des Gases verlassen; statt der beiden weiten Zweigröhren sind nämlich drei enge Röhrchen angewendet von bedeutend geringerem Querschnitt als der Gesamtquerschnitt der 24 Ausströmungsöffnungen; letzterer beträgt 25 qmm für die Ausströmung gegen 10 qmm für die Zuführung.

Durch diese Regelung des Gaszuflusses wird der Druck des Gases nahezu auf Null gebracht, und das Gas strömt fast ohne Druck (nur infolge seines geringen Gewichtes) aus. Durch die gleichzeitige Regelung des Luftzutrittes bei entsprechend weiten Ausströmungsöffnungen ist aber auch die Lichtentwickelung bedeutend gesteigert, wie aus späteren Resultaten ersehen werden kann.

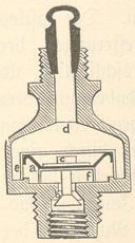
Flammenregler, Rheometer.

Vielfach werden die Argandbrenner mit besonderen Regulatoren versehen, wodurch jedes Stellen an den Hähnen unnötig wird. Sie erhalten ihren Platz dicht unter dem Brenner. Der innere Raum derselben wird durch eine bewegliche Zwischenwand in zwei Abteilungen zerlegt; nach der Natur dieser Zwischenwand unterscheidet man Membranregulatoren, Glockenregulatoren und Regulatoren mit beweglicher Metallscheibe.

Die ersten zweckmäßigen Regulatoren für Straßenlaternen wurden anfangs der sechziger Jahre von W. Sugg in London eingeführt. Fig. 263 stellt einen Membranen-

regulator mit seinem metallenen Gehäuse dar. Die dunkle Linie a repräsentiert die an einer Metallhülse e angebrachte Membran a; mit ihr ist ein Konus b und ein Blechuntersatz k verbunden. Bei eintretendem Gasstrom wird sich daher die Membran heben und durch den Konus b die Einströmungsöffnung verengen. Das Gas gelangt durch eine kleine Öffnung in e nach dem Raume d. Der resultierende Druck hängt von der Öffnung in e und dem Gewicht des Ventiles b ab, welches an der Membran hängt; es ist für 4 mm Druck gerichtet, kann aber nach Bedürfnis eingestellt werden. — Ist das Gewicht reguliert, dann strömt das Gas stets unter gleichem Druck zum Brenner und der Gaskonsum bleibt für denselben Brenner konstant.

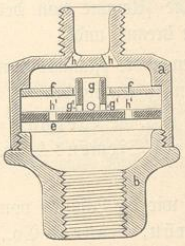
Fig. 263.



Der Rheometer von Giroud [1]) in Paris ist ein Glockenregulator. Hier ist nicht der Ausgangsdruck konstant, sondern das Gasquantum, welches durch die Öffnung der Glocken strömt. Dieser Apparat empfiehlt sich also für Laternen im Freien, die ohne Gasuhr brennen.

Als Beispiel der Regulatoren mit beweglicher Metallscheibe geben wir unter Fig. 264 M. Flürscheims [2]) Gaskonsum-Regulator für festen Konsum. (Deutsches Reichspatent Nr. 3092.)

Fig. 264.



Der Regulator besteht aus einem Cylinder a mit eingeschraubtem Boden b, in welchem die dicht eingepaßte Metallscheibe (oder Schwimmer) e sich frei auf und ab bewegen kann. Auf der Scheibe ist ein kleiner Rohrabschnitt g befestigt, welcher in der Öffnung einer zweiten, im Cylinder liegenden Scheibe f Führung hat. Beim Steigen des Druckes wird e vom Gas gehoben und dadurch der obere Rand von g dem Deckel des Cylinders genähert. Da das Gas durch zwei, für festen Konsum berechnete, Löcher h' h' in das Innere zwischen e und f, sodann nach dem Rohrabschnitt und von hier über den Rand von g nach dem Deckel des Cylinders a durch zwei seitlich zum Brenner führende Öffnungen h h gelangt, so verringert sich das durchpassierende Gasquantum offenbar in dem Sinne, wie die Kante von g sich dem Cylinderdeckel nähert, d. h. bei zunehmendem Druck, und vermehrt sich, wenn g (bei abnehmendem Druck) sich vom Cylinderdeckel entfernt. Dadurch bleibt also das dem Brenner entströmte Quantum konstant, einerlei ob der Druck steigt oder fällt.

Ein zweiter Patentregulator von Flürscheim ist für verstellbaren Konsum eingerichtet und eignet sich daher besonders für Straßenlaternen. Vergl. Patentschrift Nr. 3092.

1) Abbildung bei N. S. Schilling, Handbuch u. s. w., Fig. 333.

2) Eisenwerk Gaggenau (Baden). Vertreter für Deutschland sind Schäffer & Hauschner, Berlin.

Verbesserte Argandbrenner.

Außer der von Sugg eingeführten Zuleitung des Gases durch enge Zweigröhren zeigen die nachfolgenden Konstruktionen durchweg unterhalb des Brenners eine besondere Vorrichtung zum Regeln des Gasdruckes (Fig. 265 bei a); der Brenner ist weit und mit einer großen Zahl von Öffnungen versehen und in der Mitte über der ringförmigen Speckstein- oder Messingröhre sitzt die Brennerscheibe c. Dieser Argandbrenner ist bekannt als 25-Kerzen-Intensivbrenner mit Regelung.

Fig. 265.

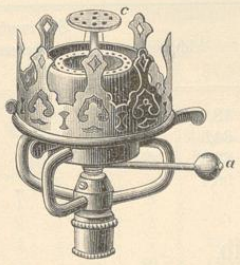


Fig. 266.

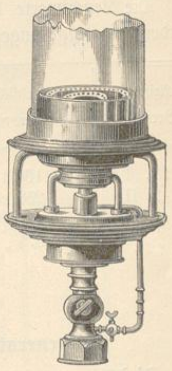
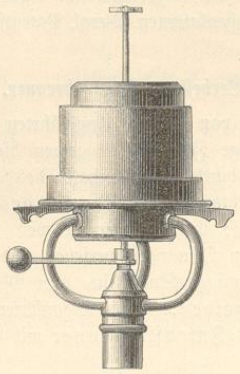


Fig. 266 stellt den Germania-Zwei-Ringbrenner mit Hahn und abstellbarer Zündflamme dar. Dieser Brenner entwickelt eine Leuchtkraft von 72 Hefner-Licht. Das Gas tritt hier durch eine äußere, doppelwandige Messingröhre aus, in welcher konzentrisch mit hinreichendem Zwischenraum der innere doppelwandige Argandbrenner sitzt. Der Gasstrom wird jedem der beiden Brenner durch zwei schwache Rohre zugeführt; die zur Verbrennung erforderliche Luft tritt von unten her in den Zwischenraum der konzentrischen Röhren und bestreicht aufsteigend die Außenflamme sowohl wie die Innenflamme bei hoher Temperatur, was gesteigerte Leuchtkraft der Verbrennungsgase hervorruft.

Der Präzisionsbrenner von Friedrich Siemens & Co. mit Regelungsvorrichtung ist in Fig. 267 dargestellt; (Lichtstärke 38 Hefner-Licht). Diese Argand-

brenner geben bei gesteigerter Gaszufuhr und entsprechender Konstruktion einen erheblichen Mehrgewinn an Leuchtkraft.

Fig. 267.



Die Leuchtwerte der Präzisions-Brenner Nr. 1 bis 4 werden wie folgt angegeben:

Präzisions-Brenner	Stündlicher Gasverbrauch	Lichtstärke	Verbrauch pro Hefner-Licht
Nr. I	160 l	18,6 Hefner-Licht	8,6 l
„ II	250 „	34,9 „	7,17 „
„ III	450 „	63,9 „	7,04 „
„ IV	675 „	96,4 „	7,00 „

§ 10.

Regenerativ-Gasbeleuchtung. [1]

Dieselbe verdankt ihre Entstehung der Generator-Feuerung mit vorgewärmter Luft und beruht auf demselben Grundsatz wie diese. Zwar hatte schon Faraday im Jahre 1819 auf die Vorteile der Vorwärmung aufmerksam gemacht, auch Chaussenot einen Brenner mit Vorwärmung konstruiert; dieser hat jedoch praktisch keine rechte Bedeutung erlangt.

Im Jahre 1879 brachte sodann Fr. Siemens in Dresden seine erste Lampenkonstruktion zur Durchführung; er schrieb der Flamme und der Luft ihren genauen Weg vor und sagte sich von den Regeneratoren aus Glas (System Chaussenot) los. Sein Regenerator umschloß nun das Rohr, durch welches die Verbrennungsgase abziehen und die Flamme wurde von einer unterhalb angeordneten weiten Glaskugel umschlossen. Der rastlos fleißige Mann gelangte rasch zu Verbesserungen der Brennerformen, welche jahrelang fast ausschließlich als Regenerativ-Brenner Anwendung gefunden haben und dem Gase den Weg erschlossen, mit der elektrischen Beleuchtung erfolgreich konkurrieren zu können. Denn durch einen einzigen Brenner ließen sich nunmehr Lichtquellen bis zu 700 Normalkerzen ermöglichen! Engler (Journ. f. Gasbeleuchtung 1883) fand sogar, daß der Nutzeffekt der Regenerativ-Brenner L doppelt so groß war, als derjenige der gewöhnlichen Beleuchtung mit Schnittbrennern. Zwar waren die Siemens-Lampen in ihrer Erscheinung nicht schön, auch theuer, aber sie bildeten damals wegen ihrer Eignung zur Erleuchtung größerer Plätze einen wichtigen Fortschritt im Beleuchtungswesen.

Die den Siemens-Lampen anhaftenden Mängel wurden dann durch bessere Konstruktionen ersetzt, der Regenerator nach oben verlegt und die ursprünglich frei brennende Flamme in eine Glaskugel eingeschlossen. Die so gewonnene Form bildete nun die Grundlage für die in den Handel gebrachten Regenerativ-Brenner, welche in zwei Klassen zerfallen, nämlich in:

a) Außenbrenner, bei denen die Flamme von der Mitte nach dem äußeren Rande brennt, und

b) Innenbrandlampen, bei denen die Flamme von außen her nach der Mitte hereingezogen wird.

Zu den Außenbrennern gehören u. a. die Wenham-Lampe, die Außenbrandlampe von Friedr. Siemens & Co. und die Delhaise-Lampe.

Von Innenbrandlampen nennen wir die Lampen von Siemens & Co., Butzke, Seegrün, Röhr & Co., Bergers Helios-Lampe und die Sylvia-Lampe, endlich die Regina-Lampe von Schülke, Brandholt & Co.

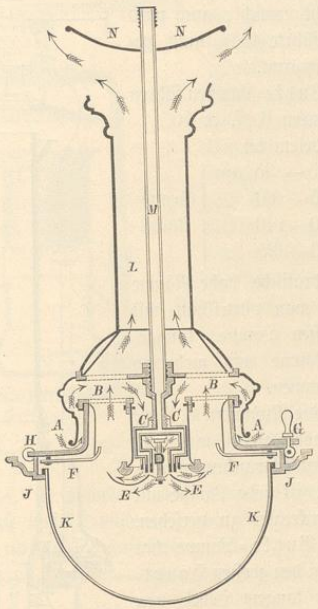
I. Die Wenham-Lampe.

Das Wesen der Regenerativ-Lampen beruht, wie erwähnt, auf der Zuführung nicht kalter, sondern auf dem Wege zur Flamme stark erhitzter (frischer) Luft. Dieselbe tritt in Fig. 268 bei A A unter dem gebogenen Metallmantel in den Zwischenraum B B, durchströmt die entsprechenden Fächer des Vorwärmers, gelangt nach C C, um den im Durchschnitt unterhalb C sichtbaren Brennerkörper und demnach den in der Richtung der Pfeile austretenden schüsselähnlichen Strom der Verbrennungsgase von außen und innen zu umhüllen. Die Verbrennungsluft steigt dagegen von E E aufwärts, durchdringt die

1) Vor Bekanntwerden der Regenerativ-Beleuchtung hat man zur Erhöhung der Leuchtkraft des Gases vielfach auch die Albocarbon-Beleuchtung angewandt. Das Carburieren des Gases wurde verschiedentlich versucht; aber die rasche Verbreitung der Regenerativ-Beleuchtung setzte jenen Bestrebungen so schnell ein Ziel, daß die Carburierung des Gases eine allgemeine Anwendung nicht fand. Aus diesem Grunde dürfte für die Ziele dieses Buches eine bloße Erwähnung dieser, bereits im § 6 berührten Methode genügen. D. Verf.

korrespondierenden Fächer des Mantels und gelangt, nachdem sie ihre Hitze an den Vorwärmer abgegeben hat, in den Schornstein L und aus diesem (durch den Blaker N N

Fig. 268.



abgelenkt) in den Beleuchtungsraum, wo sie sich der übrigen Luft beimischt. Eine besondere Abführung der Verbrennungsgase ist selten erforderlich, läßt sich aber mit den Doppelregenerativ-Brennern in einfachster Weise verbinden.

Fig. 270.

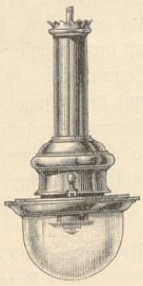


Fig. 269.

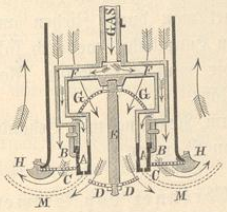


Fig. 269 zeigt die Anordnung des Brenners der Wenham-Lampe im größeren Maßstabe. Hierbei bezeichnet der Buchstabe A den Speckſteinbrenner, B den Brennerhalter, C den ſiebförmigen Boden, D ein an den Meſſingſtift E angeſchraubtes durchlochtes Plättchen, F den Brennerkörper, G die ſiebförmige Kuppel, H iſt ein Eiſenring mit Bajonettverſchluß, K (Fig. 268) die kugelförmige Glasglocke, ohne welche die Lampe nicht brennen kann.

Fig. 270 giebt die einfache Form der Wenham-Lampe für Räume, welche nur eine allgemeine Rundbeleuchtung erfordern. Für Comptoire, Leſezimmer u. dergl. tritt ein Opalglas-Strahlſchirm hinzu.

Die Vorzüge der Wenham-Lampe beſtehen darin, daß der Gashahn keine peinliche Nachregelung erfordert. Beim Anzünden wird nämlich der Haupthahn voll geöffnet und bleibt in dieſer Stellung ſtehen, ſo lange die Beleuchtung dauert. Schließt man den Haupthahn, ſo entzündet ſich eine kleine Zündflamme; beſondere Wartung iſt alſo nicht nötig. Weitere Vorteile ſind: größere Helligkeit, bedeutende Gaserſparnis, vollſtändig weißes Licht, vierfache Leuchtkraft im Verhältnis zu gewöhnlichen Brennern.

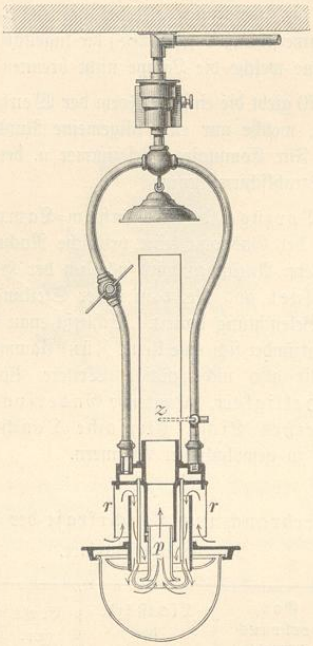
Gasverbrauch und Leuchtkraft der Doppel-Regenerativ-Brenner.

Brenner Nr.	Gasverbrauch ſtündlich in Litern	Pfg.	Lichtſtärke des Brenners Normalkerzen	Hefner-Licht	Erſetzt gew. Gasflammen	Genügt für eine Bodenfläche von Meter im Quadrat
1	200	3	50	62	3	4
2	300	5	80	96	5	6
3	400	7	120	144	8	7
4	600	10	180	216	12	9
5	1000	16	300	360	20	15

II. Siemens' invertierter Regenerativ-Brenner.

Bei dem in Fig. 271 dargeſtellten Einwärtsbrenner von Siemens ſtrömt das Gas aus einzelnen, kreisförmig geordneten Brennerröhrchen um die Kante eines Porzellancylinders p herum und zieht durch die Eſſe im Centrum ab. Die Verbrennungsluft wird in dem über der Flamme angebrachten Regenerator r r vorgewärmt. Die Umbiegung der Flamme um den Cylinder p bewirkt eine innige Miſchung des Gaſes mit der Luft: es iſt daher die Flamme blendend weiß. Die Entzündung der Flamme geſchieht mittels des in die Eſſe hineinragenden Zündflämmchens. Die Lampe wird in vier Größen für 320 bis 1245 l Gasverbrauch hergeſtellt. Der Siemens'ſchen Lampe ſehr ähnlich iſt die ſogenannte Sylvia-Lampe, auch die Weſtphal-Lampe von Breymann in Berlin gehört in dieſe Klaſſe.

Fig. 271.



Gasverbrauch und Leuchtkraft der invertierten Regenerativ-Brenner sind aus nachstehender Tabelle zu ersehen.

Brennergröße	Gasverbrauch Liter	Leuchtkraft in Hefner-Licht nach horizontaler Richtung	Leuchtkraft in Hefner-Licht nach vertikaler Richtung
J.-Nr. 3	320	58,7 H.-L.	81,4 H.-L.
„ „ 4	465	107 „ „	158 „ „
„ „ 7	760	174 „ „	267 „ „
„ „ 11	1245	260 „ „	429 „ „

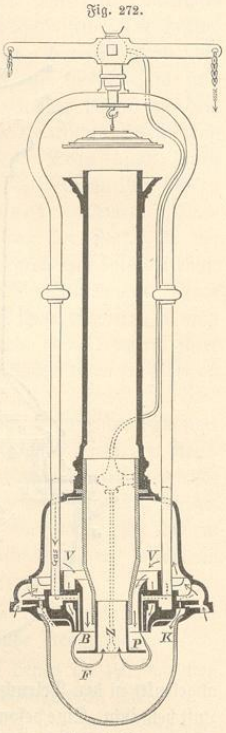
Der Minimalabstand der Flamme von der geputzten Rohrdecke muß 65 cm betragen; das Gasrohr, an welches der Anschluß erfolgt, soll 10 mm im Lichten weit sein. Der Brenner kann ohne Öffnung des Glockenverschlusses entzündet werden; andernfalls hängt man die Lampe so, daß der Verschlußwirbel $2^1/_4$ bis $2^1/_2$ m über Fußboden, d. h. von einem Stuhle erreichbar liegt.

III. Der Butzke-Brenner.

(Patent Westphal.)

Derselbe ist dargestellt durch Fig. 272. Das Gas entströmt hier dem Ringbrenner B, der von einer Glasglocke umhüllt wird. Die Gasflamme F umspült den Teller P und entsendet die Verbrennungsgase in den Schlot, welcher die in den Vorwärmer V V seitlich eindringende Frischluft erwärmt. Die Zündung erfolgt mittels einer kleinen Zündflamme Z. Eine vollständige Vorwärmung wird dadurch leider nicht erreicht, auch wird das zugeführte Gas nicht genügend erwärmt.

Fig. 272.



Die Butzke-Lampen führen die Nummern 6, 7, 9, 10.

Es beleuchtet

Nr. 6 25— 35 qm
„ 7 35— 80 „
„ 9 80—140 „
„ 11 140—225 „

} Grundfläche.

Quadratische, hohe Räume beleuchtet man vorteilhaft mit einer großen Lampe, langgestreckte Räume mit mehreren kleinen Lampen.

Für die Nummern 6, 7, 9 ist der Gaseinlaß 10 mm i. L. Um die Druckschwankungen auszugleichen, ist jede Lampe mit einem Druckregler zu versehen.

Die Butzke-Lampe hat zwei Hähne, den großen Haupthahn mit langem Hebel, von dessen beiden Enden Ketten herabhängen, an welchen je ein Ring mit den Buchstaben A resp. Z befestigt ist, und ein Zündflammenhahn mit kurzem, am Ende umgebogenem Hebel. Der Haupthahn ist geschlossen, wenn der Ring mit Z möglichst weit herabgezogen ist; der Zündhahn ist bei wagrechter Stellung geschlossen. Um die Lampe zu entzünden, öffnet man erst den Zündflammenhahn und steckt die Zündflamme an. Brennt diese, so öffnet man durch Ziehen an der Kette mit dem Ringe A den Haupthahn, wodurch sich die Leuchtflamme entzündet, die man mit halber Flamme 2 bis 3 Minuten brennen läßt.

Ähnlich in äußerer Form, Regelung und Behandlung ist die Helios-Lampe von Berger.

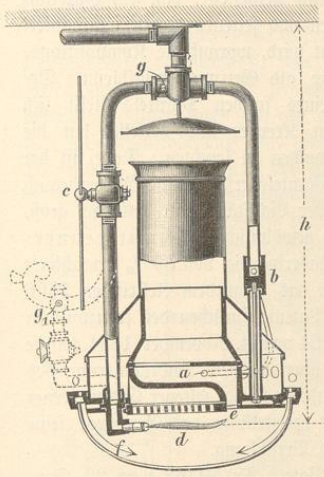
IV. Regenerativ-Flachbrenner von Siemens.

Dargestellt in Fig. 273.

Hier breitet ein Schnittbrenner f seine fächerähnliche Flamme unter einem Vorwärmer aus, dessen emaillierte untere Abschlußplatte durchlöchert ist. Durch die Schlitze der Platte wird dem Gase vorgewärmte Luft zugeführt, während die Verbrennungsprodukte, den Vorwärmer um-

spülend, in einen metallenen Schlot entweichen. Die Flamme ist nach unten hin durch eine schüsselförmige Glasglocke umschlossen; dadurch, daß ihr durch kleine Bohrungen im Rande frische Luft zuströmt, wird dieselbe vor dem Zerspringen geschützt. Eine kleine Zündflamme a muß vor Öffnung des Hahnes entzündet werden. Die Lampe wird in drei Größen zu 105, 220 und 500 l stündlichem Konsum hergestellt. In letzterem Falle besteht die Anordnung aus drei Schnittbrennern, welche von der Peripherie unter einem Winkel von 120° gegen das gemeinsame Centrum brennen. Die Lampe sendet ihre Lichtmenge am stärksten vertikal abwärts, sie erfordert einen Gasdruck von 14 mm. Gasverbrauch und Leuchtwerte (auf Dresdener Gas bezogen) sind nachfolgend zusammengestellt.

Fig. 273.



Schnittbrenner	Stündlicher Gasverbrauch	Lichtstärke	Verbrauch pro Hefner-Licht
Nr. 1 einflammig	105 l	30,2 Hefnerlicht	3,48 l
„ 2 „	220 „	93,0 „	2,37 „
„ 3 dreiflammig	500 „	188,0 „	2,66 „

V. Regenerativ-Glanzlicht-Lampe „Regina".

System Schülke, Brandholt & Co.

Fig. 274 stellt den Vertikalschnitt der Regina-Lampe dar, und zwar bezeichnet a den Regenerator im Vertikal-, unterhalb im Horizontalschnitt; b einen Sturz aus Nickelblech mit Asbestumhüllung und strahlenförmigen Ausbauchungen, in welchen sich die zuströmende Frischluft erwärmt, während die Abzugsgase durch den Verteiler d gespalten und auf der Rückseite der Rippen in den Schornstein e geführt werden, f ist der äußere Metallmantel, g die Glasglocke, h die Verschraubung mit Brennergewinde, i die Regulierschraube.

Sobald die Flamme angezündet ist, was direkt durch den Schornstein oder durch Abheben des Vorwärmers geschieht, steigen die Verbrennungsgase, wie die Pfeile andeuten, in die Falten des Vorwärmers a, geben ihre Hitze dort ab und gelangen durch diesen und den Schornstein ins Freie. Die kalte Luft tritt durch die Löcher x x des Metallmantels ein, steigt aufwärts über den Bord der Asbestbekleidung b und dann — dem Auftrieb der Verbrennungsgase nachstrebend — in die Glasglocke zur Flamme. Auf ihrem Wege zur Flamme bestreicht sie die

Fig. 274.

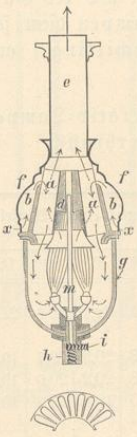
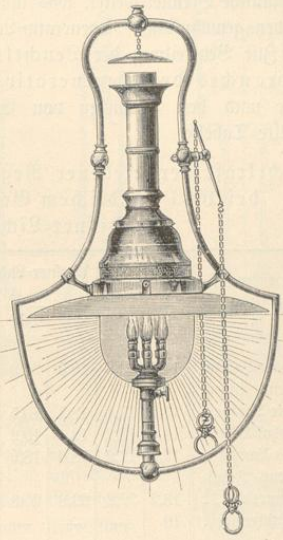


Fig. 275.



glühenden Fächer des Faltenrohres a und nimmt so eine Temperatur an, welche der des glühenden Metalles nahe kommt. Der Wärmeaustausch findet sehr schnell statt, da die Berührungsfläche relativ groß ist.

Fig. 275 stellt die äußere Ansicht der Regina-Lampe, Modell XV vor. Die Lampenlyra ist für Nr. 4 der Tabelle 76 cm hoch, 46 cm breit.

Die nachstehende Tabelle giebt die Größennummern, den Gasverbrauch und die Lichtstärke der Regina-Lampen an.

Größennummer der Regina-Lampe	Gasverbrauch pro Stunde in Litern	Gasverbrauch pro Stunde in Pf.	Lichtstärke in Hefner-Licht	Beleuchtet ein Quadrat, dessen Seite ist:	Höhe der Flamme über dem Fußboden
1	120	1,9	36	2—2,5 m	1,8—2,8 m
2	160	2,5	48	3—3,5 „	
3	210	3,3	78	4—5 „	
4	375	6	120	6—8 „	2,5—3,5 „
5	550	8,8	190	8—10 „	3,2—4,0 „
6	750	12	275	10—11 „	4,0—4,5 „
7	1000	17,6	420	12—15 „	4,5—6,0 „
Ein gewöhnlicher Argandbrenner	200	3,2	24		
Ein Schnittbrenner	150	2,4	12		

Die Lichtstärke der Regina-Lampe ist daher doppelt so groß als diejenige der gewöhnlichen Argandbrenner und viermal so groß als die der Schnittbrenner. Als besonderer Vorteil ist hervorzuheben, daß die Lampe von Schülke an Stelle jedes gewöhnlichen Brenners auf Gaskronen, Wandarme u. s. w. aufgeschraubt werden kann.

Bei Bruch der Glocke brennt die Lampe wie jeder gewöhnliche Brenner weiter, was ihr einen großen Vorzug vor den gewöhnlichen Regenerativ-Lampen giebt.

Zur Beurteilung der Leuchtkraft und des Gasverbrauches der Regenerativ-Lampen dient folgende nach den Versuchen von E. Schilling[1]) aufgestellte Tabelle.

Leuchtkraft verschiedener Regenerativ-Lampen bei 100 l stündlichem Gasverbrauch in Hefner-Licht.

Bezeichnung der Lampe	Leuchtkraft (Hefner-Licht) unter einem Winkel von							
	0°	35°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Wenham-Lampe	14,0	19,3	19,3	20,9	21,4	22,4	22,5	22,8
Siemens invertierte Lampe .	15,9	17,4	18,1	19,5	19,8	20,3	19,7	19,6
Westphal-Lampe	14,4	17,2	18,5	19,2	19,8	20,2	20,0	19,7
Sylvia-Lampe .	12,9	17,2	18,0	18,9	19,5	19,6	19,3	19,0
Siemens Flachbrenner	13,2	22,2	23,8	25,8	27,4	28,0	28,1	28,5
Schnittbrenner .	10	—	—	—	—	—	—	—

Die angegebenen Zahlen gestatten aber auch einen unmittelbaren Vergleich der Lampen, wenn man den Schnittbrenner = 1 setzt. So ist z. B. der Nutzeffekt unter 50°

für Schnittbrenner horizontal . . . . . = 1,00
Wenham-Lampe unter 50° . . . . . = 2,09
Siemens' invertierte Lampe unter 50° . = 1,95
Westphal-Lampe unter 50° . . . . . = 1,92
Sylvia-Lampe unter 50° . . . . . = 1,89
Siemens' Flachbrenner unter 50° . . = 2,58

§ 11.
Gasglühlicht.

Die erste Kunde von der Erfindung des Chemikers Dr. Auer von Welsbach brachte die Nr. 2 der Zeitschrift „Pharmaceutische Post" vom Jahre 1896 mit folgenden Worten:

> Das Prinzip des neuen Incandescenz-Lichtes beruht darauf, in der Flamme des von Dr. Auer verbesserten Bunsen'schen Brenners mittels Platindraht einen Mantel (Cylinder) glühend zu erhalten, welch' letzterer ungefähr dem Kalkcylinder des Drummond'schen[1]) Lichtes entspricht. Die chemische Zusammensetzung dieses Mantels ist Geheimnis des Dr. Auer. Der Mantel wird dadurch hergestellt, daß ein Gazestoff mit gewissen Salzen und seltenen Erden imprägniert und dann verbrannt wird, worauf die Kompositionsmasse in der Gaze als Gerippe zurückbleibt. Der Selbstkostenpreis eines solchen Mantels stellt sich ungefähr auf einen Kreuzer und derselbe hat die Fähigkeit, 1000 Stunden zu leuchten. Dabei ist der zur Erhitzung des Mantels erforderliche Gasverbrauch zur Erzielung gleicher Lichtstärke nur halb so groß, als derjenige einer gewöhnlichen Schnittbrennerflamme, also eine Gasersparnis von 50 % erreichbar; im Aussehen gleicht das Licht dem elektrischen Licht.
>
> Erst aus den Patentansprüchen des französischen Patentes Nr. 172 064 vom 4. November 1884 wurde genaueres bekannt über die zur Imprägnierung des Glühkörpers verwendeten Oxyde seltener Erden, ferner über die Form und Herstellung des Gewebes, seine Imprägnierung und Veraschung.
>
> Das deutsche Patent Nr. 39 162 vom 23. September 1885 stellt die von Dr. Auer gegebenen besten Zusammensetzungsverhältnisse der Mischungen für weißes und gelbes Licht fest, die hier übergangen werden können. Außer dem obigen Hauptpatent hat Dr. Auer im Jahre 1886 noch das umstrittene deutsche Zusatzpatent Nr. 41 945, das die Regenerierung der Glühkörper betreffende Zusatzpatent Nr. 44 016 vom 20. Januar 1887 und das dritte Zusatzpatent Nr. 74 745 erworben.

Die weiteren Entwickelungsstadien der Gasglühlichtbeleuchtung, wie solche sich nach dem Bekanntwerden der Auer'schen Erfindung vollzogen haben, werden wir nunmehr technisch erläutern.

Das Auer'sche Verfahren zur Herstellung von Glühkörpern für Incandescenzbeleuchtung verläuft wie folgt:

1. Es werden Nitrate von seltenen Erden aus dem Rohmaterial, nämlich dem Monazitsand, früher dem Thorit, Gadolinit u. s. w. gebildet;
2. dieselben werden in Lösung gebracht;
3. mit der Lösung werden verbrennliche Gewebe aus Baumwollenfaser imprägniert und
4. die so imprägnierten Gewebe mittels der Bunsenflamme „verascht", wodurch das Baumwollengewebe verbrannt und die gelösten Nitrate zu Oxyden umgebildet werden. Das zurückbleibende Skelett bildet den Auer'schen Glühkörper. Derselbe zeigt unter dem

1) Neuerungen auf dem Gebiete der Erzeugung und Verwendung des Leuchtgases. München 1892. Seite 103.

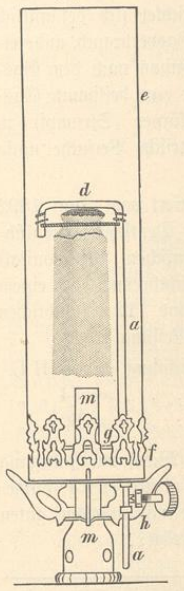
1) Vergl. § 6 (Erhöhung der Leuchtkraft des Gases).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Mikroskop die innere und äußere Struktur des früheren Gewebes, auf welchem die Salze der seltenen Erden sich in höchst feiner, mikrokristallinischer Verteilung abgelagert haben und das Gewebe umhüllen.

Um diese bahnbrechende Erfindung auch gewerblich verwertbar zu machen, war es nötig, einen zu diesem Zweck geeigneten Brenner zu konstruieren, da die bisher bekannten Bunsenröhren sich fast gar nicht hierzu eigneten. Der alte Bunsenbrenner mit glattem Mischrohr, welchen Dr. Auer v. Welsbach bei Entnahme seiner Patente im Auge gehabt hatte, litt nämlich an dem Übelstande, daß die Flamme ein knatterndes Geräusch verursachte. Außerdem gestattet derselbe nur die Verwendung kleinerer Glühkörper als die jetzt im Handel befindlichen. Ein fernerer Übelstand war, daß die heißeste Zone der Flamme etwa 1 cm über der Brennermündung lag.

Fig. 276.



Infolgedessen war man gezwungen, den Glühkörper erst in dieser Höhe über der Mündung des Brennerrohres m, Fig. 276, aufzuhängen, so daß derselbe frei darüber „pendelte". Bei zufälligen Erschütterungen schwankte dann der Glühkörper aus dem Flammenmantel heraus und wurde von der Bunsenflamme nur einseitig berührt, weshalb das Licht des Glühkörpers bald heller, bald dunkler erschien.

Eine weitere Forderung der Technik war sodann die: trotz geringen Gasverbrauches den Leuchteffekt, gegenüber den bisher gebräuchlichen Argandbrennern, zu erhöhen. Dies ließ sich nur durch eine größere Oberfläche des Glühkörpers erreichen. Dazu waren aber die bisherigen Bunsenbrenner keineswegs geeignet, man mußte daher nach anderen Mitteln suchen.

Zunächst wurde der Versuch gemacht, die Brennermündung mit Einsätzen von verschiedenem Querschnitt zu versehen, wie solche in den Fig. 277 bis 279 dargestellt sind. Diese Brennerkonstruktionen hatten zwar den Erfolg, daß das lästige Geräusch während des Brennens verschwand, aber die Ausbreitung der Flamme war noch nicht hinreichend groß, um Glühkörper von größerer Mantelfläche zur Anwendung zu bringen. Dies wurde erst ermöglicht durch Einführung des neuen, der Firma Julius Pintsch durch Reichspatent Nr. 43991 vom Juli 1888 geschützten Brenners, den Fig. 280 im Vertikalschnitt zeigt. Das Brennerrohr A trägt eine Erweiterung o, auf welche eine sternförmige Scheibe aufgesetzt ist, die einen

Fig. 279.

Fig. 277. Fig. 278.

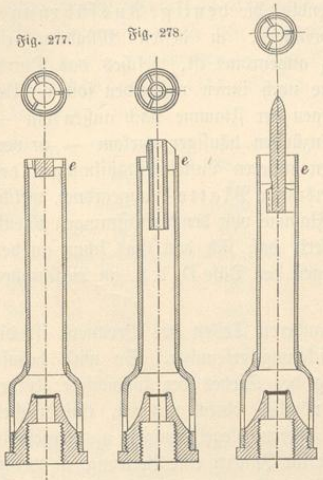
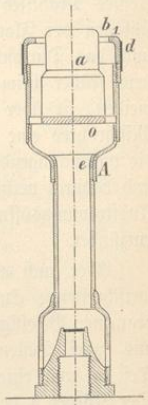
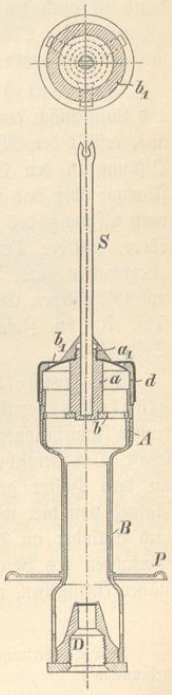


Fig. 280.



festen Körper a aus Speckstein trägt. Letzterer ist durch eine mit Flansch b_1 versehene Kapsel d umkleidet. Durch diesen erweiterten Brennerkopf wird die Flamme gegenüber älteren Brennerkonstruktionen bedeutend ausgebreitet und deren heißeste Zone nach der Peripherie der Brennermündung verlegt. Ein weiterer Vorteil ist, daß man den Glühkörper über den Brennerkopf ziehen kann, wodurch demselben an seiner unteren Kante ein zweckmäßiger Stützpunkt gegeben wird. Endlich wird die Flamme durch den Flansch b_1 entsprechend eingeschnürt, so daß der Glühkörper schon von der oberen Brennerkante an ins Glühen kommt und die Form und Oberfläche der Flamme möglichst mit derjenigen des Glühstrumpfes zusammentrifft.

Fig. 281.



Mittels dieser Brenner, welche nunmehr die Anwendung größerer Glühkörper gestatteten, wurde bei einem Gasverbrauch von circa 100 bis 110 l per Stunde ein Lichteffekt von 70 bis 80 Hefner-Licht erzielt. Gegenüber den Argand-

brennern, welche bei einem stündlichen Gasverbrauch von 250 l eine Leuchtkraft von nur 30 Hefner-Licht ergaben, liegt hierin ein gewaltiger, volkswirtschaftlicher Fortschritt.

Fig. 281 zeigt endlich die heutige Ausführungsform des Auerbrenners, in dessen Mündung ein kleines Drahtsieb b_1 angeordnet ist, welches das Durchschlagen der Flamme nach innen vermeiden soll.[1]) Um auch das Durchschlagen der Flamme nach außen hin — was früher beim Anzünden häufiger vorkam — zu vermeiden, ist über den unteren Lufteintrittsöffnungen des Mischrohres eine kreisrunde Platte P angeordnet, welche die durchschlagende Flamme von den Luftöffnungen ablenkt und dadurch verhindert, daß sich das Gas schon an den Ausströmungsöffnungen der Düse D, d. h. im Mischrohre, entzündet.

Aber auch an anderen Teilen des Brenners ist die fortschreitende Entwickelung erkennbar. So wird behufs bequemer Befestigung des Siebes der konoidische Körper aus zwei Teilen, nämlich einem unteren, cylindrischen Teil a und einem oberen, kegelförmigen a_1 hergestellt. Der Körper a besitzt im Innern eine Bohrung, in welche eine Stange aus Magnesia oder Schiefer hineingesteckt wird, dieselbe dient als Träger des Glühstrumpfes. Hierdurch ist auch die seitliche Aufhängung des Glühkörpers — welche Fig. 276 zeigt — verlassen und in eine centrale umgewandelt worden.

Beim Entzünden der Glühkörper tritt das Gas und Luftgemisch durch das Sieb b_1 (Fig. 281) unter Druck aus, erfüllt den Glühkörper und strömt durch dessen obere Öffnung in den Cylinder. Hält man nun eine offene Flamme über das obere Ende desselben, so entzündet sich, nach Öffnung des Gashahnes, der Gasstrom, wobei der obere, stärkere Teil des Strumpfes den ersten Anprall auszuhalten hat. Die Ansicht eines Gasglühlichtbrenners mit Glühkörper, Cylindergallerie und Glascylinder ist auf Taf. 70 im Zusammenhange dargestellt (vergl. § 13, Seite 356).

Die Herstellung von Glühkörpern für Gasglühlichtbeleuchtung bildet neuerdings einen bedeutenden Fabrikationszweig der Deutschen Gasglühlicht-Gesellschaft. Das Veraschen der Glühkörper und deren Befestigung an dem Halter geschieht lediglich in den Räumen der Fabrik, von hier werden sie mit dem zugehörigen Brenner und Cylinder an die Konsumenten geliefert. — Auf das Verfahren des Veraschens und Befestigens der Glühkörper näher einzugehen, ist hier nicht der Ort.

1) Diese Wirkung eines Metallgewebes auf brennbare Gase ist bekanntlich in der Davy'schen Sicherheitslampe benutzt.

Anm. Es verdient Erwähnung, daß die Auer'sche Erfindung den Anstoß zu einer ungezählten Menge von Vorschlägen und Erfindungen gegeben hat, welche alle die „Konstruktion des Brenners" betreffen. Es kann nicht die Rede davon sein, auch nur die bemerkenswertesten dieser Erscheinungen hier in Betracht zu ziehen. Trotz der mancherlei in Vorschlag gebrachten Konstruktionsmethoden hat doch Auer nur es verstanden, ein Gasglühlicht zu schaffen, welches von einschneidender Bedeutung ist. In dieser Beziehung wird auf die schon im Eingange dieses Kapitels erwähnte Broschüre von Wilhelm Gentsch[1]) verwiesen.

§ 12.

Leuchtkraft des Auer'schen Gasglühlichtes.

Die Flamme eines Brenners richtet sich bekanntlich bei bestimmtem Gasdruck nach dem Gasverbrauch, andererseits aber auch bei konstantem Gaskonsum nach dem Gasdruck. Um die beste Kombination für eine bestimmte Gassorte und den Auer'schen Glühkörper (Strumpf) zu bestimmen, sind gründliche photometrische Versuche nötig gewesen.

Einer der frühesten Versuche datiert vom Juni 1892 und ist angestellt auf Ansuchen der Deutschen Gasglühlicht-A.-G. in der physikalisch-technischen Reichsanstalt in Charlottenburg mit einem Glühlichtbrenner bei einem Gasdruck von 34 mm Wassersäule und 112 l stündlichen Gasverbrauch. Die photometrische Messung ergab:

eine mittlere Leuchtkraft in horiz. Richtung = 66 H L.
die größte Lichtstärke betrug . . . . . = 74 „ „
die niedrigste . . . . . = 60 „ „

Nachstehende von Fähndrich (Wien) im Jahrgang 1892 des Journals für Gasbeleuchtung mitgeteilte Tabelle giebt einige Vergleiche mit anderen guten Gasbrennern. Nach Fähndrich beträgt:

Brennergattung		Stündlicher Gasverbrauch Liter	Leuchtkraft in Normalkerzen	Eine Normalkerze beansprucht Liter Gas
1) Hohlkopfbrenner . . .		150	13	11,5
2) Argand (gewöhnlich) . .		160	16	10,0
3) Intensivlampe von Siemens	Nr. VI	200	33	6,0
	„ III	350	60	5,8
	„ II	600	130	4,6
	„ I	1400	300	4,6
4) Alter Auerbrenner . .		70	13	5,4
		100	20	5,0
5) Neuer Auerbrenner .		95	50	2,0
		120	80	1,5

1) Vergl. Wilhelm Gentsch, Gasglühlicht, dessen Geschichte, Wesen und Wirkung. Stuttgart 1895.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Renk fand (Bericht vom 12. November 1892) im Mittel aus einer größeren Zahl photometrischer Versuche bei 150 l stündlichem Gasverbrauch die Leuchtkraft

für Schnittbrenner . . 14,27 NK. = 16,69 HL.
„ Argandbrenner . . 29,01 „ „ = 35,53 „ „
„ Gasglühlichtbrenner 55,93 „ „ = 67,11 „ „

Das Leuchtgas wird also in dem Auer'schen Brenner doppelt so gut verwertet als bei Siemens Intensivbrennern,

4 mal besser als im Argandbrenner
und 8 mal „ „ „ Schnittbrenner.

Über die Lichtbeständigkeit und Dauerhaftigkeit der Glühkörper sind von der Deutschen Kontinental-Gasgesellschaft in Dessau Versuche angestellt und deren Ergebnisse durch den Generaldirektor v. Oechelhäuser mitgeteilt worden.[1]) Die Lichtmessungen sind in nachstehender Tabelle enthalten. Der Konsum betrug 110 l pro Stunde.

Art des Brenners	Druck in Millimetern Wasser	Anfängliche Lichtstärke HL	Brennstunden	End-Lichtstärke HL	Abnahme der Lichtstärke Proz.	Im Durchschnitt von Brennstunden	Im Durchschnitt von Lichtstärke HL
		i. M.					
Wiener und Berliner Nr. I . . .	20—40	58,3	500	45,2	22,4	500	50,4
			800	32,7	43,9	800	41,0
Berliner Nr. II	40	61,6	500	54,0	12,4	500	57,1
			800	—	16,3	—	—

§ 13.

Beleuchtungsapparate.

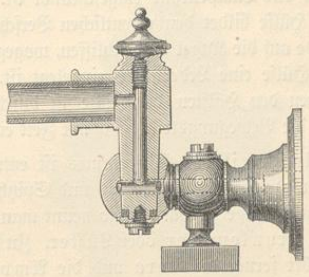
A. Die zur Innenbeleuchtung dienenden Apparate werden, wie aus § 5 hervorgeht, entweder an den Wänden oder an den Decken der Zimmer befestigt, resp. auf dem Fußboden placiert; im ersten Falle heißen sie Wand- oder Deckenlampen, im letzten Falle Stehlampen, Kandelaber. Feststehende Kandelaber kommen innerhalb der Gebäude in der Regel nur in Vestibülen, Treppenhäusern, auf Ladentischen und in Schaufenstern zur Verwendung.

Gegenwärtig werden die Lampen aus Messingrohr oder Eisenrohr fabriziert; die Verzierungen der Arme u. s. w. pflegt man dagegen aus Messing-, cuivre poli oder Zinkguß, aus Schmiedeeisen oder Eisenguß, aus Porzellan und Glas herzustellen, und zwar, sofern Metall zu den Verzierungen verwendet ist, entweder poliert oder bronziert, verkupfert, vernickelt, versilbert, echt oder unecht vergoldet.

a) Wandlampen haben entweder steife, d. h. feststehende oder bewegliche Wandarme. Die Arme werden von glatten, gewundenen oder façonnierten Rohren, beliebig verziert, gefertigt und der vordere Teil des Armes mit einem Gewinde zur Aufnahme des Brenners oder der Brennerhülse versehen. Auch der hintere Teil trägt eine Rosette mit innerem Gewinde, um den Arm damit auf den Zapfen der Wandscheibe festschrauben zu können. An die Rosette schließt sich der Hahn zur Regulierung resp. Absperrung der Gaszuströmung, dessen Griff am Küken so gestaltet ist, daß er sich mit der Hand drehen läßt.

Wünscht man, daß der Lampenarm eine horizontale Bewegung machen könne, so schließt sich, wie Fig. 282 zeigt, an den Hahn ein Gelenk an, dessen Hülse mit der Hahnenhülse und Rosette ein Gußstück bildet. Die Gelenkhülse ist mit einer ringförmig ausgedrehten Nut versehen,

Fig. 282.



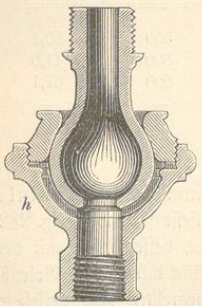
von demselben Querschnitt wie die Hahnenöffnung, so daß bei geöffnetem Hahne das Gas den Kanal ringsum durchströmen kann. Der in die Gelenkhülse eingeschliffene Zapfen hat seinerseits in derselben Höhe eine horizontale Durchbohrung und senkrecht zu dieser eine vertikale Bohrung, welche mit seitlicher Abzweigung in die Muffe des horizontalen Lampenrohres einmündet. Das Gas hat daher bei jeder Stellung des Lampenrohres freie Bewegung vom Hahn durch das Gelenk bis in das weite Lampenrohr. Solche mit Hinterbewegung versehene Wandlampen nennt man „einfache Gelenkwandlampen".

1) Verein für Gewerbefleiß, Berlin, November 1892.

Nicht selten giebt man den Wandarmen doppelte oder dreifache Bewegung von ganz ähnlicher Konstruktion wie die oben beschriebene und nennt dann die einzelnen Stücke „Zwischengelenke".

b) Hängelampen bestehen in der Regel aus einem von der Decke herabhängenden Rohre mit armförmigem Unterteil, an dem der Brenner befestigt wird; sie sind entweder „steif" oder beweglich. Die Steifrohre der festen Hängelampen sind aus 12,5 bis 19 mm weitem Messingrohr oder Schmiedeeisenrohr hergerichtet, welches oberhalb in einer Rohrschraube oder einem Gelenk mit Scheibe resp. einem Kugelgelenk festgehalten wird. Die Lampe mit Rohrschraube gestattet keine Bewegung; das Gelenk erlaubt die Bewegung in einer vertikalen Ebene und ist nach Fig. 282, doch ohne Hahn, konstruiert. Das Kugelgelenk endlich erlaubt Bewegungen nach jeder beliebigen Richtung und wird durch Fig. 283 repräsentiert. Der Rohrzapfen der Deckenscheibe hat nämlich eine kugelförmige Erweiterung. Diese hohle Kugel wird von einer aus zwei Teilen bestehenden Hülse umfaßt, in deren unteren Teil das Lampenrohr eingeschraubt ist. Der obere Teil h der Hülse bildet den eigentlichen Verschluß und ist zu dem Ende auf die Kugel aufgeschliffen, wogegen zwischen Kugel und Hülse eine Lederkappe eingelegt ist. Auch die Fuge zwischen den Hälften der Hülse ist durch Leder gedichtet und die Bewegungsteile sind mit Fett eingeschmiert.

Fig. 283.



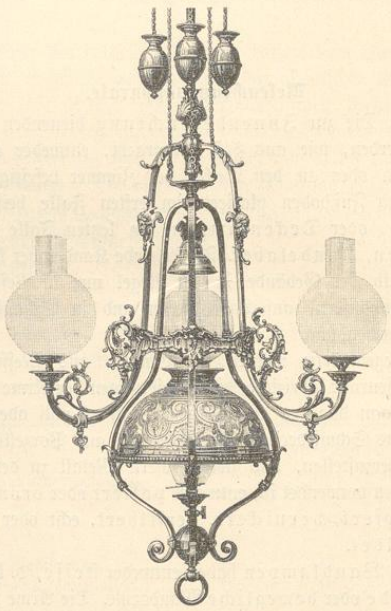
Das Unterteil des Hängearmes ist entweder einarmig oder zweiarmig mit Knie und Spitzhahn. Sind drei oder mehr Arme vorhanden, so nennt man die Hängelampe einen Kronleuchter oder Lüster. Zu den Hängelampen gehört ferner die Lyra und die Ampel.

Auch die Hängelampen werden beweglich konstruiert, in der Art, daß die Flamme auf- und abwärts geschoben werden kann; sie sind zu dem Ende mit Zugvorrichtung versehen. Man unterscheidet Korkzuglampen, Stopfbüchsenzuglampen und Wasserzuglampen. Bei den ersteren wird die Dichtung zwischen dem beweglichen inneren und dem feststehenden äußeren Rohr mittels eines durchbohrten Korkcylinders erreicht. Bei der zweiten Art wird sie mittels in Fett getränkter Wolle in einer Stopfbüchsenschraube hergestellt. Schwache Züge fertigt man aus 16 und 9,5 mm weiten Messingrohren, mittlere Züge von 17,5 und 11 mm und starke Züge aus 19,5 und 12,5 mm weiten Messingrohren.

Bei den Wasserzuglampen besteht der untere Teil aus zwei Röhren, deren Zwischenraum mit Wasser gefüllt ist. Zwischen diese beiden Röhren schiebt sich der feste Hängearm hinein, und da hier die Reibung fehlt, muß das bewegliche Unterteil in Ketten über Rollen aufgehängt und durch Gewichte abbalanciert werden. Die geringste Zahl von Aufhängepunkten, die man einer Wasserzuglampe giebt, sind zwei; enthält die Lampe drei, vier oder mehr Flammen, so entspricht die Anzahl der Rollen, Ketten und Gegengewichte der Zahl dieser Flammen.

Übrigens geben die Wasserzüge diesen Lampen ein reiches Ansehen, verlangen aber auch eine gute Aufsicht, damit das Sperrwasser nicht zu weit verdunstet und infolgedessen der hydraulische Verschluß aufgehoben wird. Aus letzterem Grunde ersetzt man das Sperrwasser durch Glycerin. Die in Fig. 284 dargestellte, dreiarmige Hängelampe mit Zugvorrichtung für die Mittelflamme

Fig. 284.



(aus der Bronzewarenfabrik von C. Kramme, Berlin) hat einen größten Durchmesser von 0,70 m bei 1,05 m Höhe. Im oberen Teil sind die Ketten und die über Rollen laufenden Gegengewichte sichtbar.

c) Die Stehlampen unterscheidet man als unbewegliche und transportable. Bei den ersteren findet die Gaszuleitung von unten her statt und die Stehlampe muß daher in ihrem hohlen Schachte dem Gasrohr hin-

reichenden Raum bieten, auch eine bequeme und solide Befestigung der Brennerhülse gestatten.

Transportable Gaslampen werden mittels eines Gummischlauches von der Rohrleitung her mit Gas gespeist und sind daher zur Aufnahme des Schlauches mit seitlich angebrachter messingener Schlauchhülse (vergl. Fig. 252) versehen. Die transportablen Lampen besserer Art erhalten, wie alle Argandlampen, einen Glascylinder, in dem die Verbrennung vor sich geht, und einen Lampenschirm oder Milchglasglocke. — Für Werkstätten hat man auch einfache Stehlampen aus Eisen unter der Bezeichnung „Werkstattleuchter".

Eine Zusammenstellung von Beleuchtungsapparaten enthält Taf. 69, und zwar stellt dar:

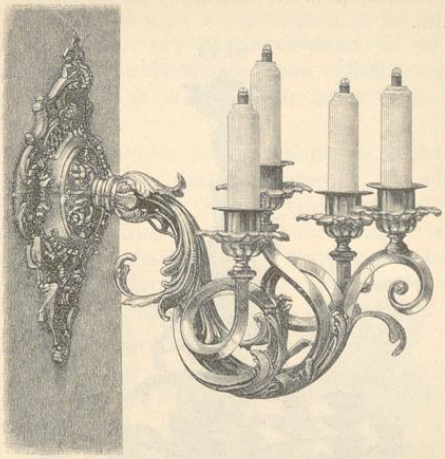
Fig. 1 einen Wandarm mit einfacher Hinterbewegung.
„ 2 „ „ „ dreifacher Bewegung.
„ 3 und 4 steife Wandarme.
„ 5 und 5ª einfachste Form der einarmigen Hängelampen (Pendants).
„ 6 Pendant mit Glocke und Cylinder.
„ 7 Lyra mit Schale und „Blaker".
„ 8 Ampel für Hausflurbeleuchtung (Absperrhahn bei a).
„ 9 zweiarmige Hängelampe von Messing oder Schmiedeeisen.
„ 10 fünfarmige Lüster von Bronze.
„ 11 Kandelaber (Treppenpfosten-Aufsatz) mit Milchglasglocke.
„ 12 gewöhnlicher Kandelaber für Hof- oder Gartenbeleuchtung mit Laterne.
„ 13 Hängelaterne zur Beleuchtung der Fassaden.

Da in neuerer Zeit die kunstgewerbliche Ausbildung sich auch auf die Beleuchtungskörper jeglicher Art erstreckt, so wollen wir diesem Fortschritt der Beleuchtungskunst hier Rechnung tragen und den in Tafel 69 dargestellten älteren, durch große Einfachheit gekennzeichneten Formen neuere, hervorragende Muster dieses Fabrikationszweiges hinzufügen.

Die festen Wandarme, Fig. 3 und 4 auf Tafel 69, sind nur für je eine Flamme bestimmt; wenn — wie in Konzert- und Versammlungssälen — eine reichere Seitenbeleuchtung verlangt wird, dann werden zwei-, drei- und mehrflammige Wandarme angeordnet. Ein Beispiel dieser Art ist der oben in Fig. 285 dargestellte Bronze-Wandarm zu vier Flammen. Die Gasausläße sind hier in Form von Kerzen gestaltet, so daß Glocke und Cylinder in Fortfall kommen. Die größte Ausladung beträgt 35 cm.

In Fig. 286 bringen wir die Abbildung einer modernen geschmackvollen Ampel aus Bronzeguß für Vestibül oder Flurbeleuchtung aus der bekannten Fabrik für Beleuchtungskörper von C. Kramme, Berlin.

Fig. 285.



Dieselbe kann — je nach Wahl — auch für Gasglühlichtbeleuchtung benutzt werden.

Der Durchmesser der Ampel beträgt 0,45 m.
Die Höhe . . . . . 0,90 m.

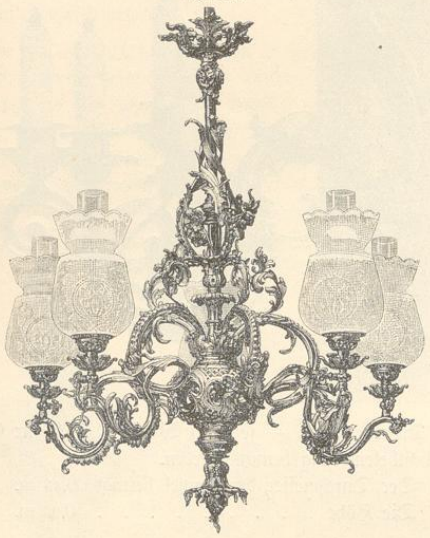
Fig. 286.



Fig. 287 stellt eine, im Barockstil reich entwickelte, fünfarmige Krone für Gas- resp. Gasglühlichtbeleuchtung dar. Die Durchbildung des Pflanzenornamentes zeigt stark naturalistische Auffassung, obwohl auch Barockmotive vielfach

wiederkehren, so in der Ausbildung der mattierten Glasglocken.

Fig. 287.



Kryſtallkronen (Kronen aus Glas) finden für reich geſchmückte Räume Verwendung und wirken wegen der Lichtbrechung in den Glasprismen äußerſt opulent, koſten aber auch bei guter Ausführung das doppelte der Bronzekronen. Die Gaszuführung erfolgt ſtets durch Meſſingrohre.

Gruppenbrennerlampen.

Wenn es ſich endlich um die Beleuchtung von größeren Werkſtätten, Maſchinenhäuſern, Montierſchuppen, Turnhallen und Gebäuden ähnlicher Art handelt, ſind die von der Deutſchen Gasglühlicht-Aktiengeſellſchaft konſtruierten, neuen Gruppenbrennerlampen empfehlenswert. Nach den in hieſigen Maſchinenfabriken angeſtellten Verſuchen größeren Maßſtabes iſt die Lichtwirkung der Gruppenbrenner vortrefflich, deren Handhabung bequem und der Gaskonſum, ſowie der Anſchaffungspreis verhältnismäßig gering.[1])

Auf Tafel 70 iſt ein Gruppenbrenner zu vier Flammen in $^1/_4$ natürlicher Größe dargeſtellt. Bemerkenswert an demſelben iſt die Anordnung eines cylindriſch-koniſchen Innenreflektors i, mit deſſen Hilfe die Leuchtkraft der nach innen gewendeten Seiten der Glühkörper nutzbar gemacht wird. — Das Eindringen von Staub und Zugluft in die Cylinder hindert der Deflektor d.

1) Eine 5flammige Gruppenbrennerlampe koſtet komplett 50 Mk.

Der Hauptauslaßhahn wird durch Ziehen an dem Kettchen H geöffnet, außerdem iſt jeder der vier Brenner mit einem beſonderen Hahn verſehen, ſo daß eine beliebige Zahl von Brennern in Benutzung genommen werden kann.

Das Entzünden der Brenner geſchieht mit einer gewöhnlichen Anzündevorrichtung (Spirituslampe), die man an den ringförmigen Schlitz S unterhalb des Deflektors hält; hier ſtrömt das Luft- und Gasgemiſch nach Öffnung des Hahnes aus und die Entzündung erfolgt ſofort.

§ 14.

B. Straßenbeleuchtung.

Eine gute Straßenbeleuchtung verlangt richtige und zweckmäßige Verteilung der Flammen in den Straßen. Man erreicht dies bei mäßigen Anſprüchen ſchon durch Brenner mit 150 l ſtündlichem Gaskonſum, wobei die Laternen in Entfernungen von 25 bis 30 m und in Nebenſtraßen ſogar bis zu 45 m entfernt geſtellt werden. Die beſte Höhe der Flammen über dem Straßenpflaſter iſt 3,3 bis 3,6 m. Als Laternenträger dienen Kandelaber und Wandkonſole.

Die Form der Straßenkandelaber iſt diejenige einer hohlen, gußeiſernen Säule mit durchbrochenem Fuß (Tafel 59, Fig. 12), ihre Höhe beträgt 2,9 bis 3,3 m über dem Erdboden, 150 bis 250 kg Gewicht. Der Fuß iſt 60 bis 100 cm lang und wird (gewöhnlich) in den Boden eingegraben; er iſt zur Vergrößerung der Baſis mit Flanſchen verſehen.[1]) Das Gaszuleitungsrohr wird durch eine ſeitliche Öffnung im Fuß eingeführt und ſteigt im Kandelaber ſenkrecht aufwärts. Der Kopf des Kandelabers muß ſo eingerichtet ſein, daß der Laternenfuß bequem und ſolid darauf befeſtigt werden kann. Dieſer gußeiſerne Fuß beſteht aus einem an der Unterfläche ſorgfältig abgedrehten Ringe, von dem aus Arme als Träger nach zwei Ecken der Laterne aufſteigen und mit dieſer feſt vernietet ſind. Der Ring wird mittels dreier Schrauben auf den horizontalen Flanſch einer gußeiſernen Buchſe, welche in den Kopf des Kandelabers eingelaſſen iſt, aufgeſchraubt. Die mittlere Öffnung im Flanſch der Buchſe iſt groß genug, um das Gaszuleitungsrohr durchzulaſſen.

Die Laternen beſtehen in der Regel aus einem oberen und unteren gußeiſernen Rahmen, welche durch zwei ſchmiedeeiſerne Rundſtäbe zuſammengehalten werden. Fig. 288 ſtellt eine ſolche Laterne von ſechseckiger Form dar. Sowohl der untere als der obere Rahmen hat einen rechtwinkelig umgebogenen Rand; dieſer letztere

1) Größere Kandelaber erhalten einen vollſtändigen Sockel und der Fuß wird bis zur Pflaſterhöhe eingemauert.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist an vier Ecken durchbrochen, damit man die Glasscheiben von außen einschieben kann. Die Scheiben werden so geschnitten, daß sie außen 6 mm gegeneinander vorstehen; inwendig lehnen sie sich gegen aufgenietete Blechwinkel. Der Boden der Laterne besteht zur Hälfte aus einer festen, eingelegten Scheibe, zur anderen aus einer nach unten schlagenden Thür, die sich um zwei Scharniere dreht. Der Bodenrahmen endlich enthält die Ansätze zur Aufnahme der beiden Rundstäbe und ein Loch für das Brennrohr. Der gußeiserne Fuß (mit welchem die Laterne auf die Kapitälplatte des Kandelabers aufgeschraubt wird) ist ebenfalls am unteren Rahmen der Laterne festgenietet. Das Laternendach besteht aus zwei Teilen und der untere Teil aus zwei Rahmen, welche eine Scheibenverglasung zwischen sich aufnehmen. Der untere Rahmen greift über den Laternenrahmen und ist durch ein starkes Scharnier mit ihm verbunden, so daß das ganze Dach sich aufklappen und putzen läßt. — Über das erste Dach faßt ein gußeisernes Helmdach und bildet mit dem oberen Rahmen des Glasdaches ein Stück; zwischen beiden Dachteilen ziehen die Verbrennungsprodukte ab. Den Schluß des Daches bildet ein verzierter Knopf.

Fig. 288.

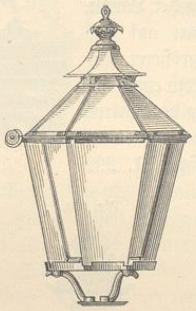
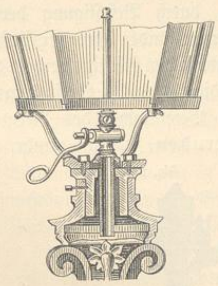


Fig. 289.



Das Brennerrohr ist meist ein Messingrohr von 9,5 bis 12,5 mm Weite, reicht abwärts durch den Boden der Laterne (Fig. 289) und ist dort in den Doppelhahn eingeschraubt, mittels dessen der Gaszufluß teils geregelt, teils abgesperrt werden kann. Unterhalb des Hahnes sitzt eine Verschraubung, mit welcher das Ganze auf das schmiedeeiserne Zuleitungsrohr aufgeschraubt wird. Um den Hahn zu öffnen, dreht der Laternenanzünder mit dem Laternenstock den herabhängenden Schlüssel nach oben, bis er horizontal steht; bei geschlossenem Hahn ist der Schlüssel vertikal abwärts gestellt. Der obere oder Regulierhahn wird ein- für allemal so gestellt, daß bei geöffnetem unteren Stellhahn die Flamme ihre richtige Größe erhält.

Als Brenner für Straßenbeleuchtung wendete man früher nur Schnittbrenner und Lochbrenner an und mit Vorliebe Speckstein brenner. Man stellte sie so, daß die Flamme parallel zur Straßenrichtung zu stehen kam. Sodann ist der Bray-Standard brenner für 40 bis 80 Kerzenstärke zur Straßenbeleuchtung vielfach verwendet worden; derselbe ist in Fig. 261 in halber Größe dargestellt.

In engen Straßen werden an Stelle der Kandelaber Konsole, Tafel 69, Fig. 13, angewendet, die mittels Schraubenbolzen an den Gebäuden befestigt werden. Die Entfernung der Flamme vom Gebäude beträgt 0,75 bis 1,25 m. Am zweckmäßigsten liegt hierbei das Leitungsrohr oben frei auf der Konsole und der Ring des Laternenfußes wird in ähnlicher Weise, wie Fig. 289 zeigt, auf der Deckplatte befestigt.

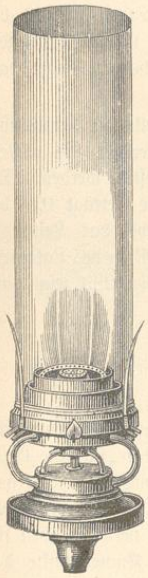
Konzentrische Ringbrenner für Straßenbeleuchtung.

Infolge der Konkurrenz, welche durch das elektrische Licht der Gasbeleuchtung erwuchs, sahen sich die Gasanstalten gezwungen, der Unvollkommenheit der gewöhnlichen Straßenbeleuchtung ihre Aufmerksamkeit in höherem Maße zuzuwenden. Man verlangt eben für stark frequentierte Plätze und für die Knotenpunkte des Straßenverkehres in den Hauptstädten Beleuchtungen von großer Lichtstärke. Hier war wieder es W. Sugg in London, der entschiedene Verbesserungen einführte, welche die Phönix-Gaskompagnie daselbst zur Anstellung von Beleuchtungsproben mit verbesserten Brennern veranlaßten. Es wurden schon im Winter 1878/79 an den Kreuzungspunkten zwischen Waterloo-Bridge und dem Stationsgebäude der South-Western Railway-Kompagnie acht Kandelaber mit William Sugg's neuem konzentrischen Ring-Argandbrenner von 50 bis 200 Kerzen Lichtstärke aufgestellt. In Berlin wurde Suggs schattenfreie Ventilationslaterne im April 1879 an mehreren Plätzen versuchsweise aufgestellt.[1])

Die größeren Laternen von Sugg waren acht- oder zwölfeckig, die kleineren sechseckig, das Dach war mit Opalglas, welches die Lichtstrahlen reflektiert und durchläßt, der untere Teil durchsichtig verglast. Als Brenner wurde ein Ringbrenner mit zwei bis drei konzentrischen Löcherkreisen verwendet, von denen jeder Ring seine besondere Zuführung hatte. Um von den Schwankungen des Gasdruckes unabhängig zu sein, bedarf der Sugg-Brenner allerdings eines besonderen Regulators. Der Brenner entzündet sich, sobald er aufgedreht wird, an einer kontinuierlich brennenden Spitzflamme, dem sogenannten „flash-jet". Fig. 290 giebt die Ansicht des **Sugg**'schen

1) „Rohrleger", Jahrg. 1879, Seite 121.

Fig. 290.



doppelten Ringbrenners, der, wie alle Argandbrenner, mit Cylinder versehen ist. Auf dem oberen Teil der Laterne befindet sich ein Schornstein.

Der Gaskonsum betrug im Durchschnitt 630 l pro Stunde; die Lichtstärke 64 bis 65 englische Spermacetikerzen, während die gewöhnliche Berliner Straßenlaterne bei 195 l Konsum pro Stunde eine Leuchtkraft von nur $17^1/_2$ englische Normalkerzen entwickelte. Die Lichtstärke erreicht sonach etwa das Vierfache der gewöhnlichen Straßenbeleuchtung.

Anm. Leider haben sich in Betreff der Instandhaltung der Sugg-Brenner Schwierigkeiten herausgestellt, welche die allgemeine Einführung derselben zur Straßenbeleuchtung unmöglich machten. Die Flamme kommt nämlich leicht ins Rußen und der Cylinder wird schwarz. (Nach Mitteilungen des verstorbenen Direktor Kunow in der Sitzung der polytechnischen Gesellschaft in Berlin.)

Regenerativbrenner für Straßenbeleuchtung.

Auch mit den meisten der in § 10 vorgeführten Systeme wurden Versuche gemacht, die betreffenden Lampen durch Einsetzen in Laternen für die Straßenbeleuchtung nutzbar zu machen. Siemens invertierter Regenerativbrenner, Fig. 271, diente wegen seiner hohen Lichtstärke hauptsächlich zur Beleuchtung öffentlicher Plätze. Auch die Wenham-Lampe wurde diesem Zweck angepaßt. Die Laternen besaßen meist eine eigene Zündflamme. Den Brennergrößen Nr. 4, 7, 11 entsprach ein stündlicher Verbrauch von 455, 730 resp. 1210 l.

Vielfache Anwendung hat früher auch die Intensivlaterne von Krauße in Mainz gefunden. Dieselbe besteht aus einer Gruppe von Schnitt- oder Zwillingsbrennern, mit eigener Zündflamme und einer Flamme, welche während der ruhigen Nachtstunden brennt. Vergl. die Abbildungen bei Dr. E. Schilling, Neuerungen, Fig. 67.

Auch die Intensivlaterne von **Schülke** ist hier zu nennen. Der Brenner besteht aus einem Büschel von Speckstein-hohlbrennern, welche auf gebogene Kupferröhrchen aufgesetzt sind. Der Lampenfuß enthält eine Zündflamme und einen Mitternachtsbrenner mit gesonderter Gaszuführung.

In dem vorgenannten Werke von Schilling ist auf S. 107 eine Tabelle über die Leuchtkraft verschiedener Laternen enthalten. Wir begnügen uns, auf diese Ergebnisse hinzuweisen, da die Leistungen jener Laternen seit Einführung des Gasglühlichtes zur Straßenbeleuchtung überholt sind.

Straßenbeleuchtung mit Gasglühlicht.

Die bedeutende Leuchtkraft des Auerlichtes bei geringem Gasverbrauch führte von vornherein auf den Gedanken, dasselbe auch zur Straßenbeleuchtung zu verwenden, obwohl die Zerbrechlichkeit der Glühkörper dagegen stand. Einige Großstädte, die auf gute Beleuchtung halten müssen, gingen damit geschlossen vor. Beeinträchtigt wird die Verwendung des Auerlichtes durch die unvermeidliche Einwirkung von Feuchtigkeit, Staub, Erschütterungen, denen die Laternenträger auf offener Straße ausgesetzt sind. Aber auch bei der Beleuchtung von Bahnsteigen, öffentlichen Gärten u. s. w. treten solche Beeinträchtigungen ein, doch lassen sich die Mängel durch Anwendung eines hermetisch geschlossenen, regen- und sturmsicheren Glasgehäuses, in welchem sich der Glühkörper befindet, beheben. Sodann läßt sich der Glühkörper durch Imprägnieren unempfindlicher machen, auch kann durch geeignete Aufhängung der Lampe, resp. durch Befestigung derselben auf dem Laternenständer der Einfluß größerer Erschütterungen beseitigt werden. Hierzu empfiehlt sich die federnde Aufhängung der Laterne oder Befestigung des Brenners auf einem federnden Zuleitungsrohr. Fig. 291, 292

Fig. 291.

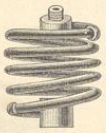


Fig. 292.

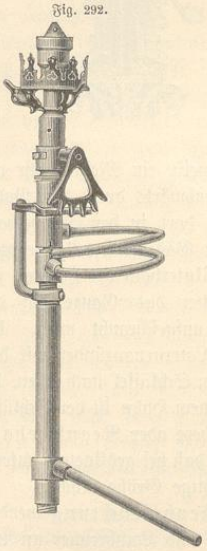
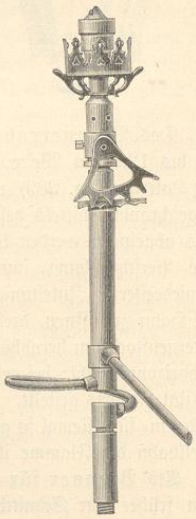


Fig. 293.



und 293 stellen drei verschiedene Verbindungsarten der Rohrfeder mit dem Gaszuführungsrohre dar, durch welche heftige Erschütterungen des Glühlichtbrenners in eine langsame Bewegung umgesetzt werden. Unter dem Brennerkopf ist die Reguliervorrichtung ersichtlich.

Derartige Rohrfedern fertigt die Deutsche Gasglühlicht-Gesellschaft nach ihrem Reichspatent Nr. 91084.

Wo die durch den Fahrverkehr erzeugten Erschütterungen durch Asphaltbelag gemäßigt sind und in weniger belebten Straßen bleiben die vorbesprochenen Einrichtungen fort und die Straßenlaternen werden sodann in der bekannten Form (Fig. 294) mit ein oder zwei Auerbrennern ausgestattet; die von den Glühkörpern nach oben geworfenen Strahlen macht man durch Anwendung eines über dem Cylinder angebrachten Reflektors für die Bodenbeleuchtung nutzbar. Die Straßenlaternen funktionieren mit dauernd brennender Zündflamme (flash-jet); wo dies nicht angängig, werden sie durch eine besondere Anordnung von außen her entzündet.

Fig. 294.



Die Zündflamme verbraucht stündlich ungefähr 3 bis 4 l Gas, brennt fortwährend und bringt den Glühkörper zum Glühen, sobald der Brennerhahn geöffnet wird.

Außer den permanenten Zündflammen kommen in der Beleuchtungstechnik noch zur Anwendung sogenannte „Gasselbstzünder", bei denen die Zündung durch Überspringen eines elektrischen Funkens oder durch einen chemischen Vorgang bewerkstelligt wird. Im ersteren Falle werden besondere Leitungen zu den einzelnen Flammen geführt und die Zündung des Gases von einer Stromquelle her veranlaßt. Solche Einrichtungen haben sich ausnahmslos nicht bewährt, und zwar deshalb, weil Luft in die Leitungen eindringt und dadurch die Zündung benachteiligt wird. Erfolgt nun das Schließen des Stromkreises nicht in dem Augenblick, in dem alle Luft aus den Leitungen verdrängt ist, so versagt die Zündung, was zu Explosionen und Gasausströmung führen kann. Elektrische Zündungen mit voraufgehender Ventilöffnung haben diese Mängel zwar nicht im Gefolge, doch stellen sich diese Anlagen sehr kostspielig.

Chemische Zündungen beruhen auf der Wirkung eines Zündkörpers, der aus fein zerteiltem Platin besteht und die Eigentümlichkeit hat, Gas zu absorbieren und zu verdichten, dabei auch einen Temperaturgrad zu erreichen, bei welchem Gas sich entzündet.

Ein automatischer Zünder mit Ventilsteuerung ist der Aktiengesellschaft **Ludwig Löwe & Co.**, Berlin, durch deutsches Reichspatent geschützt; er führt die Bezeichnung „Fiat Lux" und arbeitet nach Angabe der Deutschen Gasglühlicht-Gesellschaft zuverlässig. Das Konstruktionsprinzip hat die Auer-Gesellschaft in einer besonderen Broschüre mit instruktiven Zeichnungen dargelegt, auf welche hiermit verwiesen wird.

Kosten der Straßenbeleuchtung mit Gasglühlicht.

Nach den praktischen Versuchen von Muchall in Wiesbaden beträgt

für 1000 Brennstunden:

der Gasverbrauch (100 cbm)	10,00 Mk.
dazu Ersatz der Cylinder und Glühkörper . .	4,32 „
die Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitales der Brenner u. s. w.	1,04 „
die Bedienung und Unterhaltung der Anlage zur Straßenbeleuchtung	7,00 „
Beleuchtung mit Glühlicht	22,36 Mk.

Dem gegenüber stellte sich der Herstellungspreis der gewöhnlichen Schnittbrennerflammen:

für 1000 Brennstunden bei 1,80 cbm Gasverbrauch pro Brennstunde auf:

180 cbm à 10 Pf.	18,00 Mk.
dazu Bedienung und Unterhaltung	7,00 „
Beleuchtung mit Schnittbrenner	25,00 Mk.

Der letztgenannte Kostenbetrag würde sich für Berliner Verhältnisse erhöhen pro Kubikmeter Gaskonsum um 6 Pf., hiernach für 180 cbm um . . . 10,80 Mk. und für Glühlichtbeleuchtung um . . . . . 6,00 „

Die Beleuchtungsersparnis beträgt daher bei Straßenbeleuchtung pro Flamme 10 Proz. Da auch die Helligkeit der Glühlichtbrenner nachgewiesenermaßen diejenige der Schnittbrenner um das $2^1/_2$- bis 3fache übertrifft, so ist hierdurch der beste Beweis für die Eignung des Auerlichtes zur Straßenbeleuchtung gegeben.

Als geeignete Entfernung zweier, mit Auerbrennern versehenen, benachbarten Laternen soll das Maß von 25 m — namentlich in Hauptstraßen — nicht überschritten werden.

Will man einen Kostenvergleich zwischen dem Auerlicht und demjenigen der elektrischen Glühlampe anstellen, so müssen die jeweiligen örtlichen Preise für Gas bezw. elektrischen Strom in Betracht gezogen werden.

v. Oechelhäuser berechnet — unter Berücksichtigung der nach den Dessauer Versuchen gefundenen Durchschnittszahlen — für 600 Brennstunden im Jahre:

die Kosten einer Glühlichtflamme von 50 HL
per Stunde mit . . . . . 3,07 Pfg.
einer elektrischen Glühlampe von 50 Kerzen . 12,08 „

Hiernach wäre — wenn die Rechnung v. Oechelhäuser nicht an Fehlern leidet — für Berliner Verhältnisse das elektrische Glühlicht viermal teurer als das Gasglühlicht!

§ 15.

Ermittelung der Beleuchtungskosten.

Wenn die zur Beleuchtung eines größeren Raumes erforderliche gesamte Lichtstärke nach üblichen Erfahrungssätzen[1]) festgesetzt ist, findet man die Beleuchtungskosten, indem der stündliche Konsum mit dem Einheitspreise und der Lichtstärke multipliziert und das Produkt durch den Normalleuchtwert dividiert wird.

Beispiele: 1. Ein Versammlungssaal, zu dessen Erhellung 300 NK erforderlich sind, soll mit Petroleum erleuchtet werden; wie hoch stellen sich die Beleuchtungskosten, wenn der Engrospreis von 1 kg Erdöl 25 Pf. beträgt?

Der Normalleuchtwert eines Petroleum-Argandbrenners von 15,1 g stündlichem Verbrauch beträgt (nach Marx) = 3,2 NK, die Kosten der Saalbeleuchtung betragen also:

$$\frac{15{,}1 \,.\, 0{,}025 \,.\, 300}{3{,}2} = 34{,}7 \text{ Pf. pro Stunde.}$$

2. Sollen Argandbrenner für Gasbeleuchtung, die bei 160 l stündlichem Konsum 16 Kerzen Leuchtkraft haben, zur Verwendung gelangen, so betragen die Kosten der Saalbeleuchtung bei einem Gaspreise von 16 Pf. pro Kubikmeter:

$$\frac{160 \times 0{,}016 \times 300}{16} = 48 \text{ Pf. pro Stunde.}$$

3. Würden Regenerativbrenner System Schülke mit je 550 l (also 1100 l Konsum pro Stunde) und 160 Kerzenleuchtkraft zur Anwendung kommen, so genügen zwei Brenner mit rot. 300 Kerzen und die Beleuchtungskosten betragen nur

$$\frac{550 \,.\, 0{,}016 \,.\, 300}{160} = 18{,}3 \text{ Pf. pro Stunde.}$$

4. Wenn endlich vier Gasglühlichtbrenner von 120 l stündlichem Konsum und 75 bis 80 NK Leuchtkraft in Funktion treten, reduzieren sich die Beleuchtungskosten auf:

$$\frac{120 \,.\, 0{,}016 \,.\, 300}{80} = 7{,}2 \text{ Pf. pro Stunde.}$$

1) Man rechnet gewöhnlich überschläglich 1 Argandflamme auf 30 cbm Raum.

Die zur Beleuchtung von Sälen und Versammlungsräumen erforderliche Lichtstärke (Flammenzahl) kann zwar vielfach nach vorhandenen Erfahrungssätzen, insbesondere nach dem kubischen Inhalte des betreffenden Raumes ermittelt werden, aber in der Regel nur dann, wenn die Abmessungen des Grundrisses und die Höhe des Saales nicht wesentlich von den dafür üblichen Maßen abweichen.

Weicht der Grundriß vom Quadrat so weit ab, daß das Verhältnis der Länge zur Breite 3 zu 2 übersteigt, so muß die Grundfläche in Quadrate zerlegt und die Beleuchtung jedes Quadrates für sich ermittelt werden, und zwar sind um so mehr quadratische Felder anzulegen, je niedriger die Raumdecke liegt.

Ist nun der Grundriß — soweit als angänglich — in Quadrate zerlegt, so kann die für jedes der betreffenden Normalquadrate erforderliche Flammenzahl aus nachstehender Tabelle ermittelt werden.

Dimensionen des Raumes in Metern			Anzahl der Flammen	Höhe der Flamme über dem Fußboden in Metern
lang	breit	hoch		
4,7	4,7	3,8	2— 3	2,0—2,2
5,6	5,6	4,4	5— 6	2,2—2,4
7,5	7,5	5,3	9— 12	2,5—2,8
10,0	10,0	6,9	16— 20	2,8—3,1
12,5	12,5	9,4	25— 30	3,3—3,8
15,7	15,7	12,5	40— 45	4,0—4,4
18,8	18,8	14,0	60— 70	4,7—5,3
22,0	22,0	15,7	100—120	5,6—6,3

In Spalte 4 dieser Tabelle ist die Anzahl von Argandflammen gegeben, welche zur Beleuchtung eines Quadrates von bestimmter Seitenabmessung erforderlich sind.

Spalte 3 enthält die dem Grundriß entsprechende Raumhöhe und Spalte 5 die Höhe, in welcher die Flammen über dem Fußboden anzubringen sind.

Ist ein Raum höher als 10 m, so hängt man die untere Spitze des Kronleuchters auf ein Drittel der Höhe des Raumes vom Fußboden ab.

Da aber bei den einzelnen Quadraten oder Beleuchtungssphären, in welche man sich den Grundplan zerlegt denken kann, die Höhenabmessung die gleiche bleibt, so hat die Größe der Krone, d. h. die Anzahl der Lichter nur der Flächenausdehnung der Beleuchtungssphäre zu entsprechen. Diese Sphären sind als Kreise in den Grundriß einzutragen; wo die Kreise sich durchdringen, da ist Lichtüberfluß, und wo sie sich nicht berühren, ist Lichtmangel. Zur Verbesserung lichtarmer Teile des Saales, insbesondere der Saalwände wird man sich mit Vorteil der mehrflammigen Wandarme oder besonderer Kandelaber bedienen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Unter der Annahme, daß auf 30 cbm Raum eine Flamme entfällt, würde ein Saal von 20 m Länge, 12 m Tiefe und 9 m Höhe erfordern:

$$\frac{20 \cdot 12 \cdot 9}{30} = 72 \text{ Flammen.}$$

§ 16.

Lüftung mittels Gas.

Bereits in § 76 des I. Abschnittes ist der absaugenden Wirkung der Gasflammen als Hilfsmittel zur Lüftung der Gebäude Erwähnung geschehen. Hierbei ist auch die Konstruktion der Sonnenbrenner besprochen und durch Fig. 253 erläutert worden. Es wurden hierbei als Nachteile dieser Beleuchtungsapparate insbesondere hervorgehoben: Der starke Gaskonsum und die große Entfernung der an der Decke placierten Lichtquelle. Ihre Anwendung für Theater, Konzertsäle und andere Festräume ähnlicher Art ist durch neuere Polizeiverordnungen erheblich eingeschränkt, da für derartige Versammlungsräume aus feuerpolizeilichen Rücksichten elektrische Beleuchtung vorgeschrieben ist. Unter diesen Umständen dürfte die Anwendung der Sonnenbrenner für die Folgezeit eine spärliche sein. Daß dieselbe jedoch mit Vorteil zur Lüftung bestimmter Konzerträume akademischen Charakters Verwendung finden können, hat Dr. E. Schilling[1]) durch Mitteilung der Lüftungsanlage im kgl. Odeon zu München gezeigt, auf welche hier hingewiesen wird. Die Abführungsrohre für die Verbrennungsgase sind hier in besonderen, weiten Schächten untergebracht, welche die Dachfläche durchbrechen und über dieselbe hinausragen.

1) Dr. E. Schilling, Neuerungen auf dem Gebiete der Erzeugung und Verwertung des Steinkohlenleuchtgases. München 1892. S. 131.

Nach Schillings Angaben ist die Wirkung dieser Lüftungsanlage eine sehr befriedigende.

Bei Besprechung der Ventilation von Theatergebäuden wurde eine neuere, rationellere Lüftungsmethode, nämlich diejenige im Théâtre lyrique zu Paris, besprochen. Dasselbe ist im Durchschnitt dargestellt auf Seite 236. Die kuppelförmige Decke des Zuschauerraumes besteht aus einzelnen Hohlkugelkalotten, zwischen denen je ein Raum zum Entweichen der verdorbenen Luft verbleibt. Der Abzug der letzteren wird unterstützt durch die Wärme der Verbrennungsgase eines nahe dem Centrum der Kuppel angeordneten großen Sonnenbrenners J. Die abgesaugte Ventilationsluft entweicht durch die ringförmigen Öffnungen in der Kuppel, gelangt in den darüber befindlichen Abzugsschlot H und von hier durch jalousieähnliche Register direkt ins Freie. Der Ventilationseffekt ist nach den Mitteilungen von Denfer ein sehr energischer.

Auch die in Fig. 268 dargestellte Wenham-Lampe und die Westphal-Lampe (Fig. 272) wurden früher für Lüftungszwecke vielfach nutzbar gemacht, indem die Verbrennungsgase entweder durch die Decke, oder — aus Rücksicht der Feuergefährlichkeit — mittels eines metallenen Abzugrohres, welches den Dachboden durchdringt, über die Dachfläche hinaus abgeführt wurden. Eine derartige Anlage giebt E. Schilling auf Seite 224 seines obenbesprochenen Werkes: Neuerungen u. s. w.

Da — nach Einführung des Gasglühlichtes — weder die Wenham- noch die Westphal-Lampe sich als konkurrenzfähig erwiesen haben, so dürfte deren Anwendung zu Beleuchtungszwecken nur ausnahmsweise in Betracht kommen und kann aus diesem Grunde deren Verwertung zu Lüftungszwecken hier unerörtert bleiben.

II. Die Anwendung des Gases zum Heizen und Kochen.

§ 17.

a) Allgemeine Vorbemerkungen.

Daß die bei den Verbrennungserscheinungen der Naturkörper stattfindende Lichtentwickelung auf dem Erglühen des feuerbeständigen Kohlenstoffes in der Flamme beruht, ist nachgewiesen worden (§ 5): Der Kohlenstoff ist es, der den fast gar nicht leuchtenden Gasstrom mit blendendem Lichtglanz schmückt und je vollständiger sich die Flamme der reinen Weißgluth nähert, desto größer ist ihre Leuchtkraft. Das Erglühen der Flamme beginnt mit dem Ausscheiden des Kohlenstoffes infolge der Flammentemperatur und endet, sobald der Sauerstoff der Luft die Kohlenpartikelchen erreicht und in gasförmige Verbindung (Kohlensäure) gebracht hat.

Entleuchtete Flammen. Führt man dagegen einer Kohlenwasserstoffflamme den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff schon vor der Ausscheidung des Kohlenstoffes zu, d. h. mischt man das Gas schon vor der Brennermündung mit atmosphärischer Luft — wobei Knallgas entsteht —, so wird das Glühen des Kohlenstoffes gehindert und die Flamme eines solchen Gemisches brennt ohne Leuchtkraft blau mit innerem, dunkelgrünem Kern; bei genügender Luftzumischung wird die Flamme hellgrün und beginnt zu knistern und wenn der Höhepunkt der Mischung (1 Teil Gas auf 13 bis 14 Teile Luft) erreicht ist, spielt die Flamme ins Blaurötliche (Lila). Hierbei pflegt die Flamme zu brummen, schlägt in das Brennrohr zurück oder erlischt. Man vermeidet dies durch Einlage eines feinmaschigen Drahtsiebes.

Für die Anwendung des Gases zum Kochen und Heizen kommt aber die Entleuchtung desselben zur wirksamen Verwendung.

b) Brenner.

1) Der schon mehrfach erwähnte Bunsen'sche Brenner (Fig. 295 u. 296) bildet den Grundgedanken für alle Gas-, Heiz- und Kochapparate. Derselbe besteht aus einer

Fig. 295.

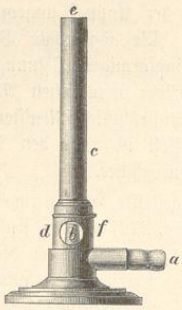


Fig. 296.

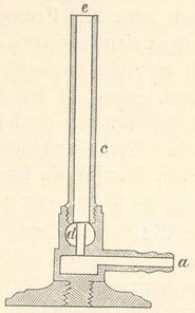
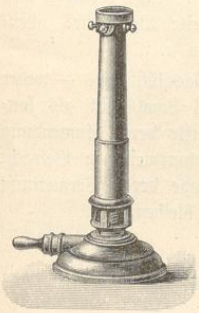


Fig. 297.



inneren, engen Röhre, der sogenannten Düse b, in welche das Leuchtgas durch das Zuleitungsrohr a eintritt. Die Düse wird von einer weiteren Röhre c umgeben, in welcher sich das Gas mit der durch die Öffnung d einströmenden Luft mischt; das Gasgemenge wird bei e entzündet und der Luftzutritt durch den Schieber f reguliert. Bei dem Bunsenbrenner (Fig. 297) ist die Flammenöffnung durch Schrauben regulierbar.

2) Der Brenner von Griffin. Hier wird auf das Bunsenrohr bei e eine Kapsel gesteckt, die an ihrer oberen Fläche und an der cylindrischen Seitenwand durchlocht ist. Dadurch wird die Flamme in einzelne Strahlen aufgelöst. Eine ähnliche Form ist der früher vielfach benutzte Siebkopfbrenner. Eine Anordnung desselben für häusliche Zwecke, Theeküchen und dergl. zeigt Fig. 298. Die zu erhitzende Flüssigkeit oder Speise wird auf den von drei Füßen getragenen Kochring gestellt; die Stärke der Flamme läßt sich durch einen Hahn regulieren oder abstellen. Eine andere Form des Untersatzes zeigt Fig. 299.

Die Siebkopfbrenner leiden an dem Übelstande, daß die mittleren Flämmchen infolge ungenügenden Zutrittes von Frischluft leicht verlöschen. Schulz & Sackur haben aus diesem Grunde die Löcher in ringförmigen Zonen, die unter sich strahlenförmig verbunden sind, angebracht, so daß die frische Luft hier überall zutreten kann.

Fig. 298.

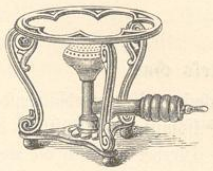
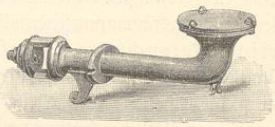


Fig. 299.



3) Der Wobbe'sche Brenner (Fig. 300) ist ein sogenannter liegender Heizbrenner, bei welchem die Ausmündung für das Gasgemisch durch eine kreisförmige Scheibe überdeckt wird. Die Ausmündung bildet hiernach

Fig. 300.



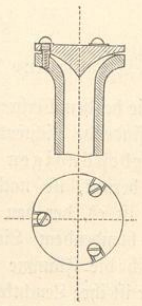
einen ringförmigen Schlitz, dessen Weite durch Lockern der Deckelschrauben sich regeln läßt, die Wobbe-Brenner werden aus Gußeisen oder aus Messing hergestellt; der Brennerdeckel muß sehr genau eingestellt sein, damit nicht unverbrauchtes Gas entweicht.

Die Wobbe-Brenner werden auch nach Fig. 301 als stehende Heizbrenner mit einem Durchmesser des Brennerkopfes von 38 mm bis 160 mm konstruiert. Fig. 302 giebt das Detail des Brennerkopfes im Durchschnitt und in Oberansicht.

Fig. 301.



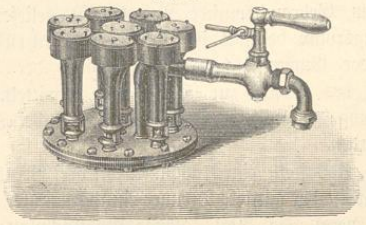
Fig. 302.



Der stehende Heizbrenner von Wobbe wird auch als Gruppenbrenner, namentlich zur Erwärmung von Badeöfen benutzt. Fig. 303 stellt eine Kombination von acht

Heizbrennern, die auf gemeinschaftlicher Sohlplatte ruhen, dar. Äußerer Durchmesser der Sohlplatte 25 cm, größte Höhe 23 cm, der Gasverbrauch pro Stunde beträgt 3,6 cbm, das Gaszuleitungsrohr ist 2 cm weit.

Fig. 303.

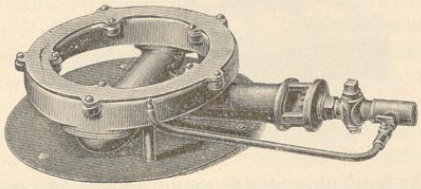


4) Der Übelstand, daß die Luft zu dem Brennerschlitz nur äußerlich Zutritt hat, läßt sich durch Zuführung eines Luftstromes, der durch die Brennermitte geführt ist und über der Flamme austritt, vermeiden. Dieses System ist zur Ausführung gebracht bei den Brennern der Aktiengesellschaft Schaeffer & Walcker. Dieselben werden auch als Doppelbrenner mit Doppelhahn zur Erwärmung großer Gefäße und als Gruppenbrenner zur Heizung von Kirchen in Anwendung gebracht.

5) Der Kochbrenner der Dessauer Kontinental-Gasgesellschaft ist im Grundriß ringförmig gestaltet, mit lochförmigen Ausmündungen in den Seiten des Ringes. Zur Erhitzung größerer Töpfe verwendet man eine Brennerform mit einer Reihe äußerer Löcher, deren Stichflamme so gelenkt wird, daß sie den Boden des Topfes nicht trifft und die Speisen nicht anbrennen, was bei den vorgenannten Brennern leicht der Fall ist. Die Löcher im Ringe sind übrigens so angeordnet, daß überlaufende Flüssigkeiten nicht in den Brenner eindringen können. Der Querschnitt des letzteren ist ein gleichseitiges Dreieck mit abgerundeter Spitze und der Anschluß des Mischrohres an den Ringbrenner geschieht in radialer Richtung. Die Einrichtung des Mischrohres ist die übliche.

Nach anderem Konstruktionsprinzip ist der in Fig. 304 dargestellte Ringbrenner von Wobbe ausgeführt. Der

Fig. 304.



Austritt des Knallgases erfolgt wiederum durch einen ringförmigen Schlitz unterhalb des mit Schrauben befestigtem Deckels. Der hier dargestellte Ringbrenner dient zur Erwärmung größerer Kochgefäße; der Durchmesser des Brennerringes beträgt 32,5 cm, die Höhe des Apparates inklusive Fußplatte 11,5 cm, stündlich werden 2,5 cbm Gas konsumiert.

Die vorgenannten Brenner für Kochzwecke sind aus naheliegenden Gründen meist in einer entsprechenden Rundform, die den Gefäßen angepaßt ist, ausgebildet.

Für Bratgefäße eignet sich aber mehr eine gradlinig gestreckte Form, die in einfachster Weise dadurch hergestellt wird, daß man eine einseitig geschlossene Bunsenröhre mit Düse auf der Oberfläche oder auch auf beiden Seiten mit nahestehenden Löchern versieht, wie solches Fig. 305 verdeutlicht. Derartige Brenner nennt

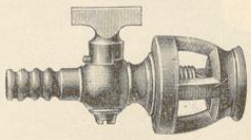
Fig. 305.



man Röhrenbrenner und stellt sie her in einer Länge von 17,50 bis 56 cm vom Flansch bis zum Ende des Feuers. Der Gaskonsum beträgt je nach Länge des Feuers pro Stunde 0,23 bis 0,80 cbm.

Fig. 306 stellt die Messingdüse mit Schlauchtülle und Regulierhahn im größeren Maßstab dar.

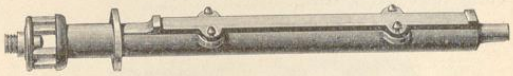
Fig. 306.



Um eine genaue Einstellung der Ausströmungsöffnungen zu ermöglichen, wird nach verbesserter Methode auf das angebohrte Rohr ein zweites, etwas kürzeres Rohr geschoben, welches durch eine Schraube verstellbar ist.

Fig. 307 stellt einen röhrenförmigen Brenner nach dem Wobbe'schen System dar. Die Röhrenform ist hier

Fig. 307.



mit zwei schlitzähnlichen, seitlichen Ausmündungen versehen, darüber ist eine geeignet geformte Platte mittels Schrauben befestigt; die Verbindung findet in derselben Weise wie bei den Rundbrennern statt.

§ 18.

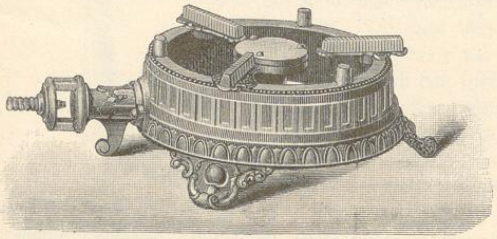
Einrichtungen zum Kochen und Braten.

Zum Kochen werden entweder Einzelbrenner, die mit Sternrippen zur Aufnahme des Kochgefäßes versehen sind, angewendet, oder es werden mehrere Brenner zu einer Platte vereinigt.

Es mag hier vorweg die Bemerkung eingeflochten werden, daß zur Herstellung schmackhafter Speisen, deren Nährwerth beim Kochen in löslichem Zustande erhalten bleiben soll, eine doppelte Procedur gehört, nämlich das „Ankochen", wobei die Speise den Siedepunkt (100° C.) erreicht haben muß, und das „Garkochen", was bei einer Temperatur von 80 bis 90° C. vor sich gehen kann. Selbstverständlich erfordert das Garkochen eine längere Zeit, wenn es bei niedriger Temperatur (70 bis 80° C.) erfolgt. Es geht hieraus hervor, daß die Wärmeentwickelung zum Ankochen eine größere und zum Nachkochen oder Schmoren eine geringere sein kann und müssen daher alle Apparate mit Vorrichtungen versehen sein, welche trotz verschiedener Hahnstellung die vollständige Verbrennung des Gases ermöglichen, aber auch die Hahnstellung äußerlich gut erkennen lassen.

In Fig. 308 stellen wir einen Einzelbrenner nach System Wobbe dar. Der Durchmesser des Gaskocher-

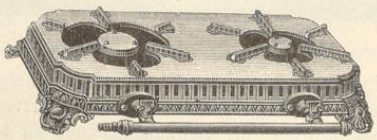
Fig. 308.



gestelles beträgt 21 cm, der Gasverbrauch pro Stunde 0,30 cbm. Zum Kochen eines Liter Wasser sind nur 6 Minuten erforderlich.

Derartige Apparate werden auch als Wandkocher ausgeführt, sie sind an einem Wandkonsol befestigt und die Gaszuführung erfolgt — wie bei allen stehenden Brennern — „von unten". Der Gaskonsum läßt sich durch einen Hahn regeln oder abstellen.

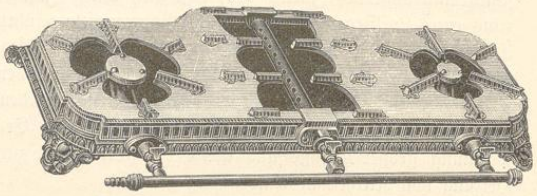
Fig. 309.



In Fig. 309 ist eine Herdplatte zu zwei Brennern, nach dem System Wobbe dargestellt. Dieselbe hat 48 cm Länge bei 24 cm Breite und wird von der Firma Schulz & Sackur schwarz lackiert oder emailliert geliefert; Messingrohrleitung und Hähne werden auch vernickelt geliefert. Des besseren Ansehens wegen werden die Wobbe'schen Herdplatten auch mit vertieft liegenden Rippen nach dem Gebrauchsmuster Nr. 49979 geliefert. Am Zuleitungsrohre befindet sich eine Schlauchtülle, auf welche der Gummischlauch gezogen wird, der die Zuführung des Gases zur Herdplatte vermittelt. Nach Beendigung des Kochens kann der Apparat bei Seite gestellt werden.

Fig. 310 stellt eine Kochplatte mit drei Brennern dar, und zwar ist der mittlere Brenner ein sogenannter Röhrenbrenner (vergl. Fig. 305). Länge der Kochplatte 73 cm,

Fig. 310.

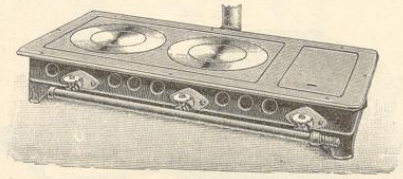


Breite derselben 24 resp. 28,5 cm. Stündlicher Konsum 0,7 cbm. Für größeren Bedarf kommen auch Kochplatten zu vier und fünf Brennern mit oder ohne Röhrenbrennereinlage in den Handel.

Außer den vorstehend besprochenen offenen Kochapparaten kommen auch geschlossene Herdplatten zur Verwendung. Dieselben eignen sich besonders für größere Haushaltungen, weil sich die ganze Platte erwärmt, wenn auch nur eine Flamme funktioniert. Herdplatten nach eigenem Brennersystem lieferte ferner Friedrich Siemens-Dresden und die Hildesheimer-Sparherdfabrik von Senking.

Fig. 311 stellt eine Senking'sche Gaskochplatte mit geschlossenem Boden für zwei Rund- und einen Langbrenner

Fig. 311.



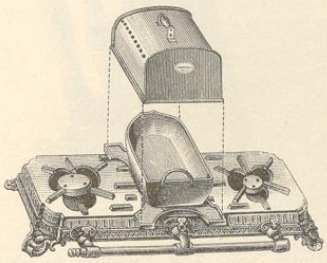
dar. An der Stirnseite des Apparates befinden sich das Gaszuführungsrohr mit Schlauchtülle und die Zutrittsöffnungen für frische Luft; das an der Rückseite aufsteigende Dunstrohr führt die Verbrennungsprodukte ab.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gasbratöfen. Zum Braten benutzt man vielfach den Schnellbratapparat von Kuntze mit Asbesteinlage und Doppelboden, bei welchem das zu bratende Fleisch gehörig zubereitet in den Schnellbrater gelegt, dieser verschlossen und auf die offene Flamme eines Gasbratofens gesetzt wird. Diese Schnellbrater werden in runder und ovaler Form, letztere in Dimensionen von 26 bis 40 cm Länge bei entsprechender Breite, hergestellt.

Mehr verbreitet sind die in Fig. 312 dargestellten Gasherdplatten mit Bratvorrichtung, bei welcher die

Fig. 312.

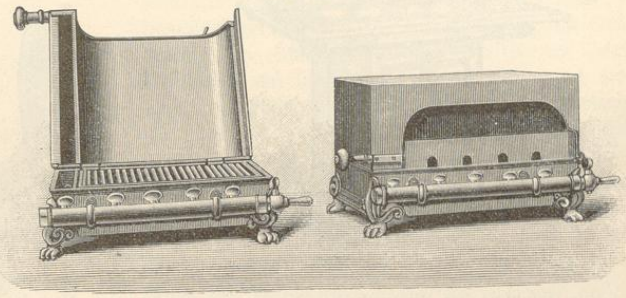


Wärmeerzeugung durch Röhrenbrenner, wie in Fig. 310, oder auch durch Rundbrenner erfolgt. Der stündliche Gasverbrauch der Bratvorrichtung beträgt 0,25 bis 0,30 cbm. Zu derselben wird eine gußeiserne Unterlagsplatte und die abnehmbare, schmiedeeiserne Brathaube geliefert. Letztere ist 34 cm in Länge lang, 23,50 cm breit, 17 cm hoch. Die Bratpfanne besteht aus Gußeisen oder Schmiedeeisen.

Die in Fig. 312 dargestellte Bratvorrichtung ist nur für kleinere Haushaltungen bestimmt: Bei größerem Bedarf kommen Koch- und Bratapparate mit Herdplatten zu zwei bis vier und mehr Brennern zur Verwendung. Der stündliche Gaskonsum beträgt 2 cbm. Auch diese letztgenannten Apparate sind transportabel und werden in der Regel auf einen vorhandenen Kachelherd aufgestellt. Die Zuleitung des Gases erfolgt wie vor durch Einschaltung eines Gummischlauches.

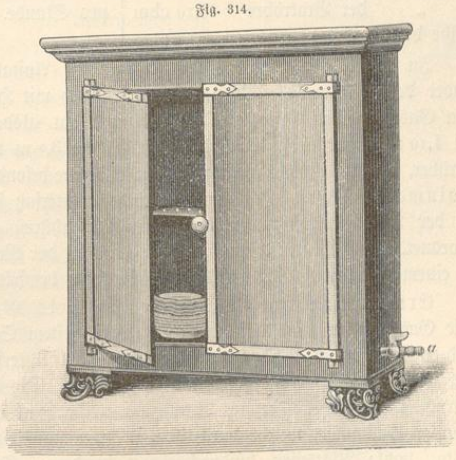
Gasröstapparate. Auch das „Braten auf dem Rost", das neuerdings in Deutschland wieder in Aufnahme gekommen ist, wird in Hotels, Restaurants und anderen öffentlichen Lokalen lediglich durch Gasröstapparate bewirkt. Fig. 313 stellt einen Gasröstapparat (Grill) von 38 × 42 cm Rostfläche dar; der Zutritt des Gases erfolgt durch eine mit Schlauchtülle versehene Röhre an der Vorderseite. In der Stirnwand befinden sich Luftzutrittsöffnungen und die Verbrennungsprodukte ziehen zwischen doppelten Wänden ab. Die linke Seite der Figur zeigt den Rost und die zurückgeschlagene Deckplatte; auf der rechten Seite ist der Apparat im geschlossen Zustande dargestellt. Das Gaszuführungsrohr hat 10 mm lichten Durchmesser.

Fig. 313.



Wärmeapparate zum Anwärmen von Tellern Schüsseln, Speisen u. s. w. werden in runder oder ovaler Grundform mit einfachen Blechwandungen hergestellt und mit Gaszuleitungsrohr und Verbrennungskammer versehen. Sollen Speisen darin gewärmt werden, so erhalten sie eine doppelte Wandung, durch deren Hohlraum die Verbrennungsprodukte abziehen. Fig. 314 stellt einen Wärmeschrank gebräuchlicher Gattung dar. Bei a befindet sich die Schlauchtülle mit Regulierungshahn; zur Wärmeabgabe werden Röhrenbrenner benutzt. Die Wandungen der Schränke sind aus Schmiedeeisen gefertigt.

Fig. 314.



Auch Anrichtetische mit heizbarer Tischplatte aus Schmiedeeisen sind für größere herrschaftliche Küchen in Gebrauch; sie ruhen auf säulenartigen Füßen von Gußeisen, die Tischplatte ist verzinnt und die Erwärmung erfolgt durch Gasfeuerung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Für größere herrschaftliche Küchen werden auch vollständige Gasherde nach Art des in Fig. 315 dargestellten verwendet. Die Herdplatte ist geschlossen und mit vier Ringeinsätzen verschiedener Weite versehen. Außerdem ist ein Wasserschiff vorhanden. Unterhalb der Herdplatte ist ein Bratofen angeordnet, dessen Klapptür um eine horizontale Achse drehbar ist. Der Raum unter dem Bratofen wird als Wärmespind benutzt.

Fig. 315.



Zur Erhitzung des Plattenherdes dienen vier Rundbrenner, das Wasserschiff wird durch einen Röhrenbrenner und der Bratofen durch zwei dergleichen erwärmt. Das Gaszuführungsrohr hat 20 mm Weite.

Gaskonsum der Kochbrenner	1,18 cbm	pro Stunde.
„ der Bratröhre	0,70 cbm	
Höhe des Herdes	0,88 m	

In Hotels, Restaurants und öffentlichen Anstalten findet der Küchenbetrieb neuerdings vielfach mit Hilfe von Gaskochherden [1]) statt. Die Kochplatte hat alsdann bei 1,10 mm Breite die beträchtliche Größe von 3,0 m und darüber, enthält 10 bis 12 Ringeinlagen und eine besondere Bainmarie-Platte. In dem eisernen Herduntersatz sind in der Regel Wärmspinden mit Gelenkschiebethüren angeordnet. Das Braten, Backen, Rösten wird in der Regel in einem besonderen Gas-, Brat- und Backofen bewirkt.

Erwärmung von Plätteisen mittels Gas. Die Gasplätteisen sind hohl konstruiert, mit festem Stiel und Holzgriff, und werden auf einen verzierten Untersatz, den sogenannten Plätteisenwärmer, gestellt. Die Erwärmung des Eisens erfolgt durch zwei kleine, stark entleuchtete Flammen, welche durch das, in zwei Kanäle geteilte, hohle Plätteisen hindurchgeleitet werden. Diese Kanäle sind wellenartig geformt, um die Heizfläche zu vergrößern. Durch die Wirkung der beiden Flammen wird das Eisen schnell erhitzt und die Abzugsgase entweichen durch zwei entsprechende Öffnungen a Fig. 317. Die Abkühlung des Plätteisens verhindert der in Fig. 316 dargestellte Untersatz.

Fig. 316.

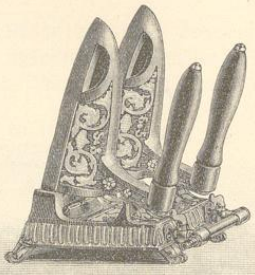


Fig. 317 stellt die Einrichtung für ein Gasplätteisen mit Untersatz dar. Unter dem Stiel desselben befindet sich die Schlauchtülle.

Fig. 317.



Fig. 318.



In größeren Haushaltungen sind auch Doppelplätteisen mit einem gemeinsamen Untersatz (vergl. Fig. 318) in Gebrauch. Hierdurch wird der Wärmeverlust nach Möglichkeit eingeschränkt und der Gasverbrauch stellt sich auf nur 150 bis 180 l pro Stunde. Bei dem Preise des Berliner Heizgases von 10 Pfg. pro Kubikmeter würde dies für zehnstündige Arbeitszeit einen Aufwand von nur 15 bis 18 Pfg. pro Arbeitstag bedeuten.

Anm. Außer der letztgenannten Anwendung des Gases im bürgerlichen Haushalte existieren mancherlei Apparate für gewerbliche Zwecke, deren Besprechung hier unterbleibt. Wir nennen nur die Brenneisenwärmer für Friseure, Lötapparate für Gold- und Silberarbeiter, Graveure u. s. w., Gasapparate für Bäcker, Konditoren, Destillateure u. s. w. In der modernen Therapie finden Kocher für galvanische Bäder, sowie Apparate zur Abtötung der Bakterien im Wasser Anwendung. Die Anwendung des Gases für Heizzwecke ist im § 18 eingehend besprochen.

§ 19.

Badeöfen mit Gasheizung.

Eine weitere Anwendung findet das Gas zur Erwärmung des Badewassers in Badeöfen. Das dazu verwendete Konstruktionsprinzip ist in den meisten Fällen die Gegenstromheizung und die Art, wie dieselbe zur Erwärmung des Wassers benutzt wird, bildet den Unterschied der bisher bekannt gewordenen, technisch brauchbaren Systeme.

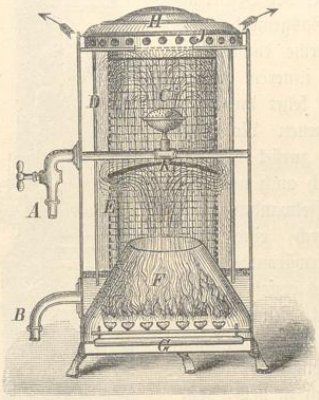
Einer gewissen Beliebtheit erfreute sich bisher

1) der Houben'sche (Aachener) Badeofen. Bei demselben

1) Gut funktionierende Anlagen dieser Art sind hier und anderwärts von dem Fabrikanten A. Senking in Hildesheim ausgeführt und wird auf den ausführlichen Spezialkatalog der Firma verwiesen.

wird eine rasche und ziemlich vollständige Übertragung der Verbrennungswärme des Gases an das Wasser in der Weise erzielt, daß das Wasser direkt mit den Verbrennungsprodukten des Gases in Berührung gebracht wird. Der Ofen besteht aus einem cylindrischen, geschlossenen Blechmantel; darin befindet sich in Abstand von einigen Centimetern ein zweiter Mantel D (Fig. 319). Zur Heizung

Fig. 319.



werden die am Boden des Ofens angebrachten Röhrenbrenner G benutzt und die Verbrennungsprodukte durch einen darüber gestellten konischen Mantel aufwärts geleitet, sodann durch etwa in Mitte der Höhe angebrachten Schirm aufgefangen und gegen die Peripherie des Drahtmantels D getrieben. Während die Verbrennungsgase die Maschen des Drahtnetzes zu durchdringen streben, spritzt das kalte Wasser aus der Brause C, rieselt am Drahtnetz herab, wird hierbei erwärmt und sammelt sich im unteren Teil des Ofens, um durch das Rohr B abzufließen. Je schwächer man den Ausfluß bei B stellt, desto heißer wird das Wasser und ist der Wärmeeffekt der denkbar vollkommenste, so daß zu einem Bade von 300 l Inhalt nur 1,5 cbm Gas erforderlich sind. Die gangbaren im Handel erhältlichen Größen dienen zur Erwärmung von 6 bis 40 l Wasser in der Minute. Die Gaszuleitungen betragen für die geringen Nummern 10 mm und für die größeren 20 mm.

Ein Übelstand dieser Öfen ist, daß die Verbrennungsprodukte des Gases durch die Ofendecke in das Badezimmer entweichen. Da für ein Bad von 160 l im Monat 0,70 cbm Gas verbraucht werden (bei Erwärmung von 10° auf 32°), so ist die bei der Verbrennung entwickelte Kohlensäure so erheblich, daß sie in einem unventilierten Badezimmer Krankheitszustände hervorrufen kann. Andererseits würde der Ofen seine Wirksamkeit einbüßen, wenn man die Verbrennungsgase durch ein Rohr sammeln und ableiten wollte. Da der Houben'sche Ofen auch keinen eigentlichen Wasservorrat hat, so eignet er sich nicht zur Abgabe warmer „Brausen"; Öfen, welche diesen Zweck erfüllen, sind nach einem anderen System gebaut, d. h. das Wasser tritt nicht in freie Berührung mit den Verbrennungsgasen, sondern es muß eine Heizschlange oder ein System vertikaler Heizröhren umspülen, in denen es seine Temperatur erhöht.

In diese Kategorie gehört:

2) Der Stuttgarter Badeofen. Derselbe ist nach dem Prinzip der Gegenstromheizung eingerichtet und besteht aus einem doppelten cylindrischen Blechmantel mit kuppelförmiger Haube. In den Mantel tritt das Wasser unterhalb ein, erfüllt den Zwischenraum bis zum Scheitel der Kuppel und sinkt nunmehr in den konzentrisch untereinander angeordneten Rohrspiralen bis zum Ausmündungsrohr, das mit Hahn, separatem Brausearm und Thermometer zum Mischen der Brause ausgestattet ist. Die Erwärmung der übereinander angeordneten Wasserröhren geschieht durch einen spiralförmig angeordneten Röhrenbrenner (vergl. § 17). Derselbe wird von außen her durch eine Zündflamme entzündet. Über der Haube ist ein Behälter zum Wärmen von Badewäsche angebracht und mit schließendem Deckel versehen. Auch der Baderaum kann durch einige im Ofensockel befindliche Röhrenbrenner erwärmt werden.

Auf dem Prinzip der Heißwasserstromheizung beruht auch:

3) der Gasbadeofen von Friedrich Siemens in Dresden. Auch diese Fabrik liefert ihre bewährten Fabrikate in verschiedener Ausführung, nämlich mit oder ohne Brauseworrichtung; als Untersatz wird entweder ein niedriges Fußgestell benutzt, wie dies Fig. 320 darstellt, oder aber ein hoher Dreifuß, wie in Fig. 322ª. Soll gleichzeitig mit der Badewanne das Badezimmer geheizt werden, so kommt ein geschlossener Heizofenuntersatz mit Reflektor zur Verwendung (Fig. 323). Die Vorrichtung zur Erwärmung des Wassers befindet sich wieder in dem sogenannten Mantel des Ofens oberhalb des Drei-

Fig. 320.

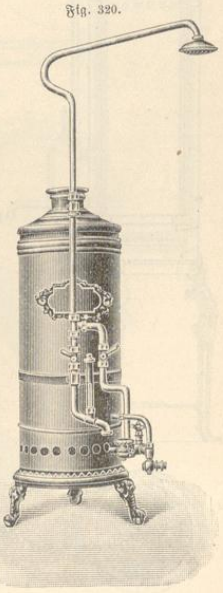
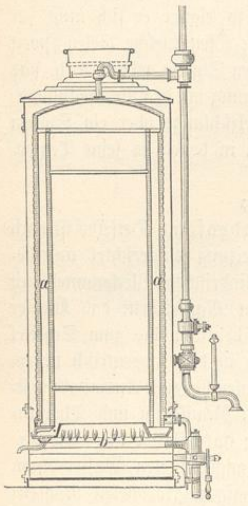


Fig. 321.



fußes. Derselbe dient nur dekorativen Zwecken und wird entweder in Kupfer poliert oder emailleähnlich lackiert geliefert. Für gewöhnliche Fälle erhält der Mantel einen Durchmesser von 37 cm, während der Durchmesser des Gestelles 48 cm beträgt. Bei geschlossenen Untergestellen erhöht sich der Durchmesser auf 55 cm.

Der Heizapparat (Kessel) hat die Form eines Doppelcylinders und ist aus Blech konstruiert. Derselbe wird nach unten hin durch einen Boden, oberhalb durch eine Doppelhaube geschlossen. Zwischen den Kesselwänden verbleiben als Wasserraum 40 mm. Zur schnellen Erwärmung dieses Wassercylinders dienen 20 bis 25 Stück vertikale, 3 cm weite Siederohre a a, Fig. 321.

Fig. 322.

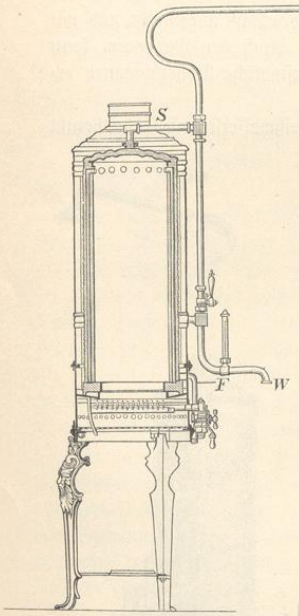


Fig. 322a.



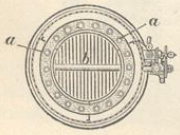
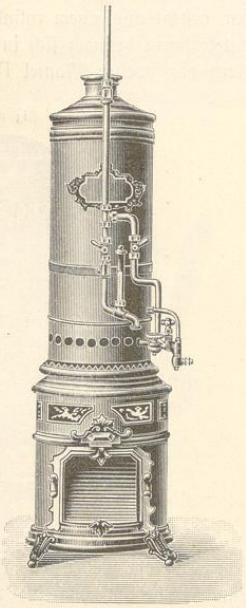


Fig. 323.



Unter dem Kesselboden ist nur der im Durchschnitt ersichtliche, 25 mm weite röhrenförmige Heizbrenner b angebracht; wird dieser entzündet, so steigt die bei der Verbrennung des Gasgemisches erzeugte Wärme empor, bespült den inneren Kesselboden und kehrt durch die vorbeschriebenen Rohre a nach unten zurück und bespült endlich auch noch die äußere Kesselwandung, so daß dadurch eine sehr schnelle Erwärmung des Badewassers erzielt und in 12 bis 14 Minuten ein Bad hergestellt werden kann. Die Verbrennungsprodukte sammeln sich in dem Ofenaufsatz an und können ins Zimmer abziehen, wenn dasselbe mit Lüftungsanlage versehen ist, andernfalls werden die Gase direkt aus der Haube in das nächste Rauchrohr eingeführt.

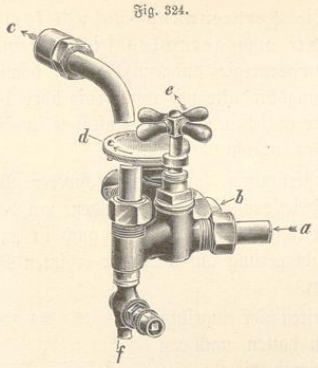
Das kalte Wasser tritt bei f dicht über dem Kesselboden ein, steigt — vorgewärmt — nach oben, gelangt am höchsten Punkte in das Ausflußrohr S und kann — je nach Stellung des Zwischenhahnes — entweder nach unten, d. h. in die Badewanne, oder nach oben, in die temperierte Brause abfließen.

Die Siemens'schen Gasbadeöfen sind mit einem kombinierten Gas- und Wasserhahn (Fig. 324) versehen. Derselbe verhindert die unrichtige Behandlung des Ofens und kann das Gas erst entzündet werden, wenn der Wasserhahn geöffnet ist, d. h. Wasser durch den Ofen läuft. Wird der Ofen außer Betrieb gesetzt, so kann der Wasserhahn erst geschlossen werden, nachdem der Gashahn zugedreht, d. h. die Flammen erloschen sind. In Fig. 324 bezeichnet:

a den Wasserzutritt,
b den Gaszutritt,
d die Regulierscheibe,
e den Wasserregulier-Handgriff,
f den Entleerungshahn.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 324.



Außer den vorstehend genannten Gasbadeöfen sind noch erwähnenswert:

Der Karlsruher Schulbadeofen, mitgeteilt in der deutschen Bauzeitung, Jahrgang 1891,

der Dessauer Badeofen für Gegenstromheizung mit doppeltem Mantel aus Blech, in dessen Zwischenraum das Badewasser emporsteigt, und mehreren untereinander angeordneten Traufbecken mit kegelförmiger Sammelstelle mit zugehörigem Auslaufhahn. Die Erwärmung erfolgt durch einen sternförmigen Brenner.

Auch der von der Aktiengesellschaft Schäfer & Walcker in Berlin nach dem Patent „Junkers“ ausgeführte Badeofen ist in seinen Leistungen beachtenswert.

Die Firma Schulz & Sackur, Berlin, fertigt Badeöfen nach System „Wobbe“ in zwei Größen für 10 resp. 15 l Wasserabgabe pro Minute bei 30° C. Temperaturerhöhung. Die Konstruktion dieses Ofens ist in Fig. 325 und 326 erläutert. Er besteht aus einem doppelten Mantel und einer Batterie horizontal und ringförmig übereinander angeordneter Böden mit Doppelwandung, welche miteinander kommunizieren und so einen eigenartigen Heizkörper bilden. Im Centrum des Ganzen ist, vom untersten Doppelboden beginnend, ein Steigerohr emporgeführt, welches seinen heißen Inhalt — je nach Stellung des Hahnes — entweder direkt zur Wanne oder zur temperierten Brause führt, vergl. die Figur. Von dem obersten Doppelboden ist ein Rohr abgeleitet, in welchem sich Luft ansammelt und durch ein Ventil entlassen werden kann.

Der eigentliche Gasheizapparat ist ein Ringbrenner und besteht aus einer Kombination von Bunsen'schen Röhren mit gemeinschaftlicher Mischdüse. Je nach Größe der pro Minute abzugebenden Wassermenge erhalten diese Ringbrenner 12 bis 24 Flammen. Die Entzündung der von außen schwer zugänglichen Brennerflammen erfolgt durch eine besondere Zündflamme, und zwar mit Hilfe des beweglichen Zündrohres z (Fig. 327).

Fig. 325.

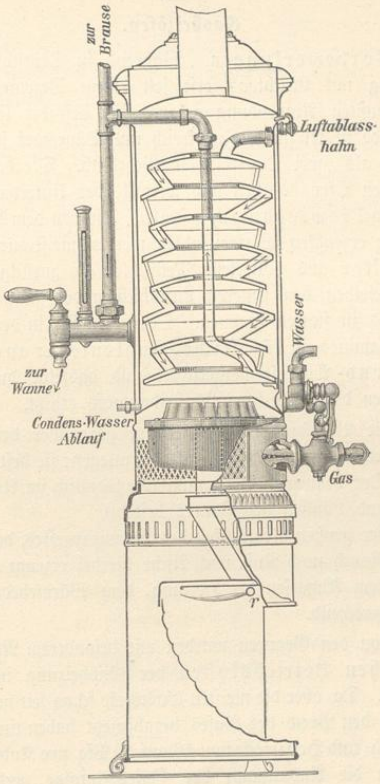


Fig. 326.

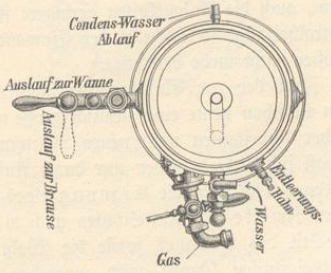
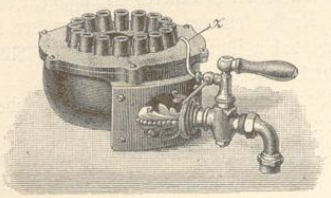


Fig. 327.



§ 20.
Gasheizöfen.

Vorbemerkungen. Während in Deutschland die Heizung mit Leuchtgas erst seit einem Dezennium zur zielbewußten Anwendung gelangt ist, befindet sich diese Methode in England, Frankreich und Dänemark schon seit länger als zwei Dezennien in Gebrauch. Die dazu verwendeten Öfen bestehen aus Metall, der Unterbau ist in der Regel kaminähnlich gestaltet. Die von dem Röhrenbrenner erzeugten Wärmestrahlen werden meist durch einen Reflektor aus poliertem Metallblech so zurückgestrahlt, daß dieselben den unteren Luftschichten des zu heizenden Raumes zu statten kommen. Oder es wird in der Nische eines Kamines ein künstliches Kohlenfeuer aus Bimstein und Asbest hergerichtet und dasselbe durch die Flammen des verdeckten Bunsenbrenners erhitzt.

Die Vorzüge der Gasheizung gegenüber derjenigen mit festen Brennstoffen sind leicht darzulegen; sie bestehen in:

1) Der bequemen Bedienung (die lediglich im Anzünden und Löschen des Feuers besteht),
2) der großen Reinlichkeit des Brennprozesses, da weder Rauch noch Ruß, noch Asche hierbei erzeugt werden,
3) dem Anpassen der Heizung, dem Wärmebedarf entsprechend.

Von den Gegnern wurden mit besonderem Nachdruck die hohen Betriebskosten der Gasheizung ins Feld geführt. Da aber die meisten Gaswerke schon seit mehreren Jahren den Preis des Gases herabgesetzt haben (in Berlin für Koch- und Heizzwecke von 16 auf 10 Pfg. pro Kubikmeter) und da die Ausnutzung des Gases infolge verbesserter Ofenkonstruktionen eine bei weitem höhere geworden ist als vordem, auch die Anlagekosten geringere sind als die einer Centralheizung, so erscheint der Einwand zu hoher Betriebskosten nicht mehr berechtigt.

Die Zahl der zur Einführung gelangten Ofenkonstruktionen ist schon heute eine ziemlich große und bei dem Streben der Fabrikanten nach neuen Mustern ist es erklärlich, daß sich viele derselben nur durch Äußerlichkeiten unterscheiden. Daß auch die Eignung eines Ofens für besondere Zwecke (Kirchen, Schulen u. s. w.) die Form und den Stil des Aufbaues sowie die Wahl der Konstruktion beeinflussen können, wird zugegeben. Auch die Kunstform soll bei diesen neueren Erzeugnissen der Industrie zu ihrem Rechte kommen, aber es darf der Hang nach Luxus nicht dahin führen, daß dadurch die Anschaffungskosten unverhältnismäßig erhöht werden.

Die Bestimmung, ob mit leuchtenden oder mit entleuchteten Flammen geheizt werden soll, ist zwar von Einfluß auf die Konstruktion, in beiden Fällen aber ist die höher stehende hygienische Bedingung zu erfüllen: daß die Verbrennung eine vollkommene, insbesondere auch geruchlos sei und ferner die Verbrennungsenergie ausgenutzt wird, damit die Verbrennungsprodukte mit nur wenig über 100° l Temperatur abziehen, überdies auch stets in ein besonderes Ventilationsrohr münden.

Die Berührung kalter und schwerer Metallflächen durch die Heizflamme ist zu vermeiden, um das Auftreten unbequemer Abgase zu verhindern; auch ist nach Möglichkeit Staubablagerung auf temporär erhitzten Metallflächen zu beseitigen.

Die ersten hier eingeführten Gasöfen hatten, nach englischem Gebrauch, die Kaminform, d. h. das offene Feuer wurde beim Brennen derselben sichtbar. Dagegen ging man in Deutschland bald zu geschlossenen Ofenformen über. Hierher gehört der von Kutscher in Leipzig nach dem System Zschetschnick ausgeführte, in Fig. 328 dargestellte Ofen. Aus dem ringförmigen Brenner C brennt das Gas in entleuchteten blauen Flammen und der Luftzutritt wird mittels der Schraube r reguliert. Die heißen Verbrennungsprodukte steigen in dem prismatischen Mantel A empor und umspülen die Rohre B B, welche — schräg ansteigend — die Zirkulation der Luft an der vorderen und hinteren Mantelfläche vermitteln, denn an der Rückseite tritt dieselbe kalt in die Röhre ein, an der Vorderseite warm aus. — Die Verbrennungsprodukte ziehen oberhalb durch eine Öffnung unter der Ofendecke ab, wobei die Größe der Luftabfuhr durch den Winkelhebel G, F, D geregelt werden kann [1]). Fig. 329 giebt die neuere Ausführungsform der Kutscher'schen Öfen; hinzugefügt ist die Reflektorplatte b und die muldenförmige Platte c über den Heizflammen.

Fig. 328.

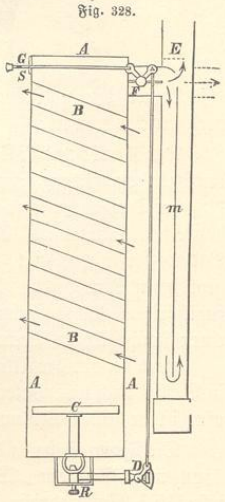
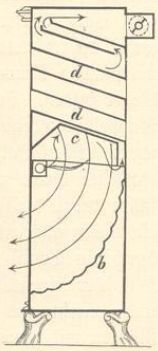


Fig. 329.



1) Ähnlich war der von Houben Sohn in Aachen ausgeführte, im Jahre 1886 in Brüssel prämiierte Wybauw'sche Ofen; bei demselben wird die Verbrennungsluft auf dem Wege zu den Heizflammen vorgewärmt, nämlich an dem unteren Kupferreflektor.

Bei dem in Fig. 330 u. 331 dargestellten Gasofen werden die Verbrennungsgase zwischen engen, parallelen Blechwänden emporgeführt. Der Sockel, in dem die Heizbrenner untergebracht sind, ist mit entsprechenden Luft-

Fig. 330.

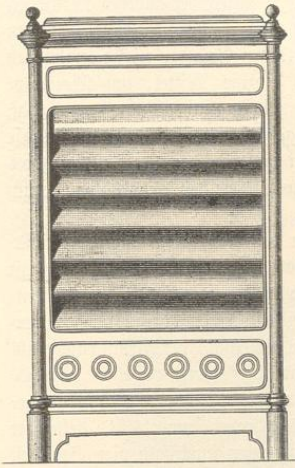
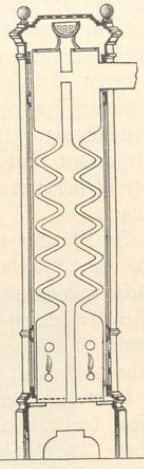


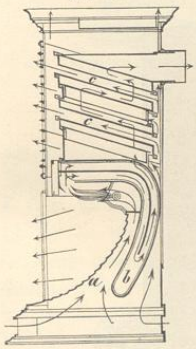
Fig. 331.



1:20.

zutrittsöffnungen versehen. Die Ofendecke ist oberhalb durchbrochen, zwecks Abzuges der Zirkulationsluft; unter der Decke befindet sich ein Verdunstungsgefäß.

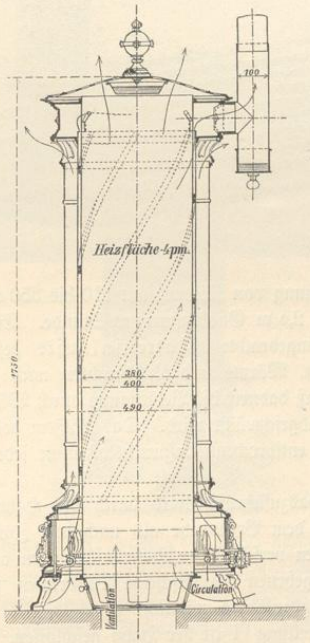
Fig. 332.



Bei dem von Fr. Siemens in Dresden gelieferten Gasofen (Fig. 332) wird die Verbrennungsluft an dem Reflektorschirm a vorgewärmt. Die Zimmerluft und die am Sockel zugeführte Frischluft erwärmt sich dagegen beim Durchströmen der flachen Zirkulationskanäle cc, deren Wände von den Verbrennungsgasen auf hoher Temperatur gehalten werden. Auch für die Beheizung von Schulräumen hat die Gasfeuerung schon erfolgreiche Anwendung gefunden, so in Karlsruhe mittels des von Meidinger und Richard konstruierten, in Fig. 333 dargestellten Ofens. Als Brenner sind Leuchtflammen, welche durch eine Zündflamme entzündet werden, gewählt. Die Regulierung des Effektes bietet keine Schwierigkeit, da zwei Seiten des Ofensockels verglast sind und die Flammenbildung durch die Marienglasscheiben beobachtet und reguliert werden kann. Gleichzeitig werden dabei auch die unteren Luftschichten durch direkte Strahlung erwärmt. Die von den Leuchtflammen abgehenden Verbrennungsprodukte endlich ziehen in schräger Richtung zwischen den enggestellten Blechmänteln aufwärts, dabei ihre Wärme gut ausnutzend. Oberhalb münden dieselben in einen ringförmigen Kanal und entweichen in das anschließende Rauchrohr.

Die kalte Zimmerluft tritt über dem Sockel in der Richtung der Pfeile in den Zirkulationsraum ein und strömt, durch das Gesims des Ofens erwärmt, ins Zimmer zurück. Die frische Luft wird, wenn angänglich, durch geeignete Zuführungskanäle vom Fußboden her entnommen,

Fig. 333.

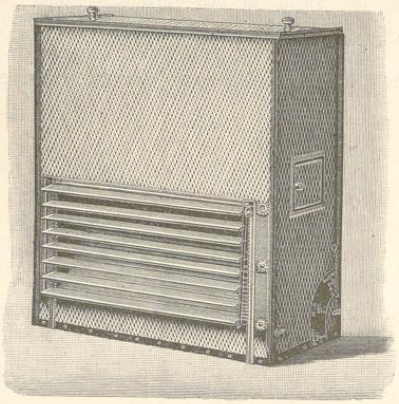


gelangt direkt in den inneren, 38 cm im Lichten weiten Ofenraum, erwärmt sich an dem erhitzten Metallmantel und entweicht durch die Ofendecke als frische und vorgewärmte Luft.

Bei Schulöfen ist besondere Vorsicht darauf zu richten, daß die Schüler mit den Zünd- und Reguliervorrichtungen nicht Mißbrauch treiben können. Bei Beginn des Winters wird dann die Heizleitung geöffnet, das Zündflammröhrchen in den Ofen hineingedreht und der Zündbrenner entzündet. Nur bei dieser Stellung läßt sich der Brennerhahn öffnen. Die Zündflamme bleibt nun während der ganzen Betriebszeit (die Ferien ausgenommen) in Brand und die Bedienung des Ofens beschränkt sich lediglich auf das Drehen des Brennerhahnes (Sicherheitshahnes).

Fr. Siemens in Dresden hat neuerdings einen zerlegbaren Gasschulofen mit Reflektor auf den Markt gebracht. Derselbe ist in Fig. 334 in Ansicht dargestellt. Diese Öfen werden in vier Nummern 0,75 bis 1,10 m breit bei 1,0 m bis 1,30 m Höhe geliefert und genügen

Fig. 334.



zur Erwärmung von Räumen mit 110 bis 350 cbm Inhalt bei 1,5 bis 2,0 m Gaskonsum pro Stunde. Eine vor dem Reflektor angebrachte Plattenjalousie gestattet nach Schulbeginn, Wärme und Lichtstrahlen nach oben abzulenken, so daß dadurch die Belästigung durch Wärmestrahlen bedeutend abgeschwächt wird. Das Äußere des Ofens ist dem Zweck entsprechend anspruchslos ohne jede dekorative Zuthat.

Die Gaszuführung wird durch den Hahnenkegel sowohl nach dem Brennrohr als nach dem Zündrohr vermittelt. Den verschiedenen Hahnenstellungen auf der den Öfen beigegebenen Zeigerscheibe entsprechen verschiedene Verbrennungszustände, nämlich:

In Stellung I ist der Hahn geschlossen,
" " II strömt Gas nach dem Zündrohr, so daß die Zündflamme entzündet werden kann.

Anm.: Bei weiterer Drehung strömt Gas in das Brennerrohr und die Heizflammen entzünden sich an der Zündflamme.

In Stellung III erlischt die Zündflamme und die Stellung IV geschieht in der Regel durch den Haupthahn.

Zur einmaligen Einstellung der Flammenlänge wird meist ein besonderer Regelungshahn angebracht.

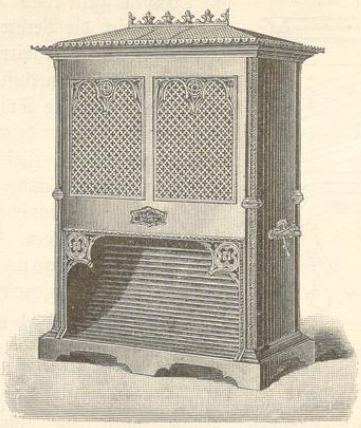
Endlich ist noch zu erwähnen, daß die Fabrikanten bei ihren neueren Erzeugnissen der Gasheizbranche die selbstthätige Regelung der Wärme zu den erstrebenswerten Aufgaben zählen. In dem Wärmeregler von Siemens wird die Ausdehnung von Wasser benutzt, um ein Kegelventil zu öffnen oder zu schließen. — Houben Sohn in Aachen verwendet eine Metallspirale, welche auf die in das Abzugsrohr eingesetzte Drosselklappe einwirkt.

Kirchenheizung. Die Verwendung des Gases zur Beheizung von Kirchen bietet gegenüber anderen Methoden mancherlei Vorteile und wo Schornsteinröhren fehlen oder Kanalheizung aus örtlichen Gründen nicht angänglich ist, beruht darin oft das einzige Mittel, um überhaupt Erwärmung zu erzielen. Anfänglich glaubte man, daß in hochräumigen Kirchengebäuden die Verbrennungsgase direkt in den Kirchenraum entlassen werden könnten; dies empfiehlt sich aber nicht, weil dieselben stets üblen Geruch erzeugen.

In München wurden zur Beheizung einer Interimskirche von 2800 cbm Inhalt vier Houben'sche Öfen mit Reflektoren verwendet, die in den vier Ecken des Kirchenschiffes Aufstellung fanden; die Abzugsrohre für die verbrannten Heizgase wurden außerhalb der Frontwände als Pfeiler hochgeführt und mit Lockflammen versehen. Stündlich konnte die Temperatur der Kirche, in Kopfhöhe gemessen, bei 10 cbm Gasverbrauch um 2° R. gesteigert werden. Die Heizkosten betrugen innerhalb vier Stunden 6 Mk. 90 Pf. Heute, bei billigen Gaspreisen, würden sich dieselben auf nur 4 Mk. belaufen.

Die Form der Kirchenöfen ist meist durch den Stil des Gotteshauses vorgezeichnet und daher ein Anklang

Fig. 335.



an gotische Formen gebräuchlich. Fr. Siemens in Dresden fertigt gut stilisierte und konzipierte gotische Kirchenöfen mit Messingreflektor, die Eisenflächen in geschwärzter oder in emaillierter Ausführung. Fig. 335 ist ein Ofen, welcher 600 cbm Luft pro Stunde erwärmt und dazu 3 cbm Gas verbraucht. Die Breite des Ofens

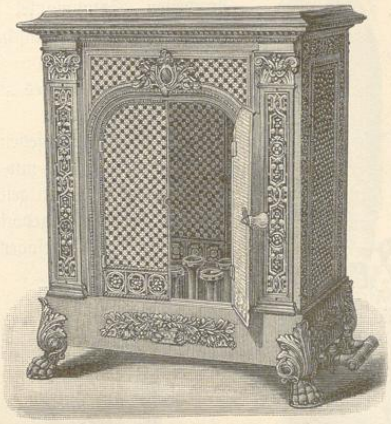
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

beträgt 1,16 m, die Tiefe 0,66 m und die Höhe 1,63 m bis zum Gesims.

Anschaffungskosten: geschwärzt . . . . . 275 Mk.
emailliert . . . . . 325 „

Nach anderen Prinzipien ist der Kirchenofen von Schulz & Sackur, Berlin, konstruiert. Zur Feuerung werden Wobbebrenner (vergl. Fig. 301 u. 302) benutzt. Jeder Ofen enthält zwei Gaszuleitungen, auf welche je sechs Wobbebrenner montiert sind, auch Regulier- und Absperrhahn für jedes Rohr. Die Verteilung der Brennerrohre im Innern des Ofens zeigt die geöffnete Gitterthür (Fig. 336). Zwecks leichteren Übertrittes der erzeugten Wärme aus dem Ofen in den Kirchenraum ist der Ofenmantel ringsum durchbrochen angelegt.

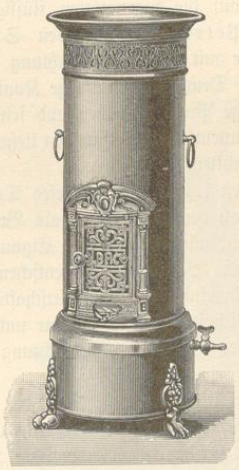
Fig. 336.



Die Maximalleistung eines solchen Ofens besteht in der Erwärmung eines Raumes von 800 bis 1000 cbm Inhalt. Dabei beträgt der stündliche Gaskonsum 4 bis 6 cbm, kann jedoch, sobald die Normaltemperatur erzeugt ist, auf 2,5 bis 3 cbm pro Stunde ermäßigt werden.

Zur dauernden oder vorübergehenden Beheizung von Wohn- und Gesellschaftszimmern resp. Geschäftsräumen im modernen Wohnhausbau, in Landhäusern, Restaurationslokalen u. s. w. sind eine große Auswahl von sogenannten Musteröfen in den Handel gebracht worden, auch durch Reichspatente oder Muster geschützt. Der leitende Baumeister steht hier einer ziemlich reichen Auswahl von Öfen verschiedenster Stilformen gegenüber. Der Metallguß der reichverzierten Flächen des Aufbaues ist in der Regel geschwärzt, emailliert oder galvanisiert; im letzteren Falle erhöhen sich die Anschaffungskosten eines Ofens um mehr als ein Drittel. Beliebt sind auch Muster (wie Nr. 102 des Verzeichnisses von Fr. Siemens in Dresden), bei denen nur das architektonische Rahmenwerk in Metall ausgeführt, die glatten Flächen zu den Seiten des Kamineinsatzes durch Majolikafliesen gebildet werden.

Fig. 337.



Zum Schluß sei erwähnt, daß für beengte Zimmer kleine Läden und dergl. auch kleine cylindrische Stubenöfen zur Verwendung gelangen. Der in Fig. 337 dargestellte transportable Stubenofen mit Leuchtgasflamme hat nur 23 cm Durchmesser bei 77 cm Höhe, der Gasverbrauch beträgt 750 l oder für hiesige Gaspreise 7,5 Pfg. pro Stunde. Das Wärmebedürfnis läßt sich bei solchen Öfen auch schnell decken, da schon wenige Minuten nach dem Entzünden der Heizflammen die Heizwirkung sicher eintritt.

Viertes Kapitel.

Beleuchtung mit flüssigen Leuchtmaterialien.

§ 1.

Die Spiritus-Glühlichtbeleuchtung.

Das Streben unserer Beleuchtungsindustrie nach immer höherer Lichtentfaltung erstreckt sich seit der Mitte dieses Decenniums nicht nur auf die elektrische und Gasbeleuchtung, sondern auch auf die sogenannten flüssigen Leuchtstoffe, nämlich das Petroleum und den Spiritus. Das Petroleum war mit der Gasbeleuchtung schon seit seiner Einführung in Deutschland in rege Konkurrenz getreten, wobei der billige Preis desselben und seine Leuchtkraft es überall da als unentbehrlich erscheinen ließen, wo öffentliche Gasanstalten fehlten.

Erst in den letzten Jahren dieses Decenniums ist in Deutschland auch der Spiritus als Bewerber auf dem Plane erschienen, nämlich in seiner Eignung für Beleuchtungszwecke. Die Notlage der deutschen Landwirtschaft und deren Rückwirkung auf die Wirtschaftspolitik Deutschlands machte sich seit Jahren fühlbar und in dieser Lage erschien die Idee der Spiritusbeleuchtung wie eine Hilfe in der Not.

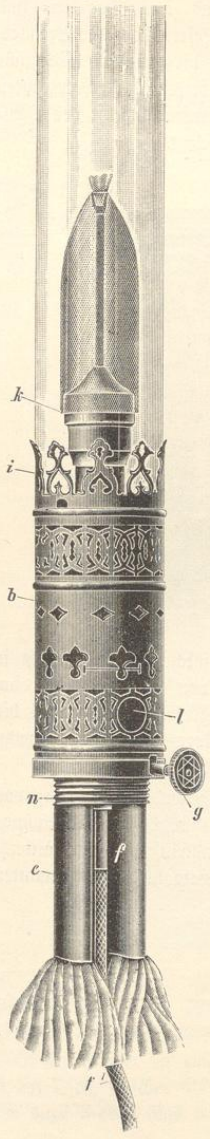
Im Jahre 1895 wurde diese Idee in die Praxis übertragen und 1896 konnte man bereits von einem Siege des Spiritusglühlichtes über die Petroleumlampe sprechen; auf Vervollkommnung der Konstruktion glaubte man rechnen zu dürfen.

Als Ergebnis des vom Verein der Spiritusfabrikanten in Deutschland am 19. Mai 1896 erlassenen Preisausschreibens wurde der größeren Lampe der Deutschen Gasglühlicht-Aktiengesellschaft von der Jury des Vereines der Preis zuerkannt. Dieselbe erzielte 46,25 Hefnerkerzen Lichtstärke bei einem stündlichen Verbrauche von 108 ccm Brennspiritus.

Nachstehend geben wir die Konstruktion der Spiritusglühlampen nach dem der Deutschen Gasglühlicht-Gesellschaft geschützten Muster (D. R. G. M. 43 688). Dieselbe besteht im wesentlichen aus einem Verdampfungsapparat, Fig. 339, und dem mit Brennerkopf und Cylindergallerie versehenen Schutzmantel b, Fig. 338.

Als Verdampfungsapparat wird ein sichelförmig gebogenes Auffaugerohr c, Fig. 339, mit darüber angebrachter Vergasungskammer e benutzt. Auf letzterer ist die Düse d angeordnet. Die Röhre f, welche den Heizdocht f^1 trägt,

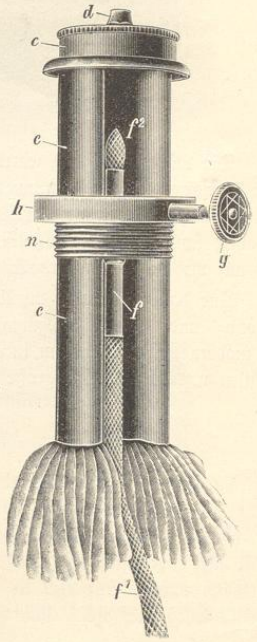
Fig. 338.



befindet sich im Centrum des Auffaugerohres. Der Docht kann durch die Regulierschraube g gestellt werden. Etwa in halber Höhe des Auffaugerohres ist ein Flansch h angeordnet, welcher den mit Brennerkopf k und Cylindergallerie i versehenen, durchbrochenen Schutzmantel b aufnimmt. An diesen Flansch schließt sich das Gewinde n; letzteres wird in den Hals des Lampenbassins eingeschraubt.

Beim Inbetriebsetzen wird der Apparat auf das mit Brennspiritus gefüllte Bassin geschraubt. Sobald die Auffaugedochte genügend Spiritus eingesogen haben,

Fig. 339.



führt man durch die Öffnung l (Fig. 338) ein brennendes Holz und zündet den Heizdocht f^1 an, wonach die Heizflamme f^2 ihre Wärme an die Saugröhre c und an die Vergasungskammer e abgiebt. In der Kammer e sammelt sich der entwickelte Spiritusdampf an, strömt, wenn genügend Druck vorhanden ist, durch die Düse d aus, mischt sich mit atmosphärischer Luft und tritt in den Brennerkopf k. Entzündet man dann das ausströmende Dampfgemisch über dem Cylinder, so wird der in bekannter Weise aufgehängte Glühkörper zum Leuchten gebracht. Die Spitze der Heizflamme soll nicht über den Maßstrich p am Schutzmantel hinausreichen.

Der Spirituskonsum beträgt bei den kleineren Spiritus-Glühlichtapparaten 60 g, bei den größeren 70 g pro Brennstunde.

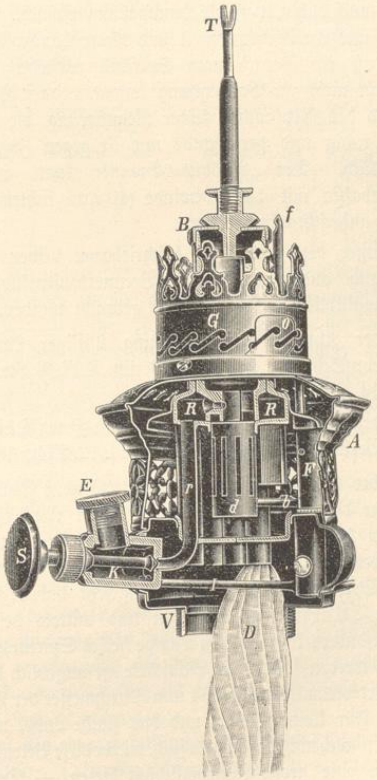
Spiritusglühlampe „Phöbus".

Gelegentlich des bekannten Preisausschreibens des Vereines der Spiritusfabrikanten ist auch die neue Lampe der Spiritusglühlicht-Gesellschaft „Phöbus" in Dresden-A. (Fig. 340) in den Vordergrund des Intresses getreten, indem sie ebenfalls mit dem ersten Preise ausgezeichnet wurde. Sie wurde seitdem erheblich verbessert und vereinfacht, wodurch ihre Brauchbarkeit bedeutend erhöht worden ist. Bei dieser Glühlampe wird der Spiritus durch die Füllöffnung E eingegossen und fließt aus der Kammer K in das Glasbassin, aber auch durch das Röhrchen J nach der Dochttülle F. Aus dem Bassin wird sodann der Spiritus durch die in Dochtröhren befindlichen Dochte in die Retorte R befördert. Will man die Lampe anzünden, so führt man durch den Ausschnitt A des Brennerkorbes ein Zündflämmchen, dadurch wird die Dochttülle F vorgewärmt und es bilden sich sofort zwei Stichflammen, welche die Retorte R erhitzen. Hierauf entzündet man auch die kleine Stichflamme bei f. — Die Spiritusdämpfe entweichen aus der Retorte durch die links sichtbare Aussparung nach der im Centrum angeordneten Gasdüse und von hier aus in den Brennerkopf, wo sie sich mit der durch die Luftdüse d angesaugten frischen Luft mischen. Das Luftdampfgemisch entweicht oberhalb bei B und dieses wird durch die Stichflamme f entzündet, wenn es brennbar geworden ist. — Sobald dies geschieht, erlischt aber auch die bei F brennende Zündflamme, weil der Spiritusvorrat nur beschränkt ist. Die Verdampfung vom Spiritus findet nunmehr lediglich durch Wärmeleitung vom Brennerkopf aus statt.

Eine sehr wesentliche Verbesserung der Lampe ist die Regulierbarkeit des Luftzutrittes durch die Düse d; man ist dadurch in der Lage, auch beliebigen Handelsspiritus (unter 80 Proz.) verwenden zu können. Ferner gestattet die jetzige Verbesserung des Brennerkopfes, jeden beliebigen Glühkörper zu verwenden.

Das Auslöschen der Flamme geschieht durch Lösen der Schraube S. Der Konus, der das Röhrchen r bei dem gewöhnlichen Betriebe geschlossen hält, wird hierbei zurückbewegt, die Spiritusdämpfe kommen in die Kammer K, kondensieren und der kondensierte Spiritus fließt in das Bassin zurück.[1]). — Erfinder und Verbesserer der Phöbuslampe ist der Ingenieur Albert Perlich, Dresden.

Fig. 340.



In der „Zeitschrift für Spiritusindustrie" (1897, Nr. 23) hat Prof. Hayduck einige interessante Vergleichsmessungen mitgeteilt. Zu seinen Versuchen benutzte er den schwächsten im Handel zulässigen Spiritus von 80 Proz. zu einem Preise von 23 Pfg. für 1 l; der Preis für 1 l Petroleum betrug 20 Pfg.

1) Vergl. Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Jahrg. 1898, Seite 229/230.

	Phöbus-Lampe		
	I	II	III
Lichtstärke in Hefner-Kerzen	30,6	30,6	33,2
Stündlicher Verbrauch an Brennstoff in Kubikcentimeter	85	84	93,3
Stündliche Beleuchtungskosten in Pfennigen	2	1,93	2,14
Kosten einer Lichtstärke von 10 Hefner-Kerzen in einer Stunde in Pfennigen	0,65	0,63	0,64

Prof. Hayduck resumiert sich über den Betrieb der Lampe noch dahin, daß die Handhabung einfach, auch Anzünden und Auslöschen schnell und bequem auszuführen ist, ohne daß ein Geruch nach Spiritus entsteht. Da ein Heizdocht nicht zur Verwendung kommt, bedarf die Lampe während des Gebrauches keiner Regulierung, die Flamme brennt ruhig und geräuschlos und ist gegen Zugluft unempfindlich. Der „Phöbus-"Brenner kann auf jedes Lampenbassin mit 14‴ Gewinde (40 mm lichtem Durchmesser) aufgeschraubt werden.

Außer den vorstehend beschriebenen beiden Lampen sind auch andere patentierte Brennerkonstruktionen für Spiritusglühlicht auf den Markt gebracht worden, so

1) der Apparat zur Vergasung flüssiger Brennstoffe von Schuster & Baer in Berlin, D. R. P. Nr. 90767, dd. 24. November 1895;
2) der Spiritusglühlicht-Brenner von Franz Deisler in Berlin, D. R. P. Nr. 92303, dd. 12. März 1896 u. a.

Über eine neue Spiritusbeleuchtung ohne Glühstrumpf berichten die „Volkswirtschaftlichen Nachrichten" im Juni 1897, daß Dr. Herzfeld & Baer, Leiter eines chemischen Laboratoriums, gemeinsam mit H. Guttmann einen Spirituslechtstoff zusammengesetzt haben, der den Namen „Lucin" erhalten hat und mittels dessen auf einer besonders konstruierten Lampe helles Spiritusglühlicht erzeugt werden soll. Die Lichtstärke ist angeblich diejenige einer Petroleumlampe von 34 mm Durchmesser der Brennerhülse. Für kleine Städte und das flache Land, wo Gasanstalten noch nicht vorhanden sind, würde diese Beleuchtungsmethode eine große Annehmlichkeit bieten. — Dem Verfasser ist nicht bekannt geworden, daß dadurch bisher eine erwünschte Förderung der Spiritusbeleuchtung erzielt worden wäre. Vorerst sind dem Anschein nach die Chancen der Spiritusbeleuchtung wieder im Abnehmen, da es der Kontinental-Gasglühlicht-Gesellschaft „Meteor" in Berlin gelungen ist, auch das Petroleum für Glühlichtbeleuchtung nutzbar zu machen. Wir kommen speziell auf diesen Konkurrenzstreit zurück.

§ 2.
Spiritusgasherde.

Viel älter als die Verwendung des Spiritus zu Leuchtzwecken ist diejenige zum Erhitzen von Flüssigkeiten und Speisen. Eine der frühesten Anwendungen fand derselbe in den chemischen Laboratorien und in solchen technischen Betrieben, wo die erzeugten Stoffe einem vorübergehenden oder länger dauernden Kochprozeß unterzogen werden müssen. Für Erhitzung von Reagensgläsern, Röhren, Retorten wurde beim Experimentieren die bekannte Berzelius-Lampe gebraucht, das Aufsaugen des im Bassin enthaltenen Spiritus wird stets durch einen Docht besorgt.

Die Spirituskochapparate für Küche und Haus, die den Zwecken einer schnellen, sauberen, rußfreien Erhitzung von Flüssigkeiten dienen, werden mit Docht nicht mehr benutzt, sondern der Spiritus ist hier in einem 3 bis 6 cm weiten, offenen Behälter, und zwar zwischen dem dreifußähnlichen Untersatz, auf dem das zu erhitzende Gefäß ruht, untergebracht. Damit aber die Verbrennung möglichst vollkommen von statten geht, ist das metallene Spiritusbassin von Röhren, welche über dessen Rand hinausragen, durchzogen und durch diese Röhren findet Luftzuführung zum inneren Teil des Flammenbeckens statt. Ist der Kochprozeß beendet, so wird durch einen schließenden Deckel der Luftzutritt gehemmt.

Zum Erwärmen größerer Gefäße und insbesondere für die täglichen Bedürfnisse des Haushaltes werden gegenwärtig Spirituskocher in Form der Herdplatten für ein bis drei Ringe, ähnlich den im vorhergehenden Kapitel dargestellten Gaskoch-Herdplatten, konstruiert.

Fig. 341.

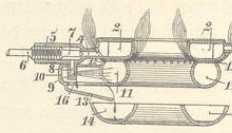
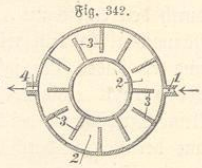


Fig. 342.



In Fig. 341 geben wir den Durchschnitt und in Fig. 342 den Grundriß der von dem Eisenwerk „Barbarossa" in Sangerhausen nach Patent „Keidel" hergestellten Spirituskochapparate. Dieser Spiritusgasherd besteht aus einem Bassin, dem Brenner und der zugehörigen Rohrleitung 1, durch welche der Spiritus vom Bassin dem Brenner zugeführt wird. Der Brenner besteht wiederum aus dem Vergaser und dem Gasverteiler. Die in den Vergaser 2 eingebauten Zwischenwände 3 sind radial eingefügt, um dem Spiritus eine große Verdunstungsfläche darzubieten. Im Vergaser, dessen Wandungen hoch erhitzt sind, wird der Spiritus in Gas verwandelt. Das Gas tritt unter dem Ventil 5 aus der

Düse 8 in den Gasverteiler 11 durch die Öffnung 9. In dem Gasverteiler wird das Gas behufs besserer Verbrennung mit Luft gemischt, die vorher erhitzt worden ist. Das Luft- und Gasgemisch strömt durch die im Durchschnitt (Fig. 341) sichtbaren centrisch zu einander stehenden Löcherkränze, wodurch es in eine größere Anzahl kleiner Flammen verteilt wird.

Die Zuströmung des Gases ist durch die Ventilschraube 6 jederzeit regulierbar, durch Zudrehen derselben erlöschen die Flammen.

Fig. 343.

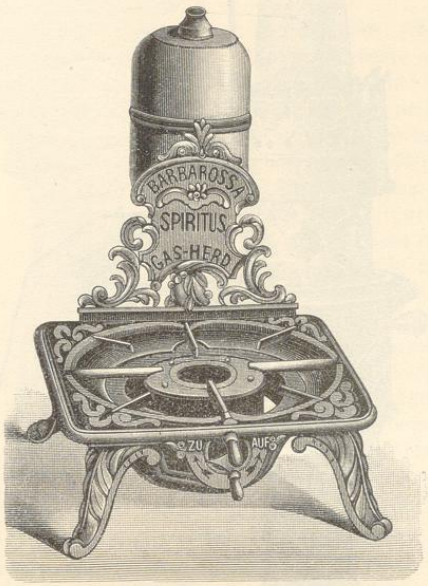


Fig. 343 stellt die komplette Ansicht des Gasherdes „Barbarossa" mit Einlochplatte, ornamentiertem Untersatz und Bassin dar. Der Herd ist in Eisen, Bassin und Rohrleitung sind aus vernickeltem Messing konstruiert.

Auf dem Spirituskochherd „Barbarossa" wird ein Liter kaltes Wasser in 4 bis 5 Minuten zum Kochen gebracht. Der Verbrauch an Spiritus beträgt pro Einlochplatte und Stunde 3 bis 5 Pfg.

§ 3.

Die Petroleum-Glühlichtbeleuchtung.

Dem industriellen Bemühen nach erhöhter Lichtentfaltung der aus gasförmigen oder flüssigen Leuchtstoffen entwickelten Flammen konnte auch das Petroleum, dieses populärste und verbreitetste aller Leuchtmaterialien, nicht entgehen; schon gegen Schluß des Jahres 1896 sehen wir zwei Firmen damit beschäftigt, das Petroleum für Glühlichtbeleuchtung nutzbar zu machen. Es waren dies:

Die Kontinental-Gasglühlicht-Gesellschaft „Meteor" Berlin,

die Handlung Dittmar in Berlin und Wien.

Der Gesellschaft „Meteor" ist ein Patent im Deutschen Reiche verliehen, auch hat dieselbe Lichtstärke und Brennstoffkonsum wissenschaftlich durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt feststellen lassen.

Es setzte sich die photometrische Prüfung laut Prüfungsschein vom 19. Dezember 1896 aus zwei unmittelbar aufeinander folgenden Versuchen von je 25 Minuten Dauer zusammen. Die gefundenen Durchschnittswerte sind in nachstehender Tabelle enthalten:

Versuch Nr.	Mittlere horizontale Lichtstärke in Hefner-Licht	Stündlicher Petroleumverbrauch in Gramm	
		Gesamtverbrauch	Verbrauch pro Hefner-Licht
1	59	63	1,1
2	61	64	1,0

Ein technisches Referat des Prof. Dr. Reuleaux vom April 1897 über den Petroleum-Glühlichtbrenner „Meteor" hat den wirtschaftlichen Fortschritt festgestellt, der durch die Einführung des Petroleumglühlichtes gegenüber der bisherigen Petroleumlampe erzielt wird. Derselbe nimmt Bezug auf die Ergebnisse des vorstehenden Prüfungsscheines, laut welchem bei den Meteorlampen eine mittlere Lichtstärke von 60 Hefner-Kerzen bei 63,5 g Petroleumverbrauch festgestellt worden ist, während diese Lampe mit gewöhnlichem Brenner eine Lichtstärke von nur 21 Kerzen bei 127 g Petroleumverbrauch in der Stunde ergab. Hiernach ist der Brennbetrieb der Lampe „Meteor" nur halb so teuer als derjenige einer gewöhnlichen Petroleumlampe und deren Leuchtkraft nach photometrischer Messung die dreifache der gewöhnlichen Lampe. Jedenfalls ist die Leistung der Glühlampe „Meteor" viermal besser als die der bisherigen bestentwickelten Petroleumlampen.

Prof. Reuleaux konstatiert ferner, daß wegen der gut durchgebildeten Luftzufuhr Petroleumdunst in der Umgebung der patentierten Lampe nicht zu bemerken sei.

Auch in zahlreichen Anerkennungsschreiben hiesiger und auswärtiger technischer Vereine, sowie durch ehrende Besprechungen in der technischen Presse Deutschlands hat der Glühlichtbrenner „Meteor" Förderung gefunden, ist durch Patente verschiedener Kulturstaaten gegen Nachahmung geschützt und neuerdings wesentlich verbessert worden. Derselbe wird — nach Aufhören der Aktiengesellschaft „Meteor" — von der Deutschen Petroleumglühlicht-Aktiengesellschaft in Berlin in vollendeter Weise

hergestellt. Vergl. auch Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Jahrgang 1897, S. 25.

Nachstehend bringen wir die im Konstruktionsprinzip dem Meteorbrenner verwandte Adam-Lampe zur Darstellung. Dieselbe wird jetzt von der Allgemeinen Reform-Petroleumglühlicht-Gesellschaft in Berlin, Prinzessinnenstraße 18, hergestellt.

Fig. 344.

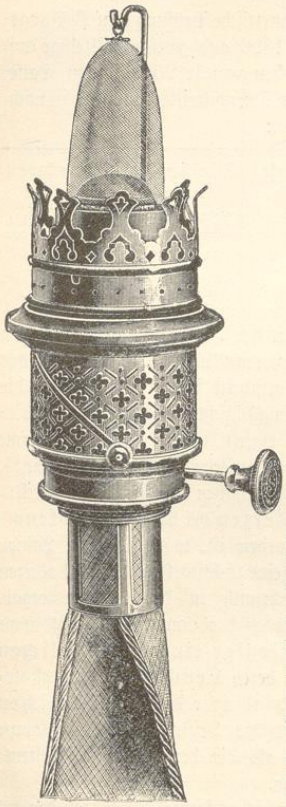


Fig. 345.

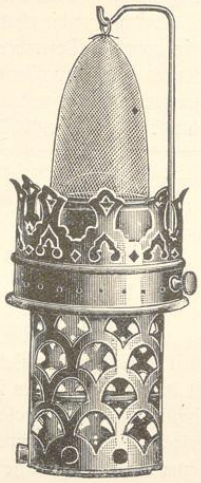


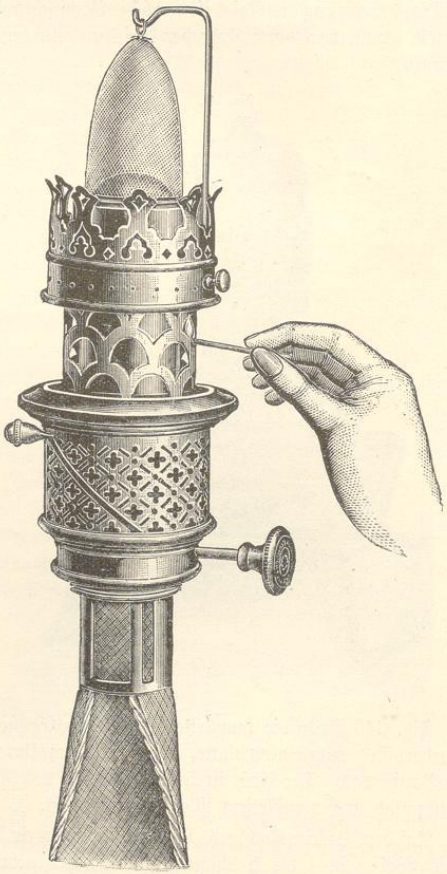
Fig. 344 giebt die komplette Ansicht des Reformbrenners in etwa $^1/_2$ Naturgröße mit Docht, Regulierschraube, passend auf jede Bassinschraube von 40 mm Durchmesser. An dem Glühkörperträger, der in eine Öse gesteckt und unterhalb durch eine Schraube festgehalten wird, ist der Glühkörper aufgehängt (Fig. 345 u. 346).

Um die Lampe anzuzünden, wird das Brenneroberteil nebst Gallerie mittels einer Drehung nach links emporgedreht, wie Fig. 346 darstellt, der Docht etwa $^1/_2$ mm über das Dochtrohr emporgehoben und angezündet (vergl. die Zeichnung). Ist derselbe vollständig angebrannt, so drückt man das gehobene Oberteil wieder herunter und dreht den Docht langsam empor, bis die weiße Flamme in eine blaue übergeht; letztere bringt den Glühkörper zum Glühen.

Soll die Lampe ausgelöscht werden, so dreht man den Docht hinreichend in das Dochtrohr hinunter, wobei die Flamme erlischt; Ausblasen würde den Glühkörper beschädigen.

Da die Galleriehebevorrichtung sich nicht immer als zweckmäßig erwiesen hat, ist zwecks Anzünden und Reinigen des Dochtes auch der ganze Oberteil des Brenners mit Gallerie, Brennerkappe und Glühkörper leicht abnehmbar

Fig. 346.

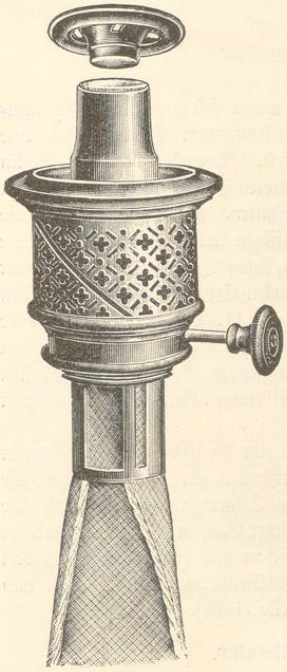


eingerichtet, wie dies aus Fig. 347 ersichtlich gemacht ist. In diesem Zustande wird das Brennerunterteil von abgefallenen Dochtresten gereinigt; zur Reinigung und vollkommenen Ebnung der oberen Dochtkante dient die kleine Vorrichtung, welche oberhalb des Dochtrohres sichtbar ist. Man muß hierauf große Sorgfalt verwenden, weil kleine Fäserchen weiße Flämmchen erzeugen, die Ruß auf dem Glühkörper absetzen.

Wegen ihrer tabellarisch nachgewiesenen hohen Lichtstärke und ihres sparsamen Betriebes eignet sich die Petroleum-

glühlichtlampe am weitaus besten als transportabler Beleuchtungsapparat der Gegenwart; sie übertrifft nicht nur die alte Petroleumlampe weit, auch die Spiritusglühlicht-Beleuchtung kann vorerst rücksichtlich der Lichtintensität und der Brennkosten nicht in Konkurrenz mit der Petroleumglühlicht-Beleuchtung treten.

Fig. 347.



§ 4.

Zu den flüssigen Brennmaterialien gehört auch jener seit einer Reihe von Jahren in der Technik zur Anwendung gelangende „Gasstoff", bestehend aus einem Gemenge von Petroleum-Destillaten mit niedrigem Siedepunkt, in der Hauptsache jedoch aus Benzin und Ligorin. Die Lampen, in welchen dieser flüssige Leuchtstoff zur Verbrennung gelangt, bestehen aus einem Behälter zur Aufnahme flüssigen Gasstoffes und einem Abflußrohr mit Absperrhahn und Brenner.

Die Brenner sind so konstruiert, daß das eintretende Mineralöl darin in Gas verwandelt wird und mit hoher Leuchtkraft und weißer Flamme verbrennt. Bei der Verbrennung wird weder Rauch noch Ruß erzeugt: Dochte und Cylinder fallen fort.

Die Erzeugung der Leuchtflamme geschieht ohne Explosionsgefahr, wie dies u. a. durch Prof. Rudolf Weber im Sitzungsberichte des Vereines zur Förderung des Gewerbefleißes nachgewiesen ist. (Vergl. Sitzungsbericht vom 2. Mai 1881.)

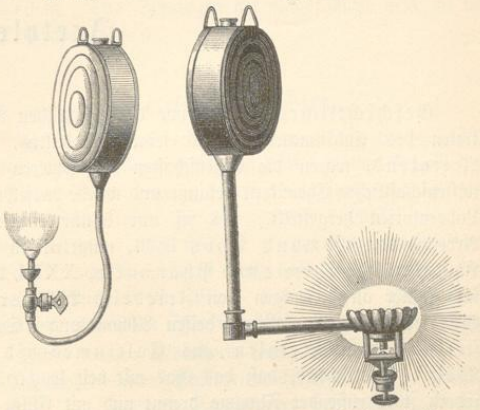
Die zur Verwendung gelangenden Brennerkonstruktionen sind entweder:

a) Breitbrenner, wie in Fig. 348 dargestellt, welche sich zur Verwendung bei Arbeiten in gedeckten oder doch geschützten Räumen eignen (der Gasstoffverbrauch beträgt pro Stunde $3^1/_2$ Pfg.) oder

b) Regulierbreitbrenner mit beliebig zu stellender Flamme, ferner

c) Sturmbrenner (Fig. 349). Dieselben erzeugen zwölf strahlenförmig austretende Flammen, welche beliebig einzustellen sind. Die Lampe wird auch geliefert mit besonderem Absperrhahn zwischen Bassin und Brenner.

Fig. 348. Fig. 349.



Die Flammen verlöschen im stärksten Wind und Wetter nicht und bieten daher Ersatz für Pechfackeln. Der Sturmbrenner ist besonders da zu empfehlen, wo die Flammen dem Wind und Regen Trotz bieten sollen, so bei Erdarbeiten, Kanalisierung, Pflasterarbeiten, Haus-, Brücken-, Eisenbahn-, Kanalbauten. Auch die städtische Bauverwaltung Berlins benutzt diese Sturmbrenner bei ihren Bauten im Freien.

Fig. 350.



Zur Beleuchtung von Restaurationsgärten, Pissoirs u. s. w. werden diese Lampen in Laternenform konstruiert und da zur Anwendung gebracht, wo — wie auf dem Lande — Steinkohlengas nicht zu haben ist. Fig. 350 stellt eine schräge Wandlaterne mit Dunstrohr und Bassin aus starkem Stahlblech dar.

Auch für die Zwecke der Feuerwehr findet die Lampe mit Sturmbrenner Anwendung. Sie ist dann mit einem eisernen Bügel nebst dergleichen Rohr versehen und gestattet die Einfügung eines hölzernen Stabes, der leicht in den Boden gesteckt werden kann, so daß sie beim Arbeiten im Freien leicht verwendbar ist. Bei asphaltierten Straßen tritt an Stelle des Stabes eine eiserne Stange mit Fußgestell.

Die transportablen, Gas selbst erzeugenden Lampen und Laternen werden u. a. von der Firma Emil Domcke in Berlin N in solider Konstruktion hergestellt.

Fünftes Kapitel.

Acetylenbeleuchtung.

§ 1.

Geschichtliches. Lange vor dem plötzlichen Auftreten des Calciumcarbids und seines Produktes, des Acetylens, waren die Eigenschaften des letzteren den wissenschaftlichen Chemikern bekannt und wurde dasselbe in Laboratorien hergestellt. Es sei nur erinnert an die Arbeiten von Edmond Davy 1836, mitgeteilt in den Annalen der Chemie und Pharmacie, XXIII, 144, und ferner an diejenigen von Friedrich Wöhler in Göttingen 1862. Vergl. dessen Abhandlung „Darstellung von Acetylen aus Calciumcarbid“.[1]) Wöhler beobachtete, daß das Gas mit hell leuchtender, jedoch stark rußender Flamme brennt und mit Chlor — auch beim Erwärmen — ein selbstentzündliches Gemisch bildet.

Auf diesen Mitteilungen baute Berthelot seine Untersuchungen über das Wesen des Acetylens auf. Der deutsche Chemiker Wöhler ist hiernach der Entdecker des Calciumcarbids und Acetylens und Berthelot, der den Aufbau desselben aus seinen Grundstoffen ausführte, gab ihm den Namen.

Ohne hier näher auf die Arbeiten von Winkler in Freiburg und L. Maquenne einzugehen, sei erwähnt, daß sich die Chemiker in lebhaftester Weise mit der Auffindung eines Verfahrens zur industriellen Nutzbarmachung des Calciumcarbids beschäftigten. So hatte Borchers schon im Jahre 1891 darauf hingewiesen, wie geeignet die elektrischen Öfen mit ihren hohen Temperaturen zur Reduktion des Calciumoxydes seien. Auch gelang es dem Amerikaner Willson, Direktor der Aluminium-Kompagnie in Spray, als Zufallsprodukt aus Kalk und Kohle im Siemens'schen Tiegel durch einen Strom von 2000 Ampère und 36 Volt Calciumcarbid darzustellen, das bei der Zersetzung mit Wasser reines Acetylen gab.

Das amerikanische Patent Willson datiert vom 21. Februar 1893.[2])

Im Frühjahr 1895 endlich nahm die Willson-Kompagnie als erstes Werk, welches sich mit der industriellen Ausbeutung des Carbids beschäftigte, die Carbidfabrikation im großen auf.

1) Annalen der Chemie und Pharmacie CXXIV, 220.

2) Das durch Bullier für Deutschland erworbene Patent wurde 1898 ganz annuliert.

Auch in Deutschland wurde sofort nach dem Bekanntwerden der billigen Darstellung von Calciumcarbid eine lebhafte Thätigkeit entwickelt. Raoul Pictet in Berlin schritt sogar dazu, das Acetylen zu verflüssigen, um es zu einem Handelsartikel zu gestalten. Hierbei wurde aber die hohe Gefährlichkeit des flüssigen Acetylens durch zahlreiche Explosionen mit tödlichem Ausgange den Beteiligten klar und nach der bekannten starken Explosion im Isaac'schen Laboratorium zu Berlin am 11. Dezember 1896 wurde das Publikum von einer wahren Panik ergriffen, die erst durch Erklärungen hervorragender Gelehrter zu Gunsten der Gefahrlosigkeit des gasförmigen Acetylens beschwichtigt wurden.

Insbesondere wandten jetzt die Eisenbahnverwaltungen dem Acetylen ihre Aufmerksamkeit zu, so insbesondere die Direktion der Vereinigten Schweizerbahnen. Auch die Probebeleuchtungen preußischer Bahnen mit reinem Acetylen und einem Gemisch aus diesem und Fettgas ergaben, daß die Acetylenbeleuchtung für Eisenbahnen die einfachste und billigste Beleuchtung darstelle (1898).

Litteratur.

Acetylen in Wissenschaft und Industrie. Centralorgan für die Gesamtinteressen der Acetylen- und Carbidtechnik. Herausgegeben von Dr. Altschul und Dr. H. Scheel.

Dommer, F. Calciumcarbid und Acetylen. Deutsch von W. Landgraf. 1898.

Fröhlich, Dr. O., und Ingenieur H. Herzfeld. Stand und Zukunft der Acetylenbeleuchtung. 1898.

Liebetanz, Fr. Calciumcarbid und Acetylentechnik. 2. Aufl. 1899.

Panaotovic, Dr. J. Das Calciumcarbid und Acetylen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. 1897.

Pellissier, C. Praktisches Handbuch der Acetylenbeleuchtung und Calciumcarbid-Fabrikation. Aus dem Französischen von Dr. A. Ludwig. 1897.

Viesbeck, K. Calciumcarbid und Acetylen. Herstellung und Verwendung desselben. Vortrag. 1897.

Zeitschrift für Calciumcarbid-Fabrikation und Acetylenbeleuchtung.

§ 2.

Das Calciumcarbid.

In der Einleitung ist hervorgehoben worden, daß Calciumcarbid ein schon länger bekanntes chemisches Produkt sei, dessen Herstellung im großen erst dann gelang, nachdem man im stande war, die dazu erforderlichen hohen

Temperaturen zu erreichen. In der That hat erst die verhältnismäßig leichte Herstellbarkeit im elektrischen Ofen die Techniker in den Stand gesetzt, unter Einwirkung ungeheurer Temperaturen, Vorgänge, die sich im Erdinnern vollziehen, künstlich nachzuahmen. — Calciumcarbid ist nämlich eine Verbindung von Calcium und Kohlenstoff, die dadurch entsteht, daß eine Mischung von gewöhnlichem Kalkstein, d. h. kohlensaurem Kalk ($CaCO_3$) und Kohle einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt wird. Der kohlensaure Kalk zerfällt in der Hitze in Calciumoxyd (CaO) und Kohlensäure (CO_2). Andrerseits bildet sich bei Hinzutritt von Kohlenstoff Kohlenoxyd (CO) und Calciumcarbid; das erstere entweicht gasförmig.

Die Formel für den chemischen Vorgang ist demnach:

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

Calciumoxyd + Kohlenstoff = Calciumcarbid + Kohlenoxyd.

Der elektrische Lichtbogen wirkt nämlich auf den Kalk und die Kohle (Koks) derart ein, daß der Sauerstoff aus dem Kalk (CaO) ausgetrieben wird, wobei sich Calcium (Ca) bildet — und ein Teil des Kohlenstoffes (C) an Stelle des Sauerstoffes in das Calcium tritt, wodurch Calciumcarbid entsteht. Der ausgeschiedene Sauerstoff geht aber mit dem vom Calcium nicht aufzunehmenden Kohlenstoff sofort eine neue Verbindung ein, d. h. es entsteht das in geschlossenen Räumen tödlich wirkende Kohlenoxydgas (CO).

Calciumcarbid kommt in der Natur nicht vor, ist von schwarzgrauer bis rötlicher Farbe, in der Textur kristallinisch und zerfällt in der Luft zu Pulver. Spez. Gewicht = 2,22.

Durch Einwirkung atmosphärischer Feuchtigkeit auf das Carbid entsteht Acetylen, wobei der Kalkrückstand auf den Carbidstücken haftet.

Als Rohstoff für die Fabrikation des Calciumcarbids dient der Kalk, der in der Natur nie rein, dagegen vielfach an andere Stoffe gebunden vorkommt, so an Magnesia; die magnesiahaltigen Kalke heißen Dolomite.

Der zweite Grundstoff des Calciumcarbids ist die Kohle, bezw. der Koks. Guter Koks muß schwarzgrau sein und darf Schwefel nur in geringen Mengen enthalten. — Der Kohlenstoffgehalt im Koks schwankt zwischen 85 und 82 Proz., die Asche beträgt 3 bis 6 Proz., der Wassergehalt 6 bis 10 Proz.

Als Betriebskraft für die Fabrikation von Calciumcarbid kommt fast nur Wasserkraft in Anwendung, da die Kosten des Betriebes sich durch Verwendung der Dampfkraft nahezu verdoppeln. Die Ausnutzung der Wasserkraft geschieht durch Wasserräder und Turbinen.

Zur Zerkleinerung der Rohstoffe werden Kugelmühlen und Kollergänge benutzt, das Heben der vorgebrochenen Stücke erfolgt durch Elevatoren, die Mischung der fertig gemahlenen Rohprodukte durch Mischmaschinen und deren Transport zu den Öfen durch Transportschnecken. Das Schmelzen der Rohprodukte geschieht in elektrischen Öfen.

Die elektrischen Öfen.

Wenn in einem elektrischen Stromkreise ein schlechter Leiter, z. B. Kohle, eingeschaltet wird, so hat der Strom an dieser Stelle einen größeren Widerstand als in dem übrigen Stromkreise zu überwinden. Durch die aufgewendete Arbeit wird Wärme erzeugt, die eingeschaltete, schlecht leitende Kohle wird erhitzt und gerät — wenn der Strom hinreichend stark ist — ins Glühen. Hierauf beruhen die elektrischen Öfen mit Widerstandserhitzung.

Einen solchen Widerstand findet der elektrische Strom an den Kohlenenden (Polen) und dieser ist um so größer, je weiter die Pole des Stromleiters voneinander entfernt werden. Um von dem einen dieser Pole durch die Luftschicht zu dem anderen zu gelangen, werden die Atome der Kohlenspitzen in heftige Schwingungen versetzt und demzufolge in glühenden Zustand übergeführt und es entsteht der elektrische Flammenbogen, auf dem alle Öfen mit elektrischer Lichtbogenerhitzung beruhen.

Die Kohlenansätze an den Enden der beiden Leitungskabel heißen Elektroden und bestehen entweder aus einem massiven resp. röhrenförmigen Stück Kohle, oder sie sind aus Kohlenplatten zusammengesetzt. Diese Teile des elektrischen Ofens sind es, an denen der Strom austritt und sich in Wärme, also auch in Arbeit umsetzt und dadurch die Schmelzung des zwischen die Elektroden eingebrachten Materiales bewirkt.

Es kann nicht die Absicht des Verfassers sein, auf die verschiedenen, für Calciumcarbidfabrikation bestimmten Ofenkonstruktionen hier einzugehen, in dieser Beziehung wird auf das Studium der im Eingang benannten Spezialwerke verwiesen; zur allgemeinen Orientierung fügen wir jedoch den Durchschnitt eines von Armin Tenner konstruierten elektrischen Ofens für kontinuierlichen Betrieb [1]) in Fig. 351 bei.

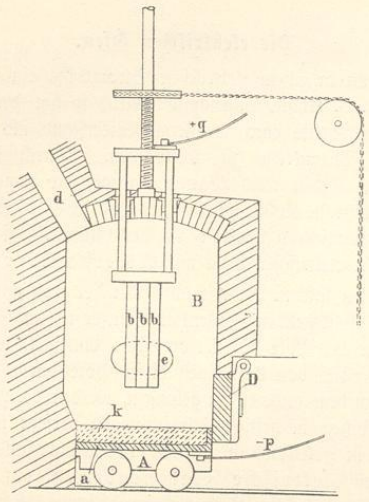
Der Boden des Ofens ruht auf einem beweglichen Schlitten oder Wagengestell A, das auf Schienen läuft und nach Bedarf durch die mit Thür D verschließbare Öffnung der Ofenwand eingefahren bezw. zurückgezogen werden kann. Der Boden a ist eine starke Metallplatte,

1) Patentiert durch D. R. P. Nr. 88364.

auf die eine etwa 20 cm hohe Schicht Elektrodenkohle geschüttet wird, die nun die Herdsohle bildet.

Indem die Eisenplatte a mit den stromzuführenden Kabeln p des einen Dynamopoles verbunden ist, stellt sie zugleich mit der Koksdecke k die eine Elektrode des Ofens

Fig. 351.



dar. Sobald der Betrieb beginnt, wird auf dieser Elektrodensohle das Rohmaterial bis zu einer gewissen Höhe angehäuft. Dieser Vermehrung der Sohlenschicht entsprechend, müssen dann auch die zu einem Bündel vereinigten Elektrodenkohlen b b, welche mit den Speisekabeln durch metallene Fassungen verbunden sind, gehoben werden. Zu diesem Zwecke pflegt man sie aufziehbar mit Spindelantrieb anzuordnen. Zum Beschicken des Ofens dient die Öffnung e und der Abzug der Gase erfolgt bei d.

Der Ofen funktioniert wie folgt:

Ist der Wagen eingeschoben und die Thür D geschlossen, so wird der Arbeitsstrom eingeschaltet und die Elektroden werden der Sohlenschicht genähert. Bei einer Spannung von 65 bis 100 Volt kann die Stromstärke 1700 bis 2000 Ampère betragen. Man bringt nun das Beschickungsmaterial in den Ofen, und zwar derart, daß der Lichtbogen um die Elektroden herum von demselben 30 cm hoch bedeckt liegt. Das Calciumcarbid entsteht durch die Stromwirkung in schmelzflüssiger Form zwischen den Elektroden und bleibt auch in der Kernmitte einige Zeit flüssig, bildet jedoch in fertiger Form einen, auf dem Wagengestell A ruhenden Kuchen; der Wagen wird nach Öffnen der Thür herausgefahren.

Mischung der Rohstoffe. Theoretisch ergiebt sich das Mischungsverhältnis aus der Formel

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

was einer Mischung von 1000 Teilen Kalk zu 643 Teilen Kohlenstoff entspräche; in der Praxis wird man jedoch auf je 100 kg Kalk 65 kg Koks nehmen. Bei hoher Spannung im elektrischen Ofen ist der Koksgehalt der Mischung noch zu steigern. Ungelöschter Kalk erfordert auch gesteigerten Kokszusatz.

Mit dem Mischungsverhältnis der Rohstoffe hat sich Professor V. Lewes eingehend beschäftigt; er stellte bei kontinuierlichem Betriebe mit 60 bis 70 Volt und 1000 bis 2000 Ampère bei einem Einsatze von 60 Proz. Kalk und 40 Proz. Kohle nach $3^1/_3$ stündiger Charge ein praktisches Ergebnis von 50 kg Ingots fest.

Das gesamte Carbid betrug 89,2 Proz., wovon annähernd 80 Proz. reines Carbid.

Anm. An Stelle der pulverisierten Mischung hat man auch versucht, solche in fester Form in den Ofen zu bringen, wie dies u. a. für den neuen Ofen von Siemens vorgesehen ist. So vereinigt John Landin die pulverisierten Rohstoffe zu einer festen Masse in Form von Briquetts oder Stangen; als Bindemittel verwendet er Kohlenwasserstoffverbindungen. Hierdurch wird die theoretisch richtige Zusammensetzung verbürgt und die Vorwärmung der Masse ermöglicht. Nach angestellten Versuchen wird dadurch die Ergiebigkeit des Carbids von 300 l bis zu 330 l Acetylen erhöht.

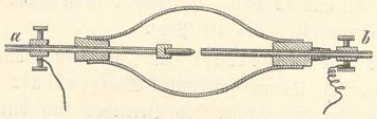
Die Verpackung des Calciumcarbids geschieht in Büchsen aus verzinntem, verzinktem oder verbleitem Eisenblech, das je nach Größe der Büchsen $^1/_2$ bis 2 mm stark ist. Man fertigt sie in der Regel für 40 bis 120 kg Inhalt und der Verschluß erfolgt durch Verlöthen, Verschrauben, Bajonettverschlüsse oder Klemmbügel. Für die Beförderung des Calciumcarbids mit der Bahn sind luftdicht verschlossene eiserne Gefäße vorgeschrieben.

§ 3.

Das Acetylen, dessen Herstellung und Eigenschaften.

In der geschichtlichen Einleitung wurde kurz hervorgehoben, daß Berthelot[1]) bereits im Jahre 1862 seine grundlegenden Untersuchungen des Acetylens begann. Er stellte dasselbe durch direkte Vereinigung von Kohlenstoff und Wasserstoff in der Weise dar, daß er zwei Kohleelektroden in einen Glasballon (Fig. 352) schob, deren eine

Fig. 352.



kurz vor ihrem Ende eine Kupferhülse trug, während die andere b hohl war, um einen Strom Wasserstoff hindurch-

1) Ann. de chimie et de physique, 3. und 4. Serie.

zuleiten. Wenn man nun den Ballon in einen elektrischen Stromkreis einschaltete und Wasserstoff in denselben leitete, so wurden die Spitzen der Elektroden in Kohlendampf verwandelt, der sich mit dem Wasserstoff zu Acetylen verbindet.

Eine andere Methode zur Darstellung von Acetylen war die unvollständige Verbrennung von Kohlenwasserstoffverbindungen in der Glühhitze. Aber diese und andere Methoden waren nur zu wissenschaftlichen Untersuchungen verwendbar und gestatteten eine Anwendung für die Industrie nicht. Erst dem letzten Decennium ist die industrielle Verwertung dieses Gases vorbehalten geblieben.

Die industrielle Methode der Umwandlung des Calciumcarbids in Acetylen fußt nun auf der starken Reaktion, die eintritt, sobald man Calciumcarbid mit Wasser in Berührung bringt. Während das Carbid zerfällt, tritt heftige Gasentwickelung ein und diese hält an, bis das Wasser vollständig aufgebraucht ist. Das entwickelte Gas ist Acetylen, der Rückstand Kalkhydrat.

Der chemische Vorgang verläuft hierbei nach folgender Formel;

$$CaC_2 + 2HO = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

Calciumcarbid + Wasser = Acetylen + Calciumhydroxyd.

Theoretisch sind zur Zersetzung von 1000 g Calciumcarbid 562 g Wasser erforderlich, wobei 406 g Acetylen und 1156 g Kalkhydrat entstehen und soll demnach 1 kg reines Carbid bei 760 mm Barometerstand und 0° C. 349 Liter Acetylen ergeben. In der Praxis erhält man jedoch höchstens 320 Liter Acetylen aus einem Kilogramm Carbid.

Der Entflammungspunkt des Acetylens liegt bei 480° C. und Acetylenluftgemische explodieren bei dieser Temperatur. Die Explosibilität hängt aber auch ab von dem Druck, unter dem das Gas steht.

Das spezifische Gewicht des Acetylens beträgt 0,91.

Die Flamme des Acetylens ist absolut weiß, wenn das Gas rein ist; unreines Acetylen ergiebt eine schwach rötliche Flamme mit starker Rußabscheidung. Die Temperatur der Flamme ist (nach Lewes) 900 bis 1000°, Flammen von 40 bis 60 Normalkerzen Leuchtkraft liefern die günstigsten Verhältnisse.

Ein Kubikmeter Acetylen stellt sich bei dem jetzigen Carbidpreise auf 1,17 Mk.

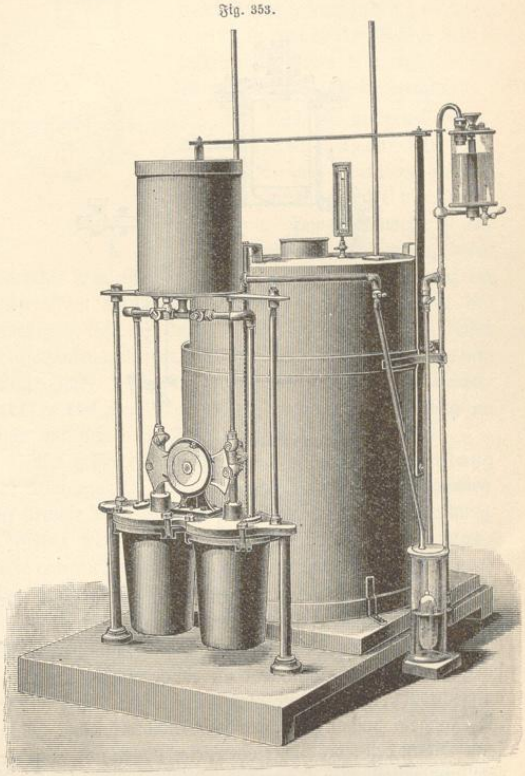
§ 4.

Apparate zur Acetylenentwickelung.

Die Apparate zur Umwandlung von Calciumcarbid in Acetylen werden nach verschiedenen Systemen gebaut, nämlich als Tropf-, Tauch-, Spül-, Überlauf-, Ersäuf- und Einfallapparate. Der Betrieb derselben ist automatisch oder mit Hand!

I. Nach dem System der Tropfapparate ist u. a. der nachstehend in Ansicht dargestellte automatisch regulierte Acetylengasentwickler des Ingenieurs M. Hempel-Berlin (D. R. P. Nr. 88438) ausgeführt. Bei diesem Apparat ist der Acetylenbehälter von den Carbidgefäßen vollständig getrennt, das Gas passiert einen Kühlapparat und ein Waschgefäß, so daß nur gereinigtes, wasserfreies Acetylen in die Behälterglocke dringen kann.

Fig. 353.



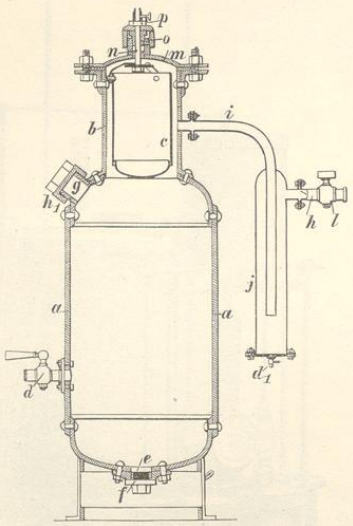
In den doppelt angeordneten Carbidgefäßen wird auch das Acetylen entwickelt; dieselben sind — zwecks Füllung und Reinigung — ausschaltbar, ohne dadurch den Betrieb zu stören. Die Zuführung des Wassers zum Carbid geschieht in genau einstellbarer Menge durch ein Schaltwerk, und zwar selbstthätig, je nach dem Stande der Acetylenbehälterglocke. Als Manometer wirkt ein hydraulisches Überdruckventil; der zulässige höchste und niedrigste Stand der Acetylenbehälterglocke wird durch ein elektrisches Läutewerk angezeigt.

II. Tauchapparate. In diese Kategorie gehört der bekannte Apparat von Julius Schülke in Berlin und derjenige von B. vom Scheidt, Charlottenburg, auch

von Trouve in Paris. Der letztere ist einer der frühesten, da er schon im Herbst 1895 in Gebrauch war.

Ein Handbetriebapparat von L. M. Bullier-Paris[1]) ist in Fig. 354 zur Darstellung gebracht. Derselbe besteht aus einem cylindrischen Generator a aus Stahlblech, auf den ein kleinerer Cylinder b aufgenietet ist. In dem letzteren befindet sich der durchlöcherte Korb c, welcher das Carbid

Fig. 354.



enthält. Der Cylinder a hat einen Reinigungshahn d, eine Entleerungsöffnung e, letztere durch Schrauben verschließbar und im oberen Teil ein Ansatzrohr g mit Verschraubung h. Auf den Cylinder b ist ein gewölbter Deckel m aufgeschraubt, auf dem eine Stopfbüchse n sitzt, durch welche die Stange o hindurchgeht, die den Carbidkorb trägt. Man kann mithin den Korb höher oder tiefer stellen und in jeder Stellung mittels der Schraube p fixieren. Von dem Cylinder b führt ein Rohr i in den Wasserabscheider j, aus dem eine mit Hahn versehene Leitung nach dem Gasometer geht. Am Boden des Wasserableiters befindet sich der Ablaßhahn d_1.

Soll der Apparat beschickt werden, so entfernt man den Deckel m und die Verschlußschraube h, füllt den Generator a bis zu $^2/_3$ der Höhe mit Wasser und den Korb c mit Carbid. Sobald der Deckel mit dem Korbe wieder aufgeschraubt ist, wirft man einige Stücke Carbid durch das Rohr g ein und schließt dasselbe sofort. Nunmehr entwickelt sich Acetylengas, welches die im Generator vorhandene Luft verdrängt, wobei diese durch den zu öffnenden Hahn d_1 entweicht. Nach einigen Minuten ist der Apparat von Luft befreit, worauf man den Hahn d_1 schließt und den Korb nach und nach in das Wasser senkt. An einem Manometer kann die „Spannung" abgelesen werden; wird dieselbe zu stark, so läßt man entweder Wasser durch den Hahn d ab oder hebt den Korb aus dem Wasser mehr heraus. Nunmehr kann die Entwickelung des Acetylengases ungehindert vor sich gehen und das erzeugte Gas durch das Ableitungsrohr h in den Gasometer übertreten.

III. Entwickelungsapparate, bei denen das Wasser von unten in das Carbid dringt (Spülapparate), sind in Deutschland fast gar nicht in Gebrauch und können hier füglich übergangen werden.

IV. Zu den Überlaufapparaten gehört derjenige der Firma Erich & Graetz in Berlin. Eine Darstellung desselben findet sich in dem Werke von Liebetanz, Seite 200.

V. Noch weniger entwickelt sind die Ersäufapparate.

VI. Entwickelungsapparate, bei denen das Carbid in kleinen Portionen selbstthätig in das Wasser fällt.

In diese Kategorie gehört der Apparat von Kampe und der Gaserzeuger der Pariser „Société du Gaz Acétylène."

Originell in der Anlage ist der in Fig. 355 bis 357 dargestellte Acetylenentwickeler von U. Kesselring zu Saint Imier in der Schweiz. Derselbe besteht aus dem Carbidbehälter A mit Füllöffnung a^1; in demselben liegt die drehbare Trommel E (Fig. 357), deren Kammern e^1 mit Carbid gefüllt sind. Die Abteilungen drehen sich regelmäßig, getrieben durch den Auf- resp. Niedergang der Gasometerglocke G.

Die Entwickelung des Acetylengases findet in dem Generator B statt. Bei Inbetriebsetzung wird nun aus dem Wasserkasten D durch Öffnen des Hahnes d_1 die vorher bestimmte Wassermenge durch das Rohr d^2 in den Entwickeler geleitet; anderseits fällt nach Bedarf auch das Carbid durch den Trichter C und dessen beweglichen inneren Boden auf das Sieb b^3 (Fig. 357), wodurch verhindert werden soll, daß der im Entwickeler entstehende Wasserdampf in die Carbidtrommel und zersetzend auf das Carbid wirken kann. Die im Entwickeler erzeugten Gase werden nach Passieren eines Rückschlagventils durch das Rohr c^2 in den Gasometer F geleitet, wobei sich die Gasometerglocke entsprechend der Menge des erzeugten Gases hebt.

Die im Entwickeler angesammelten Rückstände fließen durch das Abflußrohr b^1 nach einer Senkgrube ab.

1) Zeitschr. f. Calciumcarbidfabr. u. Acetylenbel. 1897, S. 17.

Fig. 355.

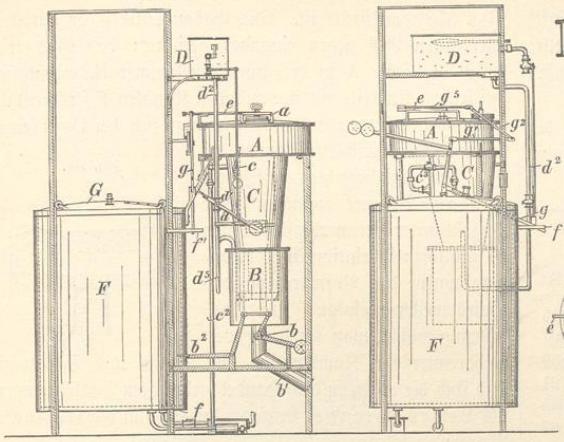
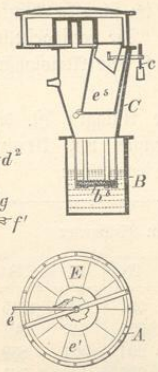


Fig. 356.

Fig. 357.



VII. Transportable Acetylenapparate.

In diese Kategorie gehören die kleineren Apparate, wie: Tischlampen, Fahrrad- und Wagenlaternen, Backofenlampen u. s. w. Mit Ausnahme der Fahrradlaternen steht das Publikum diesen Erzeugnissen mit einer gewissen Scheu gegenüber, denn wenn es auch einige Tischlampen giebt, die unter sachkundiger Hand gut funktionieren, so scheitern doch alle Konstruktionen unter der gefährlichen „Nachgasung", die bei kleinen Apparaten schwer ins Gewicht fällt. Die Gefahr ist nur zu vermeiden durch vollständiges Ausbrennenlassen des nachentwickelten Gases nach Abstellung des Wasserzuflusses. Dagegen dürften die transportablen Acetylenentwickeler für Experimentier- und Studienzwecke ihren Wert behalten. Derartige Apparate fertigt u. a. die Internationale Gesellschaft für Acetylenbeleuchtung „Hera" in Berlin.

VIII. Reinigung des Acetylens. Da das Acetylen aus dem Carbid niemals ganz rein dargestellt werden kann, sondern mit Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff und Kohlenoxyd u. s. w. mehr oder weniger stark verunreinigt zu sein pflegt, so muß der Beleuchtungstechniker vor der Verwendung für Entfernung der genannten Verunreinigungen Sorge tragen. Wir müssen uns indessen versagen, auf die chemische Wirkung der Reinigungsmittel und die Art, wie letztere mit dem Acetylen in Verbindung zu bringen sind, hier näher einzugehen und verweisen zu dem Ende auf das Beispiel der Anlage einer Reinigungsvorrichtung der „Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft" in Berlin.[1]) Hier gelangt das entwickelte Acetylen aus dem Generator durch das Auslaßrohr zunächst in den Wäscher, der mit einer Lösung von Chlorcalcium oder Chlormagnesium gefüllt ist. Das Ammoniak und der Schwefelwasserstoff wird dadurch fast gänzlich entfernt. Hierauf tritt das Gas in den mit dem Wäscher kombinierten Reiniger, woselbst der Phosphorwasserstoff beseitigt wird und das Gas sodann in den Trockner eintritt, in dem es von Chlordämpfen befreit wird. Von hier aus gelangt es endlich in die Gasometerglocke.

IX. Auch die nötigen Sicherheitsvorrichtungen soll jeder Apparat besitzen. Dieselben bestehen in Manometern und Überdruckventilen. Das Manometer ist eine U förmig gebogene Glasröhe, deren Schenkel teilweise mit Wasser gefüllt sind; der auf der Röhrenskala abzulesende Überdruck des Gases über den jeweiligen Luftdruck wird durch die Höhendifferenz beider Wassersäulen gemessen, (1 mm Quecksilbersäule = 13,59 mm Wassersäule). Hierher gehört der einschenkelige Druckmesser von Fr. Lux. Die Manometer müssen stets an einer gut sichtbaren Tafel angeordnet werden.

Bei größeren Anlagen wendet man zur Kühlung des Acetylengases „Kondensatoren" an; ferner kommen für kleinere Anlagen auch Druckregulatoren zur Anwendung. Dieselben werden als Membran- und Glockenregulatoren auch mit beweglicher Metallscheibe konstruiert und sind bereits auf Seite 344 und 345 eingehend besprochen.

Gasmesser kommen bei Privatbeleuchtungsanlagen ganz in Fortfall.

§ 5.
Die Rohrleitung.

Dieselbe beginnt bei kleinen Anlagen am „Trockner" der Reinigungsvorrichtung oder auch beim Druckregulator, bei großen Anlagen am Gasmesser, der mit ersterem in Verbindung steht. Vor jedem Gasmesser ist — wie bei der Verwendung des Steinkohlengases — ein Absperrhahn anzubringen. Als Rohmaterial verwendet man wie dort gußeiserne Muffenrohre und dichtet sie mit Theerstricken, letztere sind mit Eisenchlorid zu imprägnieren.

Die Zuleitungen werden aus Guß- und Schmiedeeisen hergestellt, Schmiedeeisen ist jedoch vorzuziehen. Der Anschluß an die Hauptleitung erfolgt durch eine Rohrschelle, in deren Muffe das Zuleitungsrohr eingebleit wird.

Privatleitungen, auch solche von besonderen Acetylenerzeugern, werden stets aus schmiedeeisernen Röhren ausgeführt. Da der Druckverlust mit der Länge

1) Dargestellt in Fr. Liebetanz, Calciumcarbid und Acetylen, Seite 267.

der Leitung und dem verminderten Durchmesser wächst, so vermeide man möglichst Biegungen im scharfen Winkel oder nehme den Durchmesser größer. Die fertiggestellte Leitung wird mit einer Luftpumpe auf eine Atmosphäre Druck geprüft.

Für Privatleitungen und kleine Anlagen ist die Flammenzahl bei 20 l stündlichem Konsum und 10 mm Druckverlust aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

Länge der Leitung in Meter	Lichter Durchmesser in Millimeter						
	6	10	13	20	25	31	38
5	19	53	103	304	531	909	1515
10	10	39	75	215	375	642	1021
15	8	29	57	168	294	504	839
20	7	26	49	145	253	433	721
25	6	23	44	129	227	388	645
30	6	21	40	118	206	353	587
35	5	19	37	110	192	329	547
40	5	18	35	103	179	308	517
45	5	17	33	97	169	289	481
50	4	16	31	91	159	273	454
60	4	15	29	84	147	251	418
70	4	14	26	77	134	230	388
80	4	13	25	72	127	217	360
90	3	12	23	68	119	203	338
100	3	11	22	64	113	193	320

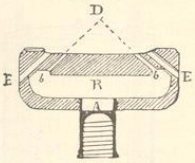
§ 6.

Die Brenner für Acetylengas.

Wegen seines hohen Kohlenstoffgehaltes bedarf das Acetylengas — um rußfrei zu verbrennen — eines größeren Quantums Verbrennungsluft als das gewöhnliche Steinkohlengas und die schweren Ölgase. Aus diesem Grunde muß das Acetylen unter höherem Druck verbrannt werden als die oben genannten Gase und müssen die Gasausströmungsöffnungen der Acetylenbrenner von äußerster Feinheit, also sehr viel enger sein, als diejenigen der Brenner für Steinkohlengas. Was den Gasdruck anbelangt, so wird dieser für Acetylen vier- bis fünfmal so hoch normiert wie bei gewöhnlichem Steinkohlengase, d. h. auf 60 bis 125 mm Wassersäule. Infolge dieses erhöhten Gasdruckes hat die Acetylenflamme größere Stabilität und der Brennprozeß geht ruhiger von statten.

Als Material zur Herstellung von Acetylenbrennern kommt — wie bei Steinkohlengasbrennern — Speckstein zur Verwendung. Ursprünglich benutzte man den bereits in § 9 des dritten Kapitels besprochenen und dargestellten schottischen oder Zweilochbrenner, doch bewährten sich dieselben wegen der stattfindenden starken Ablagerungen an den Ausströmungsöffnungen in der Praxis nicht und wurde daher zu einer Brennerform gegriffen, welche unter dem Namen Libeau-Brenner bekannt geworden und in Fig. 358 dargestellt ist. Die Gasaustrittslöcher a b sind hier unter 90° gegen einander gerichtet; das Gas tritt durch die Düse A in die Vorwärmekammer R, mischt sich bei seinem Austritt mit der aus den Kanälen E strömenden, auch vorgewärmten Luft und vereinigt sich bei D zu einer regelmäßigen, stabilen Flamme.

Fig. 358.



Die Erfahrungen mit dem Libeau-Brenner zeitigten eine Anzahl neuer Brennerkonstruktionen in zahllosen Variationen, insbesondere wurde die Vorwärmung des Gases weiter verfolgt. Zur Ausführung wählte man für den Zweilochbrenner eine Kombination von Metall und Speckstein, und sind die ersten in den Handel gebrachten Ausführungen als Lewes-Brenner bekannt, denen dann die Hempel-Brenner folgten.

Man hatte inzwischen erkannt, daß eine vollständige und intensive Verbrennung des Acetylengases nur erreicht werden könne, wenn die Form der Flamme der zutretenden Luft eine möglichst große Berührung darbietet. Diese Aufgabe wurde durch den Ingenieur Jul. Schülke mit dessen erstem Brenner vollkommen erreicht. Seine Kombination erinnert an die Argandbrenner, nur mit dem Unterschiede, daß das Gas durch eine Anzahl divergierend gestellter Röhrchen austritt. Inzwischen war aber auch der Versuch geglückt, die Libeau-Brenner für die Acetylenbeleuchtung in vervollkommneter Art nutzbar zu machen: Das Resultat dieser Versuche waren die Topf- oder Champignon-Brenner (Fig. 359).

Fig. 359.

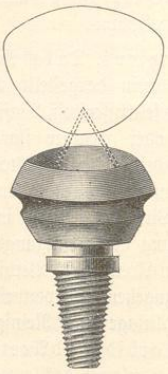


Fig. 360.

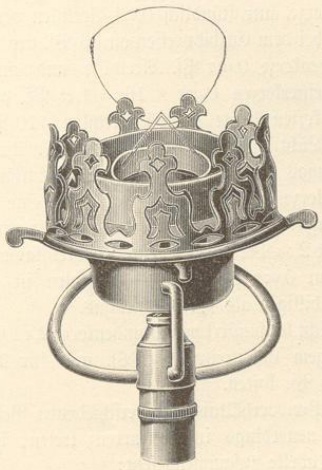


Auch der sogenannte Ringbrenner (Fig. 360), bei dem die Luftzufuhr nicht nur seitlich, sondern auch von unten her reichlich bewirkt wird, bildet ein Glied in der

fortschreitenden Ausbildung der Acetylengasbeleuchtung. Hervorzuheben ist, daß bei dem Ringbrenner ein Teil des Lichtes durch die Öffnung des Ringes „nach unten“ geworfen wird und daß man mit dieser Konstruktion sich dem verbesserten Argandbrenner der Steinkohlengasbeleuchtung wiederum zuwandte.

An Versuchen, denselben thatsächlich in die Acetylenbeleuchtung einzuführen, hat es auch nicht gefehlt, wie Fig. 361 klarstellt, aber der allgemeinen Verwendung stellten

Fig. 361.



sich als Hindernis die starken Schlagschatten entgegen, welche die ringförmige Speckstеinmasse in dem intensiven Acetylenlicht nach unten wirft.

Fig. 362.

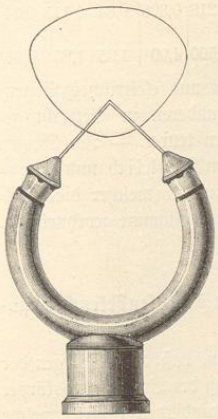
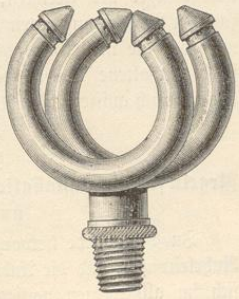


Fig. 363.



Die Schlagschattenbildung wurde erst vermindert, als man sich dem in Fig. 362 zur Darstellung gebrachten sogenannten Gabelbrenner zuwendete. Für bestimmte Fälle ging man sogar dazu über, mehr als zwei Brenner dieser Art zu vereinigen, wodurch Dreifach-, Vierfachbrenner u. s. w. entstanden. Fig. 363 stellt einen Vierfachbrenner dar. Durch Steigerung dieses Prinzipes wurden dann höchst bedeutende Lichteffekte (bis zu 2000 H. K.) erreicht. Zu Brennern dieser Gattung mit ganz geringer Schattenwirkung gehören die in Fig. 364 und 365 dargestellten neuen Schülke'schen Patentbrenner mit vier resp. acht Brennerköpfen.

Fig. 364.

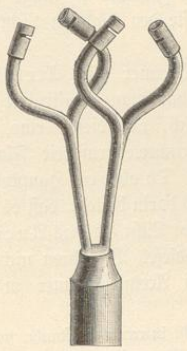
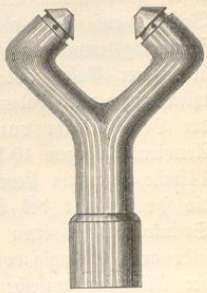


Fig. 365.



Noch galt es, die schädlichen Ablagerungen an den Brennermündungen von den feinen Ausströmungsöffnungen zu entfernen. Dies geschah durch Verlegen der Ausströmungsöffnung in konische Vertiefungen, an deren äußerem Rande sich dann die Ablagerungen festsetzen, ohne die Ausströmungsöffnung zu verengen.

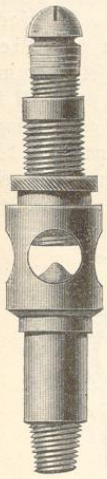
Fig. 366.



Noch mehr gefördert wurde die Acetylengasindustrie durch Einführung der Brenner mit geringer Luftzufuhr, die allerdings nur zuverlässig wirken können, so lange technisch reines Acetylen zur Verwendung gelangt. Kommt unreines Gas zur Anwendung, so bilden sich starke Ablagerungen, die früh genug den Austritt des Gases hindern. In diesem Fall kann der Billwiller-Brenner mit Metallkappe (Fig. 366) Anwendung finden, doch soll sich das Kondensieren von Phosphorsäure auch durch Speckstеinköpfe, welche

auf die metallenen Ausströmungsdüsen geschraubt werden, herabmindern lassen.

Fig. 367.



Auch den Bunsen-Brenner hat man für die Acetyleninduſtrie nutzbar zu machen gesucht, und zwar zeigt Fig. 367 eine derartige Kombination. Der Unterteil des Rohres dient zur Gaszuführung und die erweiterte Lufteinströmungsdüse ist — wie üblich — mit vier Öffnungen versehen. Der Oberteil ist ein sogenannter Hohlkopfbrenner mit breitem Schlitze. Unterteil und Schaft sind von Messing, das Oberteil von Speckstein konstruiert; durch Drehen des Oberteiles läßt sich die Flamme so lange regulieren, bis sie den höchsten Lichteffekt hervorruft.

Auch Brenner für Acetylenglühlicht hat man konstruiert und ist es möglich, mit diesen eine vollkommen entleuchtete, rußfreie Flamme herzustellen. Da aber ein Hauptvorteil des Acetylens darin besteht, daß es ohne Strumpf und Cylinder ein helleres Licht als das Auer'sche Gasglühlicht liefert, so dürfte dieses Verfahren nicht geeignet sein, die bisher üblichen Acetylenbrenner zu verdrängen.

Anm. Wo das Acetylengas nicht in reinem Zustande, sondern mit Öl- oder Fettgas vermischt zur Verwendung gelangt, können auch die alten Schnittbrenner Anwendung finden.

§ 7.

Leuchtkraft und Temperatur der Acetylenflammen.

Aus den Untersuchungen von Lewes wurde (vergl. § 3) hervorgehoben, daß die thatsächliche Temperatur der Acetylenflamme nicht über 1000° beträgt, obwohl diejenige einer gewöhnlichen Steinkohlengasflamme in demselben Brenner auf mehr als 1300° steigt; auch ihre Entflammungstemperatur ist niedriger als diejenige anderer brennbarer Gase. Die geringere Temperatur der Acetylenflamme wird dadurch erklärlich, daß zur Erzeugung der Leuchtkraft von 1 H. K. pro Stunde nur 0,7 l Acetylen, dagegen 10 l Steinkohlengas, also etwa des 14fache Quantum Leuchtstoff erforderlich ist. Aber auch die Helligkeit des Acetylens übertrifft diejenige des Steinkohlengases etwa um das 15fache. Jedoch ist dieselbe auch abhängig von der Reinheit des Acetylens und der Mischung desselben mit Luft oder anderen Gasen. Schlechte Brenner bedürfen mehr Gas, um gleiche Helligkeiten zu erzeugen, unreines Gas wird eine geringere Leuchtkraft ergeben, als reines und wird sich hierauf die abweichende Leuchtkraft bei verschiedenem Gaskonsum erklären lassen

Will man Vergleiche anstellen über das Preisverhältnis des Acetylens zu anderen künstlichen Beleuchtungsquellen, wie Steinkohlengasbeleuchtung, Auerlicht, Petroleumlicht, elektrisches Licht, so ist von folgender Rechnung auszugehen: Der Bezugspreis des Carbids ist heute bei größeren Posten 30 bis 35 Pf. pro Kilogramm — im Mittel 33 Pf. — und liefert 1 kg Carbid durchschnittlich 300 l Acetylen (vergl. Anmerkung auf Seite 382). Da nun eine Stundenkerze, d. h. eine Flamme von der Leuchtkraft der Hefnerkerze, nur stündlich 0,7 l Acetylen verbraucht, so konsumiert bei dem Carbidpreise von 33 Pf. pro Kilogramm eine Stundenkerze 0,077 Pf. Acetylen und eine Flamme von 16 Hefnerkerzen $0{,}077 \times 16 = 1{,}23$ Pf. pro Stunde.

Nun kosten heute 1000 l Acetylen 110 Pf. und ergeben ein Licht von 1430 Hefnerkerzen, während 1000 l Steinkohlengas 16 Pf. kosten und eine Lichtstärke von nur 100 Hefnerkerzen ergeben; es kostet daher eine Hefnerkerze Steinkohlengas 0,16 Pf. und für eine Flamme von 16 Kerzenstärke 2,56 Pf., während eine Acetylenflamme pro Normalkerze nur 0,077 Pf. kostet. — Acetylen ist daher über die Hälfte billiger als Steinkohlengas.

Auerlicht konsumiert pro Stundenkerze 2,4 l Gas, welche nach hiesigem Gaspreise 0,038 Pf. und für 16 Kerzenstärke 0,608 Pf. kosten.

Das Preisverhältnis der verschiedenen Beleuchtungsarten, die neuerdings in Konkurrenz treten, ist in nachstehender Tabelle zusammengesetzt:

Es kostet	Acetylen	Steinkohlengas	Auerlicht	Elektrisches Glühlicht	Fettgas	Petroleum	Spiritus	Elektrisches Bogenlicht
Pro Stundenkerze in Pf.	0,077	0,16	0,039	0,218	0,306	0,84	0,115	0,04
Pro 16 Normalkerzen in Pf.	1,23	2,56	0,624	3,500	4,90	1,35	1,85	0,64

Demnach sind nur Auerlicht und elektrisches Bogenlicht billiger als Acetylen, die anderen in Betracht gezogenen Beleuchtungsarten dagegen teurer. — Im übrigen wird auf die in der Broschüre von Fröhlich und Herzfeld enthaltene Tabelle verwiesen, in welcher die Lichtquellen nach aufsteigenden Kosten pro Flamme geordnet sind.

§ 8.

Regeln für die Installation von Acetylenbeleuchtungsanlagen.

In § 5 wurde hervorgehoben, daß das Verlegen der Rohrleitungen und die Anbringung der Beleuchtungskörper sich im allgemeinen nach den Grundsätzen richtet, welche

bei der Steinkohlengasbeleuchtung zur Anwendung kommen. So können auch die Leitungen der Steinkohlengasbeleuchtung, wo solche vorhanden sind, ohne weiteres für Acetylen in Benutzung genommen werden, doch ist auf eine weit sorgfältigere Abdichtung zu sehen, da das Acetylengas selbst durch die feinsten Öffnungen entweicht.

Wird nun eine Neuanlage beabsichtigt, so muß zunächst auf die ortspolizeilichen Bestimmungen Bezug genommen werden, die sich im wesentlichen auf nachstehende Vorschriften beschränken, nämlich:

In den Acetylenbehältern stationärer Anlagen soll ein höherer Überdruck nicht herrschen und die Gasometer nicht in bewohnten Räumen oder im Keller aufgestellt werden, sondern in Räumen, die durch eine Brandmauer von Wohngelassen getrennt sind.

Die Gasentwickler dürfen nur unter leichter Bedachung Aufstellung finden, Carbid unter 10 kg darf nur in wasserdicht geschlossenen Gefäßen und gut gelüfteten Räumen aufbewahrt werden.

Komprimiertes Acetylen ist in Flaschen aufzubewahren, die auf das Doppelte des zulässigen Druckes geprüft sind.

Flüssiges Acetylen ist in eisernen Flaschen zu halten, die auf 250 Atmosphären Druck geprüft sind.

Metallteile, mit denen Acetylen in Berührung kommt, dürfen nicht aus Kupfer oder Kupferlegierungen bestehen.

In das Bereich der Installation gehört auch die richtige Bestimmung der Flammenanzahl und deren zweckmäßige Verteilung; die schematische Bestimmung nach vorhandenen Beleuchtungstabellen ist gerade bei Acetylenlicht nicht am Platze, da außer der Höhe des Raumes doch auch dessen Bestimmung und die Intensität der Einzelflammen zu berücksichtigen sind. Zweckmäßig dürfte sich hierbei das „Hilfsbuch für Installation von Acetylenbeleuchtungsanlagen“ von F. Liebetanz erweisen. Danach wird man im Durchschnitt mit einem Lichteffekt von 2 bis 4 Kerzen pro Quadratmeter Grundfläche auskommen. In besonderen Fällen (Festsälen, Salons) wird man den Lichteffekt auf acht Kerzen pro Quadratmeter steigern und bei Korridoren, Nebenräumen bis zu 1 Kerze hinabgehen. Hier wird in der Regel die praktische Erfahrung sich als wertvoll erweisen.

Als Beleuchtungskörper verwendet man außer den bereits besprochenen und abgebildeten Brennerformen auch Wandarme, Lyren und Leuchter mit mehreren Armen. Zum Abdämpfen des Lichtes dienen matte Schirme, auch sogenannte Birnen von Mattglas mit Verziermanschetten; letztere werden von der Deutschen Acetylengesellschaft in Berlin geliefert.

Zur Beleuchtung von Straßen und öffentlichen Plätzen mit Acetylenlicht bedient man sich der Laternen. Hier ist der Lichteffekt abhängig von der Stärke der Flamme und der Entfernung der Laternen. Die Intensität der Flammen schwankt hierbei zwischen 30 und 100 Kerzen, der Abstand der Laternen zwischen 20 und 50 m. Je weiter die Laternen entfernt sind, um so intensiver wird die Leuchtkraft der Flamme sein müssen. Die Höhe der Gaskandelaber beträgt 3 bis 3,5 m; in besonderen Fällen, so bei großen öffentlichen Plätzen oder Hallen, auch 8,0 m.

In engen Straßen bedient man sich der Wandarme, die mit Dübeln und Holzschrauben an den Gebäuden befestigt werden.

Nachtrag zu den Beleuchtungsanlagen.

Kosten verschiedener Lichtquellen.

Bei einem Vergleich über Wirtschaftlichkeit und Vorteile der einzelnen Lichtquellen können nicht allein die Kosten pro Kerze und Brennstunde berücksichtigt werden, weil hierbei auch andere Umstände in Betracht zu ziehen sind. Ein nackter Zahlenvergleich der Kosten giebt daher kein richtiges Bild von den Vorzügen der einzelnen Lichtquellen. Als treffendes Beispiel dafür möge die Zimmerbeleuchtung dienen. Zufolge der leichten und bequemen Handhabung des Ein- und Ausschaltens der elektrischen Glühlampen kann man beim Verlassen des Zimmers — wenn auch nur auf kürzere Zeit — die Lampe schnell ausschalten und beim Betreten des Zimmers wieder einschalten, während man etwa bei Verwendung von Petroleumglühlampen es vorziehen würde, die Lampe — deren Anstecken immerhin verhältnismäßig umständlich ist — brennen zu lassen. Man kann also bei elektrischem Betriebe die Brennzeit der Lampen ganz wesentlich abkürzen und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Anlage entsprechend erhöhen. Außerdem kommt noch die Bequemlichkeit der Handhabung, die Sicherheit gegen Feuers- und Explosionsgefahr, auch die Verunreinigung der Luft durch Verbrennungsgase in Betracht, d. h. Faktoren, die sich nicht ohne weiteres in eine Tabelle der Kosten verschiedener Lichtquellen einreihen lassen. In vielen Fällen wird auch demjenigen Licht der Vorzug gegeben werden müssen, das in seiner Färbung dem natürlichen Tageslicht möglichst nahe kommt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In nachstehender Tabelle sind die von verschiedenen Lichtquellen (pro Kerze) erzeugten Wärmemengen enthalten:

Lichtquelle	Verbrauchte Wärmemenge pro Kerze
Leuchtgas (Schnittbrenner)	66,5 Calorien
„ (Rundbrenner)	50 „
„ (Regenerativbrenner)	18,4 „
„ (Gasglühlicht)	10 „
Spiritusglühlicht	10,6 „
Petroleum (14liniger Normalbrenner)	32 „
Petroleumglühlicht	13,75 „
Acetylen	8,9 „
Elektrisches Glühlicht	2,59 „
Elektrisches Bogenlicht	0,37 „

Aus dieser Tabelle ist ohne weiteres ersichtlich, welchen Fortschritt die neu eingeführten Lichtquellen, als Gasglühlicht, Petroleumglühlicht, Acetylenlicht gegenüber den älteren Beleuchtungsmethoden bezüglich ihrer unerwünschten und meist als lästig empfundenen Wärmeentwickelung aufzuweisen haben. Am günstigsten ist in dieser Beziehung das elektrische Licht, besonders das Bogenlicht, das sich dem Ideal, d. h. dem Licht ohne Wärmeentwickelung, nähert.

In der folgenden Tabelle sind die Kosten einzelner Lichtquellen zusammengestellt, wobei die Marktpreise für die Leuchtstoffe, sowie für 1 cbm Leuchtgas (16 Pf.) und eine Kilowattstunde (50 Pf.) zu Grunde gelegt worden sind.

Lichtquelle	Kerzen	Preis für die Brennstunde der Lichtquelle	Preis pro Kerze und Brennstunde
Leuchtgas (Schnittbrenner)	30	6,4	0,214
„ (Rundbrenner)	20	3,2	0,160
„ (Regenerativbrenner)	111	6,5	0,059
„ (Gasglühlicht)	50	1,6	0,032
Spiritusglühlicht	30	2,0	0,067
Petroleum (14liniger Normalbrenner)	30	2,2	0,073
Petroleumglühlicht	40	1,0	0,025
Acetylen	60	5,4	0,090
Elektrisches Glühlicht	16	2,9	0,181
Elektrisches Bogenlicht	600	15,5	0,026

Die Preise beziehen sich nur auf direkten Verbrauch an Brennmaterial und zugeführter Energie.

Je nach den Erfordernissen, die die Praxis an die Lichtquellen stellt, wird man die eine oder andere Beleuchtungsart wählen. Trotz des höheren Preises, den zur Zeit elektrisches Glühlicht gegenüber dem Gasglühlicht hat, steigt der Konsum elektrischer Glühlampen stetig, ein Beweis dafür, daß beide Beleuchtungsarten neben einander bestehen können und konkurrenzfähig sind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sechstes Kapitel.

Anlage der Haustelegraphen und Telephone.

I. Pneumatische Haustelegraphen und Sprachrohre.

§ 1.

Die Wirkung pneumatischer Telegraphen beruht auf der Erzeugung und Fortpflanzung des Druckes komprimierter Luft mit Hilfe einer Leitung enger Metallröhren. Wird nämlich ein am vorderen Ende der pneumatischen Leitung angebrachter und je nach Erfordern geformter Gummi-Luftbehälter zusammengedrückt, so wirkt die Luftkompression auf den am andern Ende derselben befindlichen Gummipilz, der hierbei aufgeschwellt wird, und dadurch kann mit Hilfe eines Hebelwerkes entweder eine Klingel direkt angeschlagen oder die Auslösung eines Läutewerkes bewirkt und gleichzeitig ein „Nummerapparat" in Thätigkeit gesetzt werden.

Geschichtliches. Der Gedanke, Signalapparate herzustellen, bei welchen als Triebkraft die am Aufgabeorte bewirkte Luftkompression wirkt, rührt von dem schwedischen Grafen A. M. Sparre her, dessen Erfindung in Frankreich patentiert wurde. Es datiert dieses Patent (vergl. Brévets d'invention 1864, Tome 90) vom 1. September 1864.[1] Graf Sparre verkaufte dasselbe an M. Walcker in Paris, der in den Jahren 1867 und 1868 noch mehrere französische Zusatzpatente erhielt. — Inzwischen hatte ein erster praktischer Versuch zur Einführung der atmosphärischen Telegraphen im Hotel des Baron v. Rothschild in Paris stattgefunden, dem bald auch zahlreiche andere folgten.

In Deutschland hat sich um die Einführung der pneumatischen Telegraphen der Mechaniker A. Schädel aus Berlin, der unter Sparres Leitung in Paris gearbeitet hatte, verdient gemacht, denn die erste Versuchseinrichtung, welche der erstere im „Hotel de Rome" zu Berlin getroffen hatte, war von derartigem Erfolge gekrönt, daß der Firma Töpfer & Schädel im Oktober 1866 die vollständige Telegrapheneinrichtung des „Hotel d'Angleterre" übertragen wurde. Nun fand die pneumatische Telegraphie hier und anderwärts eine schnelle Verbreitung und verdrängte durch ihre Vorzüge die mechanischen Klingelzüge mehr und mehr. Nicht allein für einfachere Anlagen, wie solche in Wohngebäuden vorkommen, sondern auch für öffentliche Gebäude und komplizierte Hoteleinrichtungen — so im Hotel „Kaiserhof" zu Berlin mit 250 Zimmern — hat das System seine Anwendbarkeit erwiesen.

Die Anlage der pneumatischen Telegraphen ist an sich einfacher als die der elektrischen, weil als Triebkraft lediglich der am Aufgabeorte ausgeübte Druck wirkt, welcher sich für mittlere Entfernungen fast momentan auf die Endpunkte der Leitung überträgt. Werden jedoch von einem und demselben Luftbehälter aus nach mehreren Apparaten Ableitungen angebracht, so wird bei gleichzeitigem Signalisieren die Wirkung des Druckes erheblich geschwächt; auch erfordert für Distanzen über 60 m die Fortpflanzung des Druckes eine gewisse, wenngleich kurze Zeit. Als Resultat der Erfahrung wird für die angemessensten Grenzen des Systemes folgendes festzuhalten sein:

Die pneumatischen Telegraphen funktionieren am sichersten, wenn die Zahl der Endpunkte einer und derselben Leitung nicht über drei hinausgeht und die Leitungslänge bei einfacher Anlage 100 m nicht überschreitet.[1]

§ 2.

Das System.

Die Rohrleitung. Das zur Anwendung kommende Leitungsrohr ist verzinntes Bleirohr von 3 mm lichter Weite und 1,5 mm Wandstärke und kommt bei Neubauten in den Wandputz zu liegen. Zu dem Ende wird etwa 30 cm von der Decke entfernt eine Rinne von solcher Breite in den Putz geschnitten, daß die Leitungen nebeneinander verlegt werden können. Die Befestigung der Röhren geschieht mittels kleiner Haken in Entfernungen

1) Dies Patent Nr. 64336 wurde erteilt: pour un système de transmission des signaux etc. Hierzu die Certifikate vom 4. Januar und 4. April 1865.

1) Die pneumatischen Telegraphen haben nicht gehalten, was sie versprochen, und werden daher bei Neuanlagen fast überall nicht mehr pneumatische, sondern „elektrische Telegraphen" angewendet. Pneumatische Thüröffner sind dagegen nach wie vor mit Vorteil in Anwendung geblieben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von 30 bis 40 cm, wobei zu beachten ist, daß die Röhren bei der Befestigung durch Haken weder gedrückt noch beschädigt und daß alle scharfen Biegungen in der Leitung möglichst vermieden werden. — An denjenigen Stellen, wo die Röhren zum Signalapparat hinabgehen, legt man sie möglichst dicht nebeneinander und bringt die Haken von beiden Seiten an.

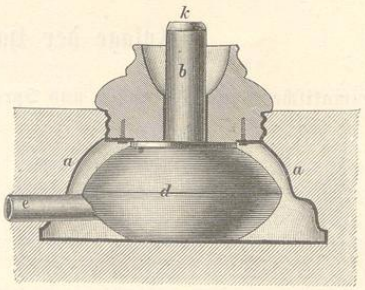
Die Verbindung der Rohrenden geschieht durch Lötung, wobei das eine Ende etwas erweitert, das andere zugeschärft wird, beide zusammengesteckt und mit Lötzinn und Lötwasser gelötet werden. Wo die Leitungsröhren mit dem Signalapparat in Verbindung gebracht werden müssen, da wendet man Lötung nicht an, stellt vielmehr die Verbindung der Leitung mit dem Signalapparat durch Gummischlauch her, um bei eintretenden Revisionen des Gangwerkes die Verbindung schnell lösen zu können. Wenn der Gummischlauch nicht fest an das Leitungsrohr anschließt, so wird derselbe mit Kupferdraht umwickelt.

Nach dem Verlegen müssen die Röhren in ihrer ganzen Länge untersucht werden. Die Probe auf Dichthalten der Leitung geschieht, indem man das eine Ende mit einem Gummipilz und das andere mit einer Gummibirne dicht verschließt. Hierauf wird die Birne einige Sekunden lang zusammengepreßt. Bleibt der Pilz aufgebläht und zeigt die Birne keine Veränderung durch Luftverlust, so ist die Leitung als dicht zu betrachten.

Sind die Leitungen sämtlich auf Dichthalten probiert, so können sie verputzt werden, was mit Gips geschieht, weil frisch gelöschter Kalk das Kompositionsrohr angreift und zerfrißt. — In Wohnungen, welche tapeziert werden, kann man die Putzrinnen leicht durch übergeklebte Bandstreifen verdecken. Sind die Zimmer aber schon tapeziert, so führt man das Rohr möglichst unsichtbar auf der Tapetenborde entlang, dann neben der Thürbekleidung zum Druckknopf hinab und befestigt dasselbe wie vorher mittels kleiner Häkchen. In der Regel endet die Rohrleitung 1,25 m über dem Fußboden.

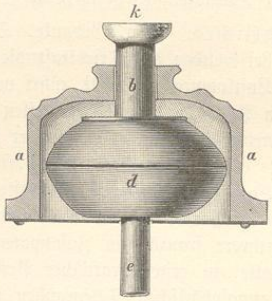
Druckknöpfe. Als Druckgeber werden Gummibehälter, deren Größe im Verhältnis zur Länge der Druckleitung stehen soll, angebracht und diese in Metallkapseln eingeschlossen. Eine solche Kapsel a a (Fig. 368) wird innerhalb der Wand und bündig mit dem Putz eingelassen und verputzt; die polierte Holzrosette mit Druckstopfen b wird erst nach erfolgtem Tapezieren der Wände in das Metallgewinde eingeschraubt, wobei der Rand der Rosette die Mauerfuge deckt. In manchen Fällen besteht auch die Rosette aus (bronziertem) Metall, während der Drücker wie vorher aus Bein hergestellt ist. — Die Wirkung des Apparates ist dabei folgende: sobald man den Elfenbeinknopf k des Druckstopfens b mäßig nach innen preßt, wird der Gummiball d (Fig. 368) zusammengedrückt, die Luft in demselben komprimiert und die Luftkompression mittels des Gummischlauches e auf die Bleirohrleitung und den Schluß derselben, einen im Signalapparat angebrachten Gummipilz, übertragen.

Fig. 368.



Bei schwachen Holzwänden sucht man den Umfang der Rosette möglichst zu beschränken, weil die Kapsel a a hier nicht eingelassen werden kann, sondern auf die Wand aufgeschraubt werden muß. In Fig. 369 besteht sie

Fig. 369.

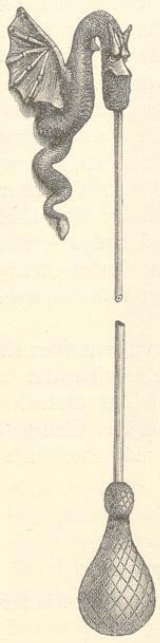


aus Holz, wird jedoch ebenso oft aus poliertem oder bronziertem Metall hergestellt, die korrespondierenden Teile sind mit den in Fig. 368 gewählten Buchstabenbezeichnungen versehen.

In älteren Gebäuden, wo das nachträgliche Einlassen der Kapseln stets mit Umständen verknüpft ist, empfiehlt es sich, statt der stark hervorstehenden Druckknöpfe Gummibirnen mit Gummischlauch anzuwenden. Beide, Birne wie Schlauch, sind mit Seide umsponnen und werden durch einen Halter von Metall, der an der Wand befestigt ist, in festbestimmter Lage erhalten. In Fig. 369 ist der Birnenhalter in Drachenform ausgeführt und wird bronziert oder vergoldet geliefert. Der Preis stellt sich für den Halter mit Birne und zwei Meter Schlauch auf 13 Mark.

Die Gummibirnen empfehlen sich ganz besonders für Schlaf- und Krankenzimmer, doch kommen hier und in anderen Fällen auch transportable Drücker zur Anwendung, welche gestatten, daß dieselben — beispielsweise am Bureautisch — in unmittelbare Nähe des Rufenden gebracht werden.

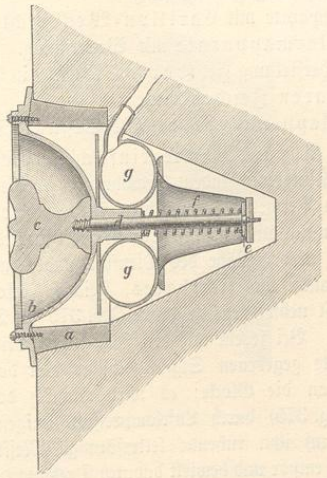
Fig. 370.



Das **Material** der Gummibirnen und Schläuche soll das denkbar beste sein. Man verwendet dazu nur englischen Patentgummi, wobei sich die Abnutzung auf ein Minimum reduziert. — Gut vulkanisierte Gummiteile behalten ihre Elasticität ca. 10 Jahre lang, wenn sie gehörig vor Zugluft geschützt werden; geschieht dies nicht, so hört der Gummi schon nach wenigen Jahren auf, gegen Druck empfindlich zu sein.

Zugapparate (Zugknöpfe) kommen hauptsächlich bei Haus- und Entreethüren, und zwar darum zur Verwendung, weil sie den mechanischen Klingelzügen mehr gleichen und den Fremden, der mit der Einrichtung pneumatischer Telegraphen nicht vertraut ist, kaum im Zweifel lassen, wie er sich verständlich machen soll, um Einlaß zu

Fig. 371.



erhalten. — Hierbei ist die Verbindung mit der Leitung dieselbe wie bei Druckknöpfen, und der Unterschied im Mechanismus besteht nur darin, daß beim Anziehen des Zugknopfes (Fig. 371) der bewegliche Metalltrichter f gegen den ringförmigen Gummi-Luftbehälter g drückt und dadurch die Luft komprimiert. Zur Befestigung des Zuges wird bei Hausthüren ein 4 cm dicker Ring a von Gußeisen bündig mit seiner Oberkante in die Mauer eingelassen und auf diesem die eigentliche Zugschale bb mit Schrauben derartig befestigt, daß Ring und Mauerfuge gedeckt werden. Im Centrum der Schale sitzt der mit Gewinde versehene und an die Zugstange d festgeschraubte Zugknopf c; die Zugstange aber behält Führung in einer cylindrischen Fortsetzung der Schale. Auf diesen Cylinder stützt sich die Spiralfeder, oberhalb begrenzt durch den Metallring e, auf welchem jener Messingtrichter f ruht, der dazu dient, den ringförmigen Luftbehälter g beim Anziehen der Zugstange zusammenzupressen. Nach Aufhören der Zugwirkung schnellen Trichter und Luftbehälter — ersterer infolge der Spannkraft der Spiralfeder — in die Ruhelage zurück.

Derartige Schalen werden für Hausthüren in eleganter Modellierung von Naturbronze oder verkupfert geliefert und gewöhnlich mit der Inschrift „Portier“ oder „Pförtner“ versehen.

Zugapparate für Entreethüren kommen in noch mannigfaltigerer Form und Ausstattung zur Verwendung, fallen aber stets etwas größer aus als bei galvanischen und mechanischen Klingelzügen, weil der Gummiball durch die Schale resp. Platte verdeckt werden muß. Falls — wie in Fig. 372 — ein Knopf mit Unterlagsplatte gewählt wird, kann die letztere aus Glas, Metall, Marmor oder dunkel poliertem Holz bestehen; der Zugknopf wird aus Glas, Krystall, Majolika, Messing oder Bronze hergestellt und im letzteren Falle vernickelt, verkupfert, versilbert oder vergoldet geliefert. Fig. 372 stellt eine schwarze Glasplatte mit Goldrand dar, die durch zwei Schrauben mit Bronzeknopf an der Wand befestigt ist. Als Zugapparat dient ein Krystallknopf mit Bronzerosette.

Fig. 372.



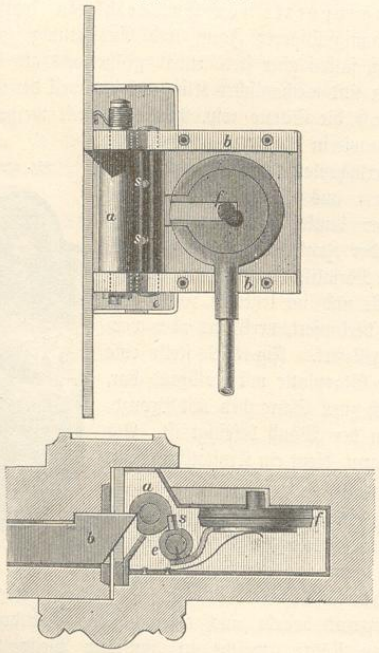
In einzelnen Fällen finden auch Tretvorrichtungen Anwendung und werden dann gewöhnlich unter einem „erhöhten Tritt“ in der Portierloge angebracht. Der Apparat besteht aus einer in das Trittbrett eingelassenen Röhre, welche in ähnlicher Weise wie bei den Zugknöpfen dem Tretknopf mit Kolben und Spiralfeder zur Führung dient; eine unter dem Kolben angebrachte Metallplatte überträgt dann den Druck auf den

Gummiball mit Schlauch und anschließendem Leitungsrohr. — Diese Vorrichtung ist jedoch nicht zu empfehlen, weil sie nur schwer vor Verunreinigung zu schützen ist.

Pneumatische Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen von Ventilationsklappen werden da angebracht, wo die Abzugsöffnung des Ventilationskanales in großer Höhe liegt oder schwer zugänglich ist. Eine solche Vorrichtung besteht aus zwei im Zapfen laufenden vertikalen Stellklappen, deren nach unten verlängerte Drehachsen mittels Hebeln an einer gemeinschaftlichen Stange befestigt sind. Die Stange wird durch an deren Enden angebrachte Luftbehälter abwechselnd nach der einen oder anderen Seite geschoben und dadurch werden die Stellklappen geöffnet oder geschlossen. Für jeden der beiden Luftbehälter ist ein besonderer Druckknopf erforderlich, der in der Wand an passender Stelle eingelassen wird. Der zum Öffnen bestimmte Knopf wird in der Regel mit der Aufschrift „A", d. h. „Auf", der andere mit „Z", d. h. „Zu" bezeichnet.

Der pneumatische Thüröffner, sonst auch „Luftschloß" genannt, ist nicht allein den sonst üblichen mechanischen Aufzügen, sondern auch den elektrischen Vorrich-

Fig. 373 und 374.



tungen dieser Art vorzuziehen. Der Apparat besteht aus dem Metallcylinder a (Fig. 373 und 374), welcher sich in den Messinglagern b b dreht, wobei letztere gleichzeitig als Backen zur Befestigung der beiden Deckbleche dienen. Dies schloßähnliche Gehäuse wird in den feststehenden Thürflügel eingelassen, und in der Ruhelage greift die Thürfalle des aufgehenden Flügels in den rechtwinkeligen Ausschnitt des Cylinders a ein. Zwei Stifte s s der Welle e verhindern für gewöhnlich die Drehung des Cylinders; sobald aber die Luft in der Leitung infolge eines (etwa vom Portier) gegebenen Druckes komprimiert wird, schwillt der Gummipilz im Luftschloß an, der Arm der Welle e geht abwärts und die Stifte s s kommen dabei in solche Lage, daß sich der Cylinder a in der Richtung nach rechts um 45° drehen kann. Dabei wird die Thürfalle frei und der Thürflügel springt auf, und zwar infolge des Druckes einer oberhalb in das Rahmstück eingelassenen starken „Aufwerffeder". Bei kleinen Thüren genügt dazu auch wohl eine „Lamelle".

Inzwischen ist nach Aufhören der Luftkompression die Hebelwelle und der Cylinder a durch Federkraft wieder in die ursprüngliche Lage zurückgekehrt und das Einklinken der Thür kann daher wie gewöhnlich von dem Eintretenden besorgt werden, wenn diese Arbeit nicht etwa selbstthätig, d. h. durch Federkraft erfolgt.

§ 3.

Die pneumatischen Signalapparate.

Zur Erzeugung hörbarer Signale werden in der Praxis verwendet:

a) Apparate mit einfachem Schlag, sogenannte einschlägige Klingeln;
b) Apparate mit Carillon-Weckerschlag;
c) Alarmapparate mit Weckerschlag.

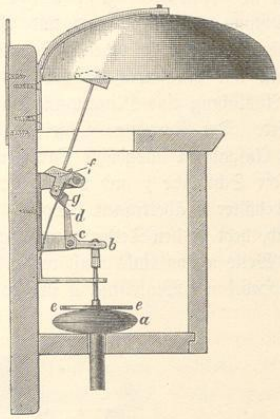
Zur Herstellung sichtbarer Signale in Verbindung mit hörbaren Zeichen dienen:

d) Klappenapparate oder Signal-Tableaux.

ad a) Apparate mit einfachem Schlag (einschlägige Klingeln) finden gewöhnlich in Entrees und Korridoren Verwendung, um hier ein hörbares Signal zu geben, wenn an der Thür Einlaß begehrt wird, während gleichzeitig in der Nähe des Dienstpersonals (am Signaltableau) auch ein sichtbares Zeichen erfolgt. Der Apparat ist nebst Gehäuse durch Fig. 375 im Durchschnitt dargestellt. Bei jedem auf den Zug- oder Druckknopf am Aufgabeorte gegebenen Signal schlägt hier der Hammer einmal an die Glocke; es wird nämlich der Gummipilz a (Fig. 375) durch Luftkompression aufgeschwellt, er hebt die auf ihm ruhende tellerförmige Messingplatte e nebst Stift empor und bewirkt dadurch Drehung des Winkelhebels b c d um die Achse c, wobei der aufrechtstehende Arm d desselben gegen die schräge Fläche des Stahlgelenkes g drückt. Hierbei wird der Daumen f und der

daran befestigte Hammer der Glocke in die aus der Figur ersichtliche Lage gebracht, aus welcher er durch Federkraft zurückschnellt und die Stahlglocke einmal kräftig anschlägt.

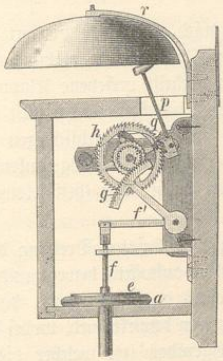
Fig. 375.



Beim Aufhören des Druckes kehrt der Pilz in seine ursprüngliche Ruhelage zurück, der Teller e sinkt nieder und nimmt den Hebel b c d mit, der sich nun wieder vor das Gelenk legt.

b) Apparat mit Carillon-Weckerschlag. Bei dem in Fig. 376 dargestellten Wecker hebt der Gummipilz a den Teller e mit Stift f empor und bewegt mit Hilfe des

Fig. 376.

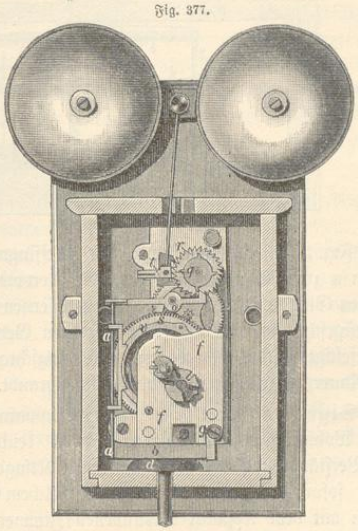


Hebels f' das mit Zahnteilung versehene Segment g, welches das Triebrad i um einige Zähne weiter bewegt. Mit dem Trieb ist ein Sperrrad in Verbindung, in welches ein Sperrkegel eingreift. Dieser Sperrkegel ist am Steigerade h festgeschraubt und bewegt, sobald i in Drehung gesetzt wird, das Steigerad. In das letztere greift endlich der Echappementhaken q ein: jeder Zahn des Steigerades wird also den Echappementhaken einmal bewegen und dadurch den auf derselben Welle befestigten Hammer mittels des Stieles p gegen die Glocke schleudern. Da aber das Triebrad bei jeder Schwellung des Gummipilzes um 2 bis 3 Zähne weiter geschoben wird und jedem Zahne des Triebrades etwa 3 bis 4 am Steigerad entsprechen, so wird bei einem auf den Druckknopf ausgeübten Drucke der Hammer schnell hintereinander acht- bis zehnmal an die Glocke schlagen.

Nachdem der Luftbehälter in die Ruhelage zurückgesunken ist, wird auch Teller e, Hebel f und Segment g niedersinken und das Triebrad i mit daran sitzendem Sperrrad sich in entgegengesetzter Richtung bewegen, wobei der Sperrkegel außer Thätigkeit kommt.

c) Alarmapparat mit Weckerschlag. Diese Apparate funktionieren leicht und auf weite Entfernungen, sind stets mit einem Uhrwerk versehen und müssen deshalb aufgezogen werden, sobald das Werk abgelaufen ist. Fig. 377 stellt die innere Einrichtung des Apparates mit dem durchschnittenen Holzgehäuse dar.

Fig. 377.



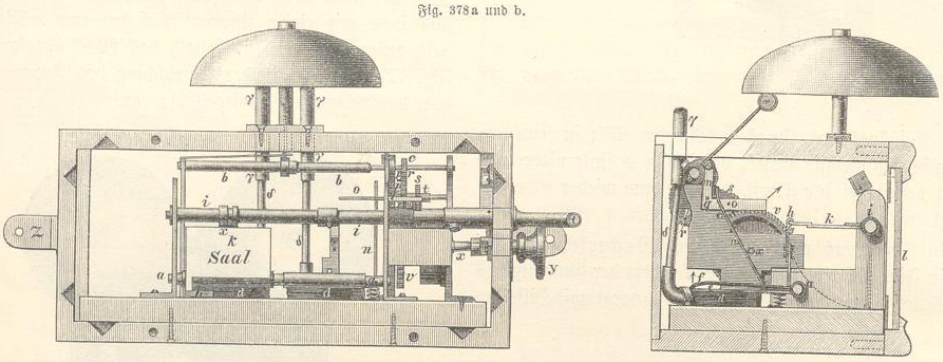
Zwischen der oberen Messingwange f f und der auf die Rückwand in 30 mm Abstand aufgeschraubten Hinterwange ist das Uhrwerk eingeschaltet, bestehend aus dem Federgehäuse mit darunter liegendem Stirnrad S, welches ein Triebrad in Bewegung setzt und durch mehrfache Übersetzung das Steigerad r treibt. In dieses letztere greift wiederum der Echappementhaken ein, und dadurch wird die Hakenwelle t so gedreht, daß der an ihr befestigte

Glockenhammer eine hin- und hergehende Bewegung macht und so in schneller Folge die beiden abgestimmten Glocken zum Anschlagen bringt. — Für gewöhnlich steht das Triebwerk still, sobald aber der Gummipilz d den um g drehbaren Teller b emporhebt, wird der Stift a a, welcher in einem Doppelwinkel Führung hat, ebenfalls nach oben geschoben, drückt dabei den um o drehbaren Hebel mit hakenförmigem Ende empor und läßt hierbei den Arretierungsstift einer an der Steigeradwelle befestigten Scheibe u frei, wodurch das Uhrwerk ausgelöst wird und die einzelnen Teile in der vorbeschriebenen Art funktionieren. — Inzwischen aber hat die Luftkompression zu wirken aufgehört und der Teller b sinkt durch sein eigenes Gewicht abwärts, mit ihm der Stift a a; auch der Hakenhebel sinkt hinab und hält den Arretierungsstift so lange fest, bis der Pilz d aufs neue geschwellt wird.

Fig. 378a und 378b stellen ein derartiges Signaltableau für zwei Klappen oder Nummern dar. Fig. 378a giebt die Ansicht nach Fortnahme der Rückwand und des vorderen verglasten Rahmens, welcher mit Holzzapfen an das Gehäuse befestigt ist. Fig. 378b zeigt den Querschnitt der ganzen Einrichtung nebst Rückwand und Verglasung. — Der Mechanismus zerfällt in zwei Teile, nämlich in den Klappenapparat mit Nummerwelle und in das Uhrwerk, durch dessen Auslösung eine Klingel mit Weckerschlag angeschlagen wird. Der Vorgang ist hierbei folgender:

Der am Aufgabeort ausgeübte Druck wird durch die Leitung auf die Schläuche γ und mittels der Bleiröhre δ auf die Luftbehälter d übertragen. Sobald der eine angeschwellt wird, hebt er den Teller e und bewirkt dadurch Drehung der Welle a von links nach rechts, wobei der an dieser sitzende Hebel mit Winkelstück g in der Richtung des

Fig. 378a und b.



In Fig. 377 sieht man über der Messingwange f f den Dorn z zum Aufziehen des Uhrwerkes hervortreten. — Die beiden Glocken sind an einem flachen, eisernen Glockenhalter festgeschraubt, der auf der hölzernen Gehäuserückwand befestigt wird; letztere wird mit Holzschrauben an in die Mauer eingelassenen Dübeln festgeschraubt.

d) Signaltableau oder Klappenapparat. Für größere Wohnungen genügen zum Zweck leichter und sicherer Verständigung die vorbeschriebenen Klingeln nicht. Um hier sofort ersehen zu können, in welchem der verschiedenen mit dem Apparat verbundenen Zimmer gerufen wurde, wendet man sogenannte Nummerapparate an, wobei es angänglich ist, mehrere zusammenliegende Zimmer an einen Apparat zu leiten und dadurch die Apparatenzahl und die Leitungslänge einzuschränken. Hierbei ist jeder Druck- resp. Zugknopf, der Signale geben soll, mit dem Nummerapparat durch ein Leitungsrohr in Verbindung zu setzen, und außer dem sichtbaren Zeichengeber (Tableau) ist ein besonderes Läutewerk anzubringen, welches gewöhnlich direkt mit dem Apparat verbunden wird.

Pfeiles bewegt wird. Dadurch verliert aber der Stift h sein Auflager, und die mit ihm verbundene, mit Nummerbezeichnung oder Schrift versehene Klappe k, die lose auf die Nummerwelle i i aufgesteckt ist, fällt durch ihr eigenes Gewicht hinab. An der durchsichtigen vorderen Glastafel l erscheint daher die herabgesunkene Klappe k als sichtbares Zeichen dafür, daß (beispielsweise im „Saale“) gerufen wurde.

Gleichzeitig wird infolge Drehung der Welle a auch der Messinghebel n aufwärts bewegt und hierbei der Stift o des Winkelhebels m q so gefaßt, daß hierdurch eine Drehung des letzteren bewirkt wird, wobei der Arretierungsstift p des Steigerades (r), welcher bisher von dem im Scheitelpunkt e angebrachten Haltestift q unterstützt wurde, frei wird. Auf diese Weise wird das Uhrwerk ausgelöst, dessen Feder das Stirnrad v und durch mehrmalige Übersetzung auch das Steigerad r treibt. In das letztere greift der Echappementhaken c ein, und jeder Zahn des Steigerades veranlaßt eine Bewegung der Welle b b, welche den mit ihr verbundenen Hammer an die Stahlglocke schleudert.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Glocke ertönt daher unter schnell aufeinander folgenden Schlägen so lange, bis das Steigerad im Laufe gehemmt wird und — da vier Arretierungsstifte an seiner Peripherie verteilt sind — bis eine Viertel-Umdrehung des Rades vollendet ist. So lange aber hält die Luftkompression gewöhnlich nur an. Beim Aufhören des pneumatischen Druckes geht nämlich der Teller e mit Welle a, Hebel n und Winkelstück m in die Ruhelage zurück, wobei der an letzterem befindliche Halter q den nächsten Arretierungsstift des laufenden Rades faßt und die Fortbewegung desselben hemmt, bis ein neues Signal gegeben wird.

Um nie Zweifel darüber aufkommen zu lassen, wo gerufen wurde, muß die gefallene Nummertafel (Klappe) sofort aufgehoben werden, was dadurch erreicht wird, daß man die Welle i i an dem äußeren Griff t um 50° nach der Rückwand hin dreht. Dabei bewegt der Stift x die gefallene Nummertafel so weit nach oben, bis sie wiederum auf dem Winkelstück g des vertikalen Hebels Auflager findet. Nach Aufhören der Drehbewegung schnellt die Welle i durch Federkraft in die Ruhelage zurück.

Das Aufziehen des Uhrwerkes wird äußerlich mittels des Knopfes y bewirkt, der zu diesem Zweck an der Peripherie leicht geriefelt ist. — Die Befestigung des Apparatengehäuses an zwei Holzdübeln der massiven Wand wird mit Hilfe von Messingwinkeln z z bewirkt.

Anm. Die Signaltableaux können wesentlich vereinfacht werden 1) wenn der Hebel, mit dem die Nummertafeln hochgehoben werden, gleichzeitig zum Aufziehen des Uhrwerkes dient, wobei an Stelle des Stirnrades ein mit Zahnteilung versehenes Segment tritt und an korrespondierender Stelle der Welle i i ein Daumen, der das Segment jedesmal um einige Zähne zurückdreht und so die Uhrfeder aufs neue spannt; 2) indem die Gummipilze vertikal an der Rückwand angebracht und die Gummischläuche horizontal und direkt in die Wand eingeführt werden.

Zur Aufhängung der Tableaux ist ein trockener, gut beleuchteter und bequem und passend gelegener Ort auszuwählen (Dienerzimmer, Anrichteraum oder ein heller Korridor), damit die Dienerschaft, ohne Umwege zu machen, die Abstellung des Apparates bewirken kann. In Fig. 378[a] sind nur zwei Klappen angenommen; ist die Anzahl der Zimmer eine größere, so wird der Tableaukasten länger. Um Nummern zu sparen, pflegt man aber benachbarte Räume von gleichartiger Benutzung gern nach einem Luftbehälter im Tableau zu leiten. Hierbei ist zu bemerken, daß höchstens sieben Nummern in einer Reihe angebracht werden können; darüber hinaus ordnet man die Tafeln in zwei Reihen übereinander an, und selten wird die Anzahl der Zimmer größer sein, als sie ein Tableau zu fassen vermag. — Etwas schwieriger liegt die Sache bei Einrichtungen in Hotels, wo die Hausordnung verlangt, daß von sämtlichen Fremdenzimmern einer Etage mindestens sichtbare Zeichen nach einem hell beleuchteten Signaltableau in der betreffenden Etage gegeben und außerdem ein Kontrolltableau mit Alarmglocke für die verschiedenen Etagen beim Portier aufgehängt werde. In kleinen Hotels wird es genügen, Nummernapparat und Glocke in der Portierloge aufzuhängen, wogegen in ganz großen Hotels die Leitungen jeder Etage bezw. jedes Gebäudeflügels ein für sich abgeschlossenes System bilden und die weitere Verständigung etwa durch Sprachrohre erfolgen kann.

§ 4.

Sprachrohre.

Das Sprachrohr dient zur Vermittelung mündlich erteilter Aufträge und ist ein akustischer Fernsprecher. Zum Sprechen resp. Hören sind Mundstücke und ein dieselben verbindendes Leitungsrohr erforderlich, welches letztere gewöhnlich aus Zinkblech besteht und eine konstante Lichtweite behält, damit die Schallwellen sich mit unveränderter Stärke fortpflanzen können. Berührungen mit anderen metallischen Körpern sind hierbei zu vermeiden, weil dieselben die Schall-Leitungsfähigkeit des Sprachrohres durch eigene Schwingungen irritieren. Nebeneinander liegende Sprachrohre sind aus demselben Grunde durch Umwickelung mit Werg zu isolieren. Endlich ist für jedes von mehreren in gleicher Richtung liegenden Zimmern, nach denen gesprochen werden soll, ein separates Rohr anzulegen.

Kann die Leitung in den Putz gelegt werden, so wirkt das Sprachrohr in der Regel am zuverlässigsten, weil hierbei alle äußeren Einwirkungen auf dasselbe fortfallen; selbst unterirdische Führung des Rohres ist nicht zu verwerfen, nur in diesem Falle ist das stabilere Eisenrohr dem Zinkrohr vorzuziehen. — In allen Fällen soll die Leitung sicher geschlossen und das Rohr — wenn dasselbe aus Zink besteht — gut gelötet sein. Wo aber die Leitung im Winkel geht, da sind die Übergänge durch Kurven zu vermitteln. Erfahrungsmäßig funktionieren die Sprachrohre bei richtiger Ausführung noch sicher bei 100 m Länge der Leitung.

Die Weite der Leitungsrohre und der Mundstücke soll nach Annahme der Praktiker 3 cm betragen, indessen hat die Erfahrung gelehrt, daß für das Leitungsrohr auch eine geringere Dimension anwendbar ist. — Die Mundstücke werden mit einer Pfeife, die zugleich als Stöpsel das Mundstück schließt, versehen, um vor Beginn des Sprechens ein laut tönendes Signal geben und den Gerufenen an das Sprachrohr heranrufen zu können. Ein derartiges Mundstück mit zugehöriger Pfeife ist in Fig. 379 dargestellt, wobei die Ausstattung, je nach Wunsch, in Holz, Metall

oder Elfenbein erfolgen kann. Die Signalpfeife wird mit Kettchen an den Hals des Mundstückes befestigt. — Zur größeren Bequemlichkeit kann dasselbe auch transportabel gefertigt und beim Gebrauch in die Leitung eingeschraubt werden.

Fig. 379.



Mündet das Rohrende im Zimmer an einer schwer zugänglichen Stelle, z. B. im Winkel oder hinter einem Möbel, so wird ein besponnener, 20 bis 25 mm weiter Schlauch von passender Länge, an dessen Ende sich das Mundstück mit Pfeife befindet, in die Rohrmündung beim Sprechen eingesetzt.

In Berlin stellen sich die Einzelpreise einer derartigen Einrichtung, wie folgt:

Ein Mundstück mit Pfeife in beliebiger Holzart	1,50 Mk.
„ „ „ „ „ Elfenbein . . .	9,00 „
Leitungsrohr aus Zinkblech kostet pro Meter .	0,70 „
Ein Bogenknie desgl.	1,00 „

Schlußbemerkung. Mit Einführung des Bell'schen Telephons glaubte man das Sprachrohr, welches sich bis dahin durch seine einfache Gebrauchsweise Eingang verschafft hatte, ganz entbehren zu können. Dieser Gedanke ist aber bisher nicht in Erfüllung gegangen, denn beim Sprechen und Hören mittels des Telephons wird nicht nur absolute Ruhe, sondern auch gewisse Übung verlangt, beides Bedingungen, welche im gewöhnlichen Verkehr gar nicht oder nur ausnahmsweise zutreffen. — Für geräuschvolle Geschäftsbranchen und bei mäßiger Ausdehnung der akustischen Leitung wird hiernach das Sprachrohr auch ferner neben dem Telephon seine Stelle im Haus- und Geschäftsverkehr finden, schon darum, weil alle auf Erhöhung der Leistungsfähigkeit des letzteren gerichteten Verbesserungen notwendig auch den Preis der Anlage steigern müssen.

II. Elektrische Haustelegraphen und Telephone.

§ 5.

Allgemeines.

Eine besondere Klasse der elektrischen Telegraphen bilden die Haustelegraphen und Signalwerke zu verschiedenen Zwecken der Hausökonomie. Ihre Vorzüge bestehen insbesondere in der Leichtigkeit, mit der sie selbst in vorhandenen Gebäuden angebracht werden können, in der einfachen und billigen Unterhaltung und der verhältnismäßig schnellen Beseitigung etwa eintretender Betriebsstörungen.

Bereits im Jahre 1855 erhielt Mirand in Paris die Medaille I. Klasse für seine Haus- und Hoteltelegraphen, die er auf der internationalen Industrie-Ausstellung vorgeführt hatte. Seither ist nur der Mechanismus dieser Apparate durch Bréguet, Hagendorf, Siemens & Halske u. a. bedeutend vervollkommnet worden, was ihre große Verbreitung wesentlich gefördert hat.

Litteratur.

Schellen, Der elektromagnetische Telegraph. 5. Auflage. Braunschweig 1870.

Zetzsche, Dr. K. E., Handbuch der elektrischen Telegraphie. IV. Band. Berlin 1878. (J. Springer.)

A. Merling, Die Telegraphentechnik der Praxis. Hannover 1879.

L. Scharnweber, Die elektrische Haustelegraphie. Berlin 1880. (J. Springer.)

Goldschmidt, Dr., Haustelegraphen (Separatabdruck aus dem deutschen Bauhandbuch, Band II.) Berlin 1880.

C. Erfurth, Haustelegraphie, Telephonie und Blitzableiter. Berlin 1888. 8°.

Lindner, Max, Leitfaden der praktischen Haustelegraphie. Halle a. S. 1889. 8°.

Mix und Genest, Anleitung zum Bau elektrischer Haustelegraphen und Telephonanlagen. Berlin 1890.

J. Sack, Die Haustelegraphie. Berlin 1893. 8°.

O. Canter, Der technische Telegraphendienst. 5. Auflage. Breslau 1898.

Mit der glänzenden Entdeckung des Elektromagnetismus, d. h. der Einwirkung galvanischer Ströme auf Magnete, eröffnete sich der elektrischen Telegraphie ein großes Feld. Die Aufgabe, um die es sich dabei handelt, besteht aber darin, die Mechanik der primären und einfachen Bewegungen, welche der galvanische Strom direkt oder indirekt hervorruft, zu leicht verständlichen und sicheren Signalen umzugestalten.

Selten nur werden zwei getrennte Räume eines Hauses, einer Fabrik oder größeren Bauanlage behufs des Austausches von wirklichen Telegrammen durch Sprechapparate verbunden; aber auch wo es geschieht, erweisen sich in der Regel die bekannten Apparate zum Betrieb langer Linien, seien es nun Nadel-, Zeiger- oder Drucktelegraphen, als zu kompliziert, zu schwer zu behandeln und außerdem zu teuer.[1])

Gewöhnlich sollen nur einfache, sichtbare oder hörbare Signale ausgetauscht werden, und es können daher die erforderlichen Einrichtungen — bei aller Mannigfaltigkeit der zu erreichenden Zwecke — doch sehr einfache sein. Diese Apparate sind bekannt unter dem Namen der „Hoteltelegraphen" und sollen in der Folge besprochen werden. Die Art ihres Betriebes besteht darin, daß man nur eine Leitungsbatterie aufstellt, welche im Zustande der Ruhe nicht geschlossen ist und deren Strom erst beim Telegraphieren in die Leitung geschickt wird, um dadurch den

1) Es kostet von dem magneto-elektrischen Zeigertelegraph von Wheatstone das Paar 12000 Mark, Siemens & Halskes Magnetzeiger 600 Mark; nur der vereinfachte Comptoir-Telegraph von Hipp & Hagendorf stellt sich wesentlich billiger (unter 300 Mark).

Apparat eines entfernten Raumes in Thätigkeit zu setzen. Solche Leitungen nennt man „Leitungen mit Arbeitsstrom", weil nur beim Telegraphieren Strom in der Leitung ist.[1])

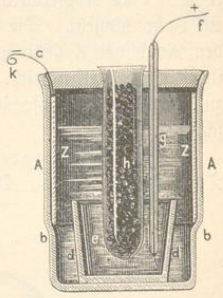
§ 6.
Die konstanten Elemente.

Zum Betriebe der Haustelegraphen eignen sich nur die sogenannten „konstanten Elemente",[2]) von denen die wenigsten weitere Verbreitung gefunden haben, weil für den vorliegenden Zweck nur solche Elemente in Betracht kommen können, welche bei großer Sicherheit des Betriebes wenig Wartung bedürfen. So ist das Daniell'sche Element zwar geruchlos und entwickelt keine sauren Dämpfe, eignet sich aber nicht für Arbeitsstrom, weil bei lange geöffneter Kette am Boden der Thonzelle sich metallisches Kupfer ablagert, wodurch die Zelle verdorben und der Strom bald abgeschwächt wird. Überhaupt erfordern die Elemente die aufmerksamste Behandlung, denn sie bilden die hauptsächlichste Fehlerquelle, welche selten durch das bloße Auge zu erkennen ist.

Die beiden Elemente, welche in der Haustelegraphie fast ausschließliche Anwendung gefunden haben, sind das Meidinger-Element und das Leclanché-Element Diese nur sollen hier besprochen werden; das letztere ist das neuere von beiden.

a) Das Meidinger-Element zeichnet sich durch ungewöhnlich lange Dauer und große Konstanz des Stromes aus. In der älteren Form besteht dasselbe aus einem etwa 21 cm hohen und 12 cm weiten Glasgefäß A A (Fig. 380),[1]) auf dessen Boden ein kleineres Gefäß d d mit Harz festgekittet ist; in dem letzteren befindet sich das konisch gebogene Kupferblech e, dessen Zuleitungsdraht g mit Guttapercha überzogen und am unteren Ende festgenietet ist.

Fig. 380.



Das kleinere Glas d d wird von einem Zinkring Z Z, der in das sich verengende Gefäß A A eingesetzt ist, umgeben und die Mündung des letzteren durch eine Holz- oder Blechplatte geschlossen, in deren Mitte sich eine Öffnung befindet, um den nach unten verengten Glascylinder h von 3 cm Durchmesser und 20 cm Höhe aufzunehmen, welcher an dem zugerundeten Ende eine kleine Öffnung hat und bis Mitte des kleinen Gefäßes hinabreicht. Dieser Cylinder ist mit Krystallen von Kupfervitriol angefüllt und soll damit stets voll erhalten werden. (Bei den neuen Meidinger-Elementen wird er gewöhnlich durch einen oben geschlossenen Glastrichter ersetzt. Vergl. Fig. 381). Das große Gefäß A A ist mit einer verdünnten Lösung von Bittersalz angefüllt, welche den Zinkring bis etwa 3 cm unter dem oberen Rande bespült, während aus dem Gefäß h die schwere konzentrierte Lösung von Kupfervitriol durch das feine Loch der Glasröhre nach unten sinkt und das kleine Gefäß bald bis zur Mitte anfüllt, auch nur sehr langsam emporsteigt und in die Bittersalzlösung wenig diffundiert, falls die Batterie ruhig steht, was jedenfalls zu beachten ist. — Und selbst wenn das Element nicht im Gebrauch, also offen ist, zeigt das Zink nach mehreren Wochen kaum Spuren von Kupfer, während bei der gewöhnlichen Daniell'schen Batterie gerade bei geöffneter Kette die Diffusion des Kupfervitriols durch die Thonzelle am stärksten ist. Verbindet man sodann den an das Kupferblech angenieteten Kupferdraht g f mit der Hülse eines schmalen Kupferblechstreifens c k, welcher an den Zinkring Z Z angelötet ist, so erhält man einen galvanischen Strom, der so lange konstant bleibt, als Kupfervitriol in h vorhanden und das Zink Z nicht aufgelöst ist.[2])

1) Stellt man beim Betrieb langer Linien an beiden Enden der Telegraphenleitung in gleichem Sinne kontinuierlich wirkende Batterien auf, so werden sämtliche Apparate während der Ruhe beständig von einem Strome durchlaufen, und zur Bewegung der Apparatenteile hat man die Linie nur an einem Punkte zu unterbrechen. Diese Leitungen nennt man im Gegensatz „Leitungen mit Ruhestrom", weil auch im Ruhezustande der elektrische Strom cirkuliert.

2) Der Durchgang des Stromes durch ein Zink-Kupfer-Element ist stets von chemischen Vorgängen begleitet; am positiven Pol wird Wasserstoff und am negativen Pol Sauerstoff ausgeschieden. Da nun bei allen Elementen der negative Pol durch Zink in verdünnter Schwefelsäure gebildet wird, so ist der chemische Vorgang hier stets derselbe, d. h. der entwickelte Sauerstoff bildet mit dem Zink und der Schwefelsäure schwefelsaures Zinkoxyd (Zinkvitriol), welches in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt. Die Erregung von Elektrizität hat also ein Ende, sobald alles Zink aufgelöst, keine freie Säure mehr vorhanden oder die Flüssigkeit mit Zinkvitriol gesättigt ist. Der Vorgang am positiven Pol ist dagegen bei den verschiedenen Elementen verschieden: im vorliegenden Falle sammelt sich der Wasserstoff in Gestalt von Bläschen an der Kupferplatte, so daß das Kupfer nach einiger Zeit außer Berührung mit der Flüssigkeit steht und ein neues Element, Wasserstoff-Zink, sich gebildet hat, dessen Strom dem erstgenannten entgegengesetzt ist. Dieser Vorgang heißt die galvanische Polarisation des Elementes.

In der Telegraphie sucht man die Polarisation dadurch zu vermeiden, daß man den positiven Pol mit sauerstoffreichen Substanzen umgiebt, die den Wasserstoff sofort beim Entstehen aufnehmen; man erhält dann einen Strom, der nur geringen Schwankungen unterworfen ist, und Elemente dieser Art heißen „konstante Elemente".

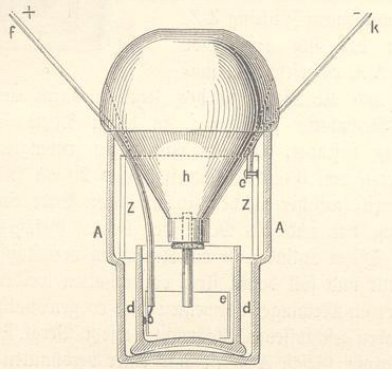
1) Vergl. H. Schellen, Der elektromagnetische Telegraph, und Müller, Dr. Johann, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, II. Band.

2) Der Ring ZZ wird von vornherein an der inneren Fläche amalgamiert; dadurch lösen sich die Unreinigkeiten von demselben

Die Dauer der Batterie hängt von dem Volumen der Flüssigkeit ab, welche das Glasgefäß fassen kann. Bei der vorgeschriebenen Größe wird nach Meidingers Angabe die Batterie auseinander zu nehmen sein, wenn sie etwa 1,5 kg Kupfervitriol verbraucht hat, worüber etwa ein Jahr hingeht. Die Bittersalzlösung soll nicht über den Rand von Z Z hinausreichen, weil sonst der Kupferstreifen abgefressen wird. Beim Gebrauch sind von Zeit zu Zeit neue Kupfervitriolkrystalle in das Glas zu schütten.

Das Meidinger-Element in seiner neueren Form zeigt Fig. 381. Die Glasröhre ist hier durch einen

Fig. 381.



— unten konischen — Ballon ersetzt, welcher einen mit Ausflußröhren versehenen Korkpfropfen trägt. Der Ballon enthält so viel Kupfervitriol, als das Element für längere Zeit bedarf. An Stelle des Kupfercylinders c tritt hier ein solcher von Blei, an welchen statt des Guttaperchadrahtes ein Bleistreifen befestigt ist. Dabei findet folgender Vorgang statt: der am Blei sich bildende Wasserstoff entzieht dem Kupfervitriol Sauerstoff und bildet damit Wasser; das frei werdende Kupfer schlägt sich auf dem Blei nieder. Die freie Schwefelsäure löst Zink auf und bildet damit Zinkvitriol, der in der Flüssigkeit gelöst bleibt. In dem Sinne, wie sich die Kupfervitriollösung durch Niederschlag von Kupfer verdünnt, tritt neue Lösung aus dem Ballon heraus. Ist alles Kupfervitriol zersetzt, so tritt Wasserstoffpolarisation ein; dies muß also vermieden werden. Im übrigen tritt, selbst bei lange andauernden starken Strömen, Polarisation nicht ein.

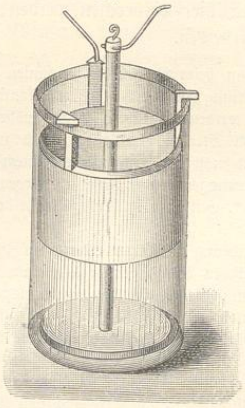
Das Element darf nach dem Ansetzen nur vorsichtig berührt werden, indem durch Schütteln eine Mengung der Flüssigkeiten herbeigeführt wurde, welche die Konstanz des Stromes aufhebt. Ein Zeichen der Sättigung der Flüssigkeit mit Zinkvitriol ist das Auskrystallisieren des letzteren. Im Sommer sind demnach die Elemente länger betriebsfähig als im Winter, weil die Flüssigkeit dann mehr Zinkvitriol aufzulösen vermag. Die Dauer des Elementes beträgt, je nach dem Gebrauch, zwei Monate bis ein Jahr.

Ist es nach erfolgter Prüfung der Batterie nötig, die Elemente zu reinigen, so entfernt man zunächst das auf dem Bleicylinder niedergeschlagene Kupfer, nachdem vorher die Zinkvitriollösung behutsam mittels eines Hebers abgefüllt wurde. Ist die Flüssigkeit dennoch blau geworden, so kann man das Kupfervitriol dadurch entfernen, daß man Zinkabfälle einige Tage darin liegen läßt; diese schlagen das Kupfer nieder.

Die kleineren Mängel dieses Elementes lassen sich durch angemessene Konstruktion wesentlich reduzieren; der verhältnismäßig große Leitungswiderstand in demselben ist aber von Bedeutung für die Haustelegraphie.

Anm. Bei der Reichstelegraphen-Verwaltung findet das in Fig. 382 dargestellte Meidinger-Element mit Zink und Bleielektrode sehr weitgehende Verwendung.

Fig. 382.



Dasselbe besteht aus einem cylindrischen Glasgefäß, 10,5 cm im Lichten weit, 14,5 bis 15,5 cm hoch, dessen Rand und die obere Innenwand auf 10 cm Tiefe mit weißer Ölfarbe bedeckt sind.

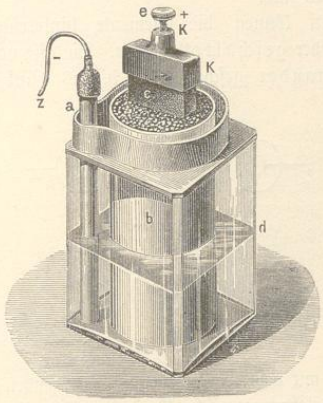
In dem Glase ist ein 5 cm hoher Zinkring mittels dreier Arme aufgehängt. An einem der Arme ist ein Kupferdraht als Poldraht angegossen. — Auf dem Boden des Gefäßes ruht eine 8 mm dicke Bleiplatte, in deren Mitte ein Bleistab befestigt ist, der an seinem oberen Ende eine Polklemme trägt.

Das so ausgerüstete Glas füllt man mit einer verdünnten Lösung von Zinkvitriol bis 4 mm unter den Rand des Zinkringes. Sodann werden 70 g Kupfervitriol in Stücken in das Glas geworfen. Sobald sich auf dem Boden des Gefäßes eine blaue Lösung von Kupfervitriol gebildet hat, ist das Element zum Einschalten in die Batterie fertig.

leicht ab, während sie sonst das Zink als harte Kruste bedecken würden. Eine Spur von Kupfer, welche durch die Wirkung des Stromes bis zum Zink gelangt, ist erst nach mehreren Wochen zu bemerken.

b) Das Element Leclanché (Fig. 383) ist ein Zink-Kohlen-Element. Der + Pol besteht aus einer an ihrem oberen Ende mit Harz überzogenen Kohlenplatte c mit Bleikappe K und Klemmschraube e. Dieselbe steht in einer porösen, auf der oberen Hälfte glasierten Thonzelle b, die mit einem Gemisch grob gestoßenen Braunsteines (Mangansuperoxyd) und Retortenkohle gefüllt ist. Die Thonzelle steht in einem viereckigen, etwa 26 cm hohen Glase d, welches bis zu $^3/_4$ der Höhe mit einer gesättigten Lösung von Salmiak angefüllt ist. Der — Pol wird durch einen außerhalb der Zelle, jedoch innerhalb des Glases stehenden, amalgamierten Zinkstab a gebildet. Sobald das Element geschlossen ist,

Fig. 383.

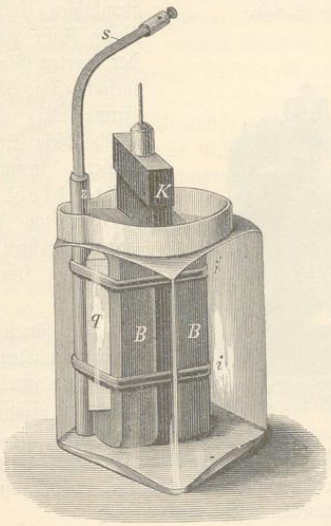


zersetzt der Strom das Wasser und den Salmiak (chlorwasserstoffsaures Ammoniak) und in der Thonzelle das Mangansuperoxyd. Am + Pol bildet der frei werdende Sauerstoff mit dem Zink und dem Chlor des Salmiaks Chlorzink, welches in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt; am — Pol wird der Wasserstoff des zersetzten Wassers durch den Sauerstoff des Braunsteines neutralisiert, und der Wasserstoff der Salzsäure vereinigt sich mit dem Sauerstoff des zersetzten Wassers. Das Zink sowohl als die Kohle bleibt daher in gut leitender Verbindung mit der Flüssigkeit und die Stromstärke ziemlich lange (durchschnittlich zwei Jahre) konstant, ohne daß es irgend welcher Aufsicht bedarf, höchstens ist Wasser und Salmiak nachzufüllen.

Die beiden Stromerreger stehen in der elektromotorischen Reihe ziemlich weit auseinander, daher ist die elektromotorische Kraft des Elementes ziemlich groß, nämlich etwa $1^1/_2$ mal so groß als die des Meidinger-Elementes. Allgemein wird angenommen, daß man 40 Meidinger-Elemente durch 28 Elemente Leclanché gleicher Größe ersetzen kann. Die Kosten sind pro Element etwa 4 Mark.

Leclanché hat das in Fig. 383 dargestellte Element dadurch vereinfacht, daß er die Thonzelle ganz beseitigte und an Stelle der Kohlen-Braunsteinmischung zwei Briquettes (Braunstein-Kohlenplatten) setzte, welche zu beiden Seiten der Kohlenplatte K (Fig. 383a) liegen. Diese Elemente heißen daher auch Briquette-Elemente. Mit der so gebildeten Elektrode ist der Zinkstab z verbunden,

Fig. 383a.



der sie jedoch nicht berührt, sondern durch den Porzellankörper q davon getrennt gehalten wird. Die Briquettes werden aus einem Gemenge von Pyrolusit, Retortenkohle, doppelt schwefelsaurem Kali und Gummilack als Bindemittel hergestellt; dieses Gemenge wird auf 100° C. erwärmt und gepreßt.

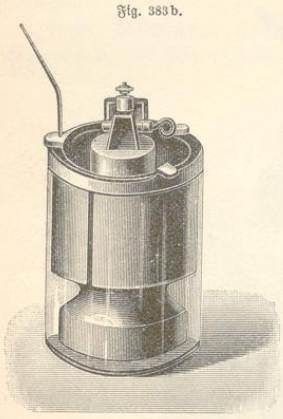
Eine Abänderung des Leclanché-Elementes, die von Keiser & Schmidt in Berlin herrührt, zeichnet sich durch Einfachheit und Wirksamkeit aus. Die Braunstein-Kohlenmischung bedeckt 6 cm hoch den Boden des cylindrischen Glases, und eine schmale Kohlenplatte, die auf dem Boden des Glases aufsteht, vermittelt die Verbindung zwischen der Mischung am Boden und der Polklemme. Der negative Pol wird durch eine schmale Zinkplatte, die oberhalb an einem Stege aufgehängt ist, gebildet, die Mischung aber nicht berührt. Die Salmiaklösung, die das Glasgefäß füllt, reicht nur bis 4 cm unter den Rand, den man mit Firnis oder Talg bestreicht.

Anstatt der Briquettes hat man auch Kohlencylinder konstruiert, wodurch das Leclanché-Element

eine nicht zu übertreffende Einfachheit erhält. Derartige Elemente werden „Braunstein-Cylinder-Elemente“ genannt.

Neuerdings ist man dazu übergegangen, bei den letztgenannten Cylinderelementen an Stelle des Zinkstabes einen Cylinder aus gewalztem Zinkblech als negative Elektrode zu benutzen, welche mit dem unteren Rande etwa um ein Drittel der Glashöhe vom Boden absteht. Gleichzeitig wurde der Braunsteinkohlen-Cylinder mit einem Fuße versehen, der der inneren Glasweite entspricht (Fig. 383 b). Die Firma Mix & Genest, welche diese Elemente konstruiert, nennt dieselben „Standkohlen-Elemente“ und liefert dazu einen gepreßten Verschlußdeckel aus stark lackierter Pappe.

Fig. 383 b.



Die sämtlichen vorbeschriebenen Elemente erfordern eine gewisse Pflege, indem die Flüssigkeit durch Zugießen von Wasser ergänzt und durch Nachwerfen von Kupfervitriolstückchen in der geeigneten Dichte erhalten, endlich die Salmiaklösung bisweilen ersetzt werden muß.

Eine Versendung der Elemente in fertiger Form ist nicht möglich, sondern die Bestandteile müssen einzeln verpackt und erst an Ort und Stelle zusammengesetzt werden, was Störungen hervorrufen kann, wenn die nötige Vorsicht mangelt.

Man ist daher schon seit Jahren bemüht gewesen, die Elemente so zu füllen und zu verschließen, daß sie längere Zeit betriebsfähig bleiben und wie feste Körper versandt werden können. Derartige Elemente nennt man „Trockenelemente; dieselben haben für kleinere Hausanlagen vielfach Verwendung gefunden.

Bei den Trockenelementen von Gaßner wird die Zinkelektrode gleichzeitig als Elementengefäß benutzt, indem man sie in cylindrischer Form, außen lackiert, herstellt. Innen befindet sich die Kohlenelektrode. Der freie Raum wird bis 3 cm vom Gefäßrande mit der erregenden Masse[1]) ausgegossen, der übrige Raum aber mit einer Verschlußmasse gefüllt.

1) Über die Zusammensetzung des Erregers bewahren die Fabrikanten ein Geheimnis.

§ 7.

Batterie und Wandleitungen.

Jede Anlage von Haustelegraphen erfordert eine Batterie mit einer bestimmten Anzahl von Elementen; obwohl die Zahl der Elemente aus der Zahl der gleichzeitig auf Kontakt wirkenden Apparate resultiert, empfiehlt es sich dennoch, auch bei den einfachsten Anlagen nie weniger als drei Elemente anzuwenden und — bei gleichzeitiger Thätigkeit mehrerer Apparate — diese Zahl zu verdoppeln. Dies verteuert zwar eine kleine Anlage, wenn aber sämtliche Wohnungen eines Hauses mit elektrischen Haustelegraphen versehen werden, so ist ebenfalls nur eine Batterie erforderlich und es gleichen sich daher die Anlagekosten aus.

Hierbei können die Elemente hintereinander oder nebeneinander geschaltet werden. Sind sie nach Fig. 384 hintereinander geschaltet, d. h. das Zink des einen

Fig. 384.

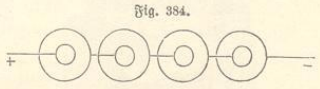
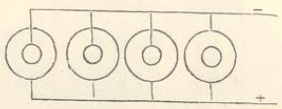


Fig. 384 a.



Elementes mit dem Kupfer des nächstfolgenden verbunden, so ist die elektromotorische Kraft der Batterie gleich vier, wenn die eines Elementes gleich eins gerechnet wird. Sind die Elemente dagegen nach Fig. 384 a sämtlich nebeneinander geschaltet, d. h. alle Zink- und alle Kupferplatten miteinander verbunden, so ist es dasselbe, als ob man ein großes Element hätte mit viermal so großen Elektroden und viermal so großer Flüssigkeitsmenge. Die elektromotorische Kraft der ganzen Batterie ist in diesem Falle nur gleich eins, aber auch der Leitungswiderstand[1])

1) Die Körper setzen dem Durchgange des elektrischen Stromes einen gewissen Widerstand entgegen und dieser gilt als Maß der Leitungsfähigkeit. Die Leitungswiderstände der Metalle sind, Kupfer gleich 1 gesetzt, folgende:

Kupfer	= 1	Platin	= 6,50
Zink	= 3,50	Blei	= 9,00
Messing . . .	= 3,75	Neusilber . . .	= 11,50
Eisen	= 5,75	Quecksilber . .	= 40.

Die Leitungswiderstände der Flüssigkeiten sind erheblich größer und nehmen ab mit der Temperaturzunahme, was für die Haustelegraphie von Wichtigkeit ist. Der Widerstand metallischer Leiter nimmt dagegen mit der Erhöhung der Temperatur zu. Für Drähte wie für Flüssigkeitsschichten ist er proportional ihrer Länge und umgekehrt proportional ihrem Querschnitt.

in den Elementen ist viermal so klein als im ersten Falle, so daß die Stromstärke in beiden Fällen dieselbe ist. Es bleibt also ganz gleich, ob man die Elemente hinter- oder nebeneinander schaltet.

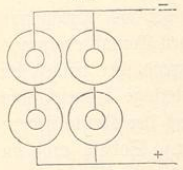
Im ersten Fall ist nämlich — wenn für jedes Element ein Widerstand von 6 E gerechnet wird — die Stromstärke nach dem Ohm'schen Gesetz*)

$$S = \frac{4}{24 + 6} = \frac{2}{15} = 0{,}13.$$

Im zweiten Fall ist der Gesamtwiderstand viermal so klein wie der eines einzelnen Elementes, also gleich $\frac{6}{4}$, der unwesentliche Widerstand $= 6$, die elektromotorische Kraft $E = 1$, also hat man:

$$S = \frac{1}{{}^6/_4 + 6} = \frac{2}{15} = 0{,}13.$$

Fig. 385.



Schaltet man endlich zwei Batterien von je zwei Elementen nach Fig. 385 nebeneinander, so ist die elektromotorische Kraft der ganzen Batterie gleich 2. Der Widerstand jeder einzelnen Batterie von zwei Elementen beträgt $2{,}6 = 12$ E; weil aber zwei solche Batterien nebeneinander geschaltet sind, beträgt der Widerstand $^1/_2$, also nur 6 E. Der unwesentliche Widerstand ist ebenfalls 6 E, daher die Stromstärke

$$S = \frac{2}{6 + 6} = \frac{2}{12} = 0{,}16.$$

Man ersieht daraus, daß in diesem Falle mit der Schaltung der stärkste Strom erzeugt wird.

Übrigens darf man nie Batterien von ungleicher Stärke nebeneinander schalten, weil alsdann auch bei geöffneter Leitung in der Batterie Ströme entstehen würden.

Die Stärke des elektrischen Stromes mißt man an den Wirkungen, die er ausübt, und ein vorzügliches Mittel dazu bietet die Ablenkung der Magnetnadel. Eine Beschreibung der Meßinstrumente würde aber den Rahmen dieses Buches überschreiten, auch ist die Kenntnis dieser Apparate und deren Gebrauch für die Anwendung der Haustelegraphie nicht absolut nötig.

Die Wandleitungen.

Der Leitungsdraht besteht aus Kupferdraht von 0,8 mm Stärke mit isolierendem Überzuge. Wo die Leitungsdrähte in den Putz oder unter die Tapete gelegt werden, da ist Kupferdraht mit Guttaperchaüberzug und mit Baumwolle besponnen anzuwenden. In feuchten Räumen — auch in Neubauten — ist es ratsam, den Draht noch mit Asphaltlack zu überziehen.

In bereits bewohnten Gebäuden werden die Leitungsdrähte frei gelegt; es wird in diesem Falle Kupferdraht benutzt, der mit in Wachs getränkter Baumwolle doppelt besponnen ist. Wo Leitungsdrähte durch das Mauerwerk gehen, sind sie mehrfach mit Guttaperchapapier zu umhüllen, wie denn überhaupt im Innern der Gebäude Leitungsdrähte ohne Isolierung nicht verwendet werden dürfen, wohl aber für im Freien geführte oberirdische Leitungen.

Zur Befestigung der Drähte werden verzinnte Stifte und Haken angewandt und zu dem Ende Rinnen in den trockenen Putz eingeritzt, die Drähte eingelegt und wieder verputzt. Ist dies aber — wie in älteren Gebäuden — nicht erwünscht, so befestigt man jeden einzelnen Draht auf Isolierrollen von Knochen.

§ 8.

Die Telegraphenapparate.

A. Einfache Läutetasten für galvanische Ströme. Bei den elektrischen Haustelegraphen beabsichtigt man — wie oben bemerkt wurde — meist nur ein Signalisieren von einem Orte des Hauses zu einem anderen, d. h. es soll mittels elektrischer Klingeln und Wecker am Empfangsorte ein deutlich hörbares Zeichen hervorgebracht werden, welches die Aufmerksamkeit des Dienstpersonals erregt und sie nach dem Aufgabeort heranruft. Hierzu sind nur Apparate von einfachster und solidester Konstruktion und Manipulation verwendbar.

1) Der einfachste von allen Telegraphenapparaten ist **die Läutetaste** für galvanische Ströme oder der **Drücker;** sie dient zum Schließen eines Stromkreises und kommt fast bei jeder elektrischen Telegrapheneinrichtung vor, ist aber je nach Art der Anwendung mannigfachen Abänderungen unterworfen.

Fig. 386 zeigt den inneren Mechanismus einer gewöhnlichen Taste. Die Federn b und p sind aus Neusilberblech hergestellt und werden mit den Enden a und x des Stromkreises fest verbunden. Indem man mit dem

Als Maß für die Leitungswiderstände wählte Siemens den Widerstand, den ein Quecksilberprisma von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt dem Durchgange des Stromes bei 0° C. entgegensetzte. Dieses jetzt allgemein gebräuchliche Maß nennt man eine Siemens'sche Widerstandseinheit; kurzweg S. E.

Der Widerstand im Element heißt der wesentliche Widerstand, der Widerstand in der die Pole verbindenden Leitung der außerwesentliche Widerstand. Beide Widerstände, ausgedrückt in S. E., geben den reduzierten Widerstand.

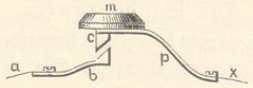
Eine in sich geschlossene Leitung nennt man einen **Stromkreis.** Bezeichnet dann S die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft, w den wesentlichen und W den unwesentlichen Widerstand, dann ist bei geschlossenem Stromkreise

*) $$S = \frac{E}{w + W}$$ 1.

Diese Formel nennt man das Ohm'sche Gesetz.

Finger auf den isolierenden Knopf m der Taste einen mäßigen Druck ausübt, wird der Kontakt c am Ende der federnden Schiene p auf den festliegenden Kontakt b niederbewegt und dadurch der Stromkreis a b c p x geschlossen.

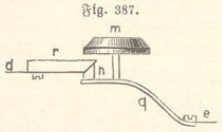
Fig. 386.



Bei Aufhören des Druckes unterbrechen die Federn von selbst den Strom. Man nennt dies Arbeitsstromschaltung.

Bei der sogenannten Ruhestromtaste (Fig. 387) ist dagegen der Strom beständig geschlossen und wird das Signal durch Stromunterbrechung gegeben, indem man

Fig. 387.



beim Telegraphieren mittels des Knopfes m auf die Feder q drückt. Es ist vorteilhaft, den Tasten eine solche Biegung zu geben, daß beim Niederdrücken der Taste eine Reibung bei n entsteht, welche die Flächen metallisch rein erhält.

Fig. 388 zeigt die Ansicht der Taste. Die Federn b und p werden auf einer in die Wand eingelassenen Platte befestigt und darauf wird der rosettenförmige Deckel aufgeschraubt, aus welchem der Druckknopf m

Fig. 388.



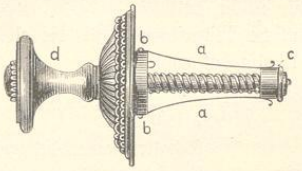
hervorragt. Dieser Deckel wird in verschiedener Ausstattung geliefert. Je nach dem Preise, den man dafür anzulegen beabsichtigt, besteht er aus Holz, Horn, Elfenbein, Majolika, Porzellan oder Metall; im letzteren Falle wird er häufig vernickelt oder vergoldet.

Anm. Wird statt des Druckknopfes eine entsprechende Einrichtung in den Zimmerfußboden eingelassen, so nennt man dies einen Tretkontakt.

2) Die **Zugkontakte** unterscheiden sich im Äußeren nicht von den zu mechanischen Klingelzügen benutzten Vorrichtungen. Man bringt sie in der Regel außerhalb der Haus- und Korridorthüren an, und zwar liegt der Mechanismus hinter einer seitlich am Thüreingange aufgeschraubten Holz-, Marmor- oder Metallplatte. Für Hausthüren sind Zugkontakte jedenfalls den Drückern vorzuziehen, weil sie den mechanischen Klingelzügen mehr gleichen und einem Fremden, der mit der Einrichtung elektrischer Telegraphen nicht vertraut ist, leicht gestatten, sich bemerkbar zu machen, was bei Drucktasten nicht immer gelingt.

Fig. 389 stellt einen Zugkontakt mit verzierter und ciselierter Metallrosette für Korridorthüren dar. Der Zugknopf d wird auf einer 9 mm dicken Zugstange befestigt, deren Unterlagsplatte c aus Messing hergestellt ist. Unter

Fig. 389.



dieser liegt ein kleiner Isolierungscylinder aus Hartgummi, an welchem im Ruhezustande die beiden Kontaktfedern aus Neusilberblech a a sich anpressen, während ihre Enden bei b b ebenfalls auf einer Hartgummiunterlage festgeschraubt sind. Hier findet auch die Verbindung der Kontaktfedern mit den beiden Leitungsdrähten statt. Sobald nun an dem Knopf d gezogen wird, kommt die Messingscheibe c in leitende Verbindung mit den Federn a a und der Kontakt ist hergestellt. Nach Aufhören der Zugwirkung schnellt durch die Federkraft einer die Zugstange umgebenden Spiralfeder der Knopf in seine Ruhelage zurück, dadurch werden auch die Federenden wieder in Berührung mit dem Gummicylinder gebracht und der Strom ist also unterbrochen.

Fig. 390.

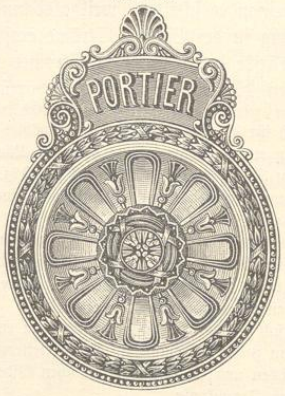


Fig. 390 stellt einen Zugkontakt für Hausthüren mit isolierter Schale dar, und zwar in der Vorderansicht.

Bei dem in Fig. 390a dargestellten Kontakt für Entree- und Hausthüren befindet sich dagegen in der vertieften Metallschale ein Druckknopf und in der dahinter befindlichen metallenen Büchse sind die Leitungsdrähte und die Kontaktfeder untergebracht. Die Metallbüchse wird in die Wand eingelassen.

Fig. 390a.

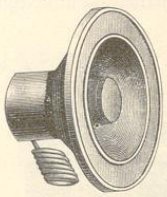


Fig. 390b.



Der Badezimmerkontakt (Fig. 390b) wird in der Regel unweit der Zimmerdecke befestigt und mittels einer Schnur mit Quaste gezogen. Dadurch wird vermieden, daß das Bade- oder Brausewasser die leitenden Teile des Kontaktes benetzt und die Oxydation derselben beschleunigt, resp. deren Isolation beeinträchtigt. Im Innern des Kontaktes sind zwei Klemmschrauben und Federn angebracht, welche miteinander in Verbindung kommen, sobald an der Schnur gezogen wird.

3) Fußboden- oder Tretkontakte werden unter Schreib- und Speisetischen im Fußboden angebracht und dazu benutzt, in unbemerkbarer Weise durch Druck mit dem Fuß ein Signal zu geben. Der Tretkontakt (Fig. 390c)

Fig. 390c.



gleicht im allgemeinen dem einfachen Druckkontakt (Fig. 388), wird jedoch in Metall ausgeführt und mit einem vorstehenden Knopf versehen. Die Leitung zu dem Kontakt wird meistens durch eine bewegliche Leitungsschnur gebildet, da derselbe nur zeitweise angewendet wird.

Dauernd wirksame Fußkontakte müssen in den Fußboden eingelassen werden und bestehen aus einem, in einer Metallfassung mittels Scharnier beweglichen kleinen Pulte, unter dessen höchster Stelle ein Metallstück angebracht ist, welches bei einem Drucke auf die Pultfläche den Kontakt herstellt.

4) Bewegliche Kontakte. Auf Schreib- und Speisetischen, am Fußboden und an solchen Orten, wo ein fester Platz nicht vorhanden ist, verwendet man bewegliche Kontakte. Die Kontaktvorrichtungen befinden sich am Ende der Leitungsschnur, welche mit Baumwolle oder Seide umsponnen ist und die notwendige Anzahl von metallischen Leitern enthält. Die gebräuchlichsten Gattungen sind die Birne, der Preßkontakt und der Tischkontakt. Zur Verbindung der Leitungsschnur mit dem Endpunkte der festen Leitung werden Rosetten und Verbindungskapseln verwendet.

Fig. 390d.



Fig. 390e.

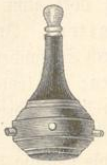


Fig. 390f.



a) Die Birne (Fig. 390d) besteht aus zwei aufeinander geschraubten Teilen und enthält im Innern zwei geschweifte Blattfedern, wie jede gewöhnliche Taste. Der Knopf zum Drücken befindet sich am unteren Teile der Birne. Wenn mehrere Leitungen mit einer Birne in Verbindung zu bringen sind, so werden die betreffenden Kontakte seitwärts aus der Birne herausgeführt und die Kontaktknöpfe durch eingravierte Zahlen entsprechend bezeichnet (Fig. 390e).

b) Der Preßkontakt (Fig. 390f) besteht aus einem aufgeschlitzten Holzcylinder, an dessen inneren Flächen zwei Metallschienen befestigt sind, die mit den beiden Leitungsflächen verbunden werden und sich im Ruhezustande nicht berühren. Wird der Kontakt dann zusammengedrückt, so kommen die Schienen in leitende Verbindung und erzeugen durch „Stromschluß" das gewünschte Signal.

c) Tischkontakte eignen sich zur Anbringung auf Schreib- und Speisetischen und erhalten nicht selten die Form eines Briefbeschwerers. Die Grundplatte derselben

Fig. 390g.



ist aus Messing hergestellt und je nach Ausstattung der Räume mit Ornament oder einer figürlichen Darstellung versehen. Fig. 390g stellt einen Tischkontakt mit drei Kontaktknöpfen dar.

5) **Thürkontakte.** Um Auskunft darüber zu geben, ob eine Thür (oder ein Fenster) geschlossen ist oder offen steht, bedient man sich einer Kontaktvorrichtung, welche

im Thürfalz, bezw. an der Thürbekleidung, aufgeschraubt wird, dabei in der einen Lage der Thür den Strom schließt, in der anderen ihn unterbrochen hält. Es schellt dann die Klingel so lange, als die Thür geöffnet bleibt. Für Ladenthüren werden Streichkontakte verwendet, welche die Klingel nur so lange ertönen lassen, als die Thür während des Öffnens darunter hinwegstreicht.

6) Der Umschalter. Die Einrichtung zum Unterbrechen einer Leitung oder zum Einschalten einer neuen nennt man „Umschalter". In Fig. 391 sind die Leitungen L_2 und L_3 durch Schraubenklemmen mit den Plättchen a und b verbunden; auf letzteren schleift die Kurbel h. Wird die letztere nach links gedreht, so ist mit der allgemeinen Leitung L_1 die Leitung L_2 verbunden, wird sie auf b gestellt, so ist die Leitung L_3 eingeschaltet, und soll die Leitung ganz unterbrochen werden, so stellt man die Kurbel zwischen a und b.

Fig. 391.

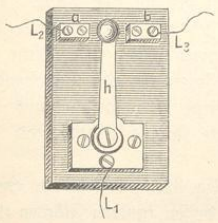
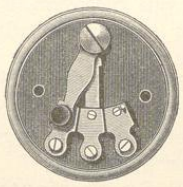


Fig. 391 a.



Mittels des Umschalters (Fig. 391[a]) kann man z. B. die mittlere (Kurbel) Schiene entweder mit der Schiene links (wie in der Figur) oder mit der Schiene rechts verbinden, oder von beiden trennen (Mittelstellung).

Ausschalter und Umschalter dienen hiernach zur Unterbrechung oder Ableitung des Stromes nach anderer Richtung und finden für die Diebessicherungen und bei Telephonanlagen Anwendung.

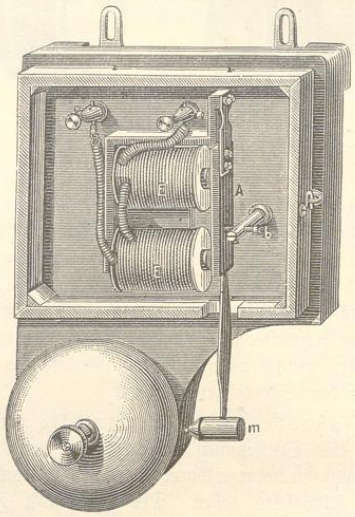
B. Die Klingeln.

Bréguet's Klingel[1]) mit einfachem Schlage (Fig. 392). Diese sogenannten einschlägigen Klingeln arbeiten ohne Triebwerk; für jeden einzelnen Schlag, den man hervorbringen will, muß daher der galvanische Strom einmal geschlossen und unterbrochen werden. Der an die Glocke schlagende Klöppel m wird dabei in einfachster Weise an dem verlängerten Anker A des Elektromagneten E E angebracht, und so oft ein Strom durch die Windungen desselben kursiert, wird der Anker angezogen und der Klöppel gegen den Rand der Glocke geschlagen.

1) Vergl. Dr. H. Schellen, Der elektromagnetische Telegraph.

Der Elektromagnet E E ist mit seinem Kerne auf einem gußeisernen Winkelstück befestigt, auf welchem auch die Feder des Ankers A angeschraubt ist. Übrigens kann durch die Anschlagschraube b die Bewegung des Ankers beliebig begrenzt werden, der im Ruhestande die Feder am Anschlag b festhält. — Um einen reinen Ton der Glocke hervorzubringen, darf der Klöppel beim Anschlagen die Glocke nur durch eine geringe Durchbiegung des Schwengels erreichen.

Fig. 392.



Der Apparat wird von einem hölzernen Schutzkästchen, dessen Deckel in Fig. 392 fortgenommen gedacht ist, umschlossen und mittels Ösen an die Wand befestigt.

Anm. Läuteapparate mit Schalmeiglocken unterscheiden sich von den gewöhnlichen nur durch einen tieferen Ton.

Rasselklingel mit Selbstunterbrechung.

Der durch einfache Einschläger hervorgebrachte Ton ist selten vernehmbar genug, um die verlangte Person aus weiter Entfernung heranzurufen; man wendet daher jetzt allgemein für diesen Zweck Rasselklingeln mit Selbstunterbrechung an. Die Konstruktion derselben weicht wenig von derjenigen des in Fig. 392 dargestellten Apparates ab.

In Fig. 393 bezeichnet M wieder den Elektromagneten, a den Anker mit Klöppel; letzterer wird von der bei b befestigten Feder fg getragen. An deren Ende bei c ist ein Platinkontakt angebracht, der in seiner Ruhelage an der Kontaktschraube d anliegt. Hierbei kursiert der Strom von L' durch die Windungen des Elektromagneten zur Kontaktschraube d und geht von c durch die

Feder gf und den Körper der Klingel zur Batterie zurück, der Strom ist also geschlossen, der Anker wird angezogen. Aber infolge dieser Bewegung verläßt die Feder g die Kontaktschraube und der Strom wird unterbrochen. Die Feder fg drückt den Anker, der nun nicht mehr angezogen wird, vom Elektromagneten ab und bringt ihn wieder in Berührung mit der Kontaktschraube, um den Strom aufs neue zu schließen. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, als der Kontakt im Knopfe anhält, man kann also nach Wunsch mit diesem Apparate andauernde Klingelsignale hervorbringen.

Fig. 393.

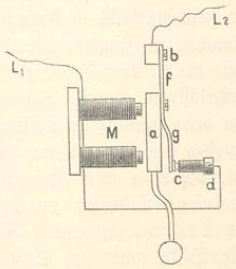
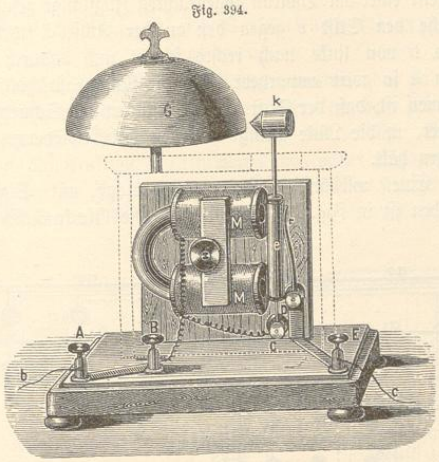


Fig. 394 stellt Bréguets Rasselklingel dar. Hier geht der Strom aus b über A B durch den Draht des Elektromagneten M M über C und den Anker e nach r

Fig. 394.



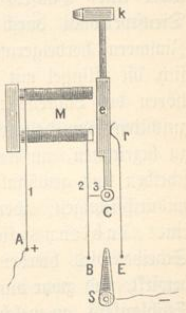
und den Klemmen D und E nach c; der Anker e führt bei dieser Bewegung den Klöppel k gegen die Glocke G, und der Strom unterbricht sich selbst, sobald der Anker e die Feder r verläßt.

Die einzelnen Teile des Klingelapparates werden auf einem Metallstück montiert und durch ein — in der Zeichnung punktiertes — Holzgehäuse geschützt.

C. Kombiniertes Schlag- und Klingelwerk.

Fig. 395 zeigt das Schema einer Drahtverbindung, mittels welcher es gestattet ist, den Signalapparat nach Belieben als Glocke mit einfachem Schlage oder als Lärmklingel mit Stromunterbrechung anzuwenden. Die Teile des Apparates sind dieselben, wie in Fig. 393; M ist der Elektromagnet, e der Anker, c dessen Drehpunkt, r die Kontakt- und Unterbrechungsfeder.

Fig. 395.



Ein Ende der Drahtrolle des Elektromagneten ist bei A, das andere bei B befestigt; von diesem letzteren zweigt sich die Verbindung 3 nach C hin ab. Zwischen den Kontaktstücken B und E steht der Schieber S, den man nach Belieben auf B oder E rücken kann, während seine Achse mit dem negativen Pole, A dagegen mit dem positiven Pole der Batterie verbunden ist. — Steht nun der Schieber S mit B im Kontakt, so geht der bei A ankommende Strom über 1 durch die Drahtwindungen nach 2 und direkt über B und S zur Batterie, ohne die Unterbrechungsfeder r zu berühren.

Steht der Schieber S mit E im Kontakt, so geht der Strom über A, 1, Elektromagnet, 2, 3, C, e und die Feder r nach E und S, um von da die Leitung weiter zu passieren; der Apparat wirkt daher wie Fig. 394 mit Selbstunterbrechung, d. h. als Rasselklingel.

Die Anwendung von Doppelklingeln, die man zuweilen benutzt, um ein sehr starkes Geräusch zu erzeugen, indem man den Hammer gegen zwei Glocken schlagen läßt, hat sich in der Praxis keinen großen Eingang verschafft.

D. Läuteapparate mit Triebwerk,

zur Aufstellung in Fabriken, Schulen u. s. w. geeignet, erhalten — je nach den Zwecken, denen sie dienen sollen — die verschiedenartigsten Einrichtungen. Das Glockenwerk wird bald durch leichtere oder schwerere Gewichte, bald durch Federkraft in Bewegung gesetzt. Dabei giebt das Werk entweder nur einen einzelnen Schlag oder eine gewisse Anzahl von Schlägen. In allen diesen Fällen hat der elektrische Strom nur die Aufgabe, das im Ruhezustande auf irgend eine Weise gesperrte Werk auszulösen, und dies geschieht durch Einwirkung eines Elektromagneten auf einen Anker.

Eine weite Verbreitung hat die Signalglocke mit einfachem Schlag- und Gewichtswerk von **O. Hagendorff** gefunden. Von Beschreibung derselben wird hier Abstand genommen und auf das Specialwerk von Dr. H. Schellen verwiesen.

E. Klingeln mit sichtbarem Signal (Signalscheiben).

Apparate dieser Art sind in allen den Fällen unentbehrlich, wo aus verschiedenen Räumen einer Etage (oder eines Hauses) Signale gegeben werden, d. h. das Dienstpersonal durch dieselbe Klingel nach verschiedenen Zimmern herbeigerufen werden soll. Hier empfiehlt es sich, die Klingel mit einem sichtbaren und auch beim Aufhören des Läutens noch sichtbar bleibenden Signal auszustatten, um dadurch dem Gerufenen den Ort bestimmt zu bezeichnen, an welchem geläutet wurde. Die Signalscheiben sind gewöhnlich so angebracht, daß sie hinter der undurchsichtigen, aber mit Fensterchen versehenen Platte eines Tableaus sichtbar werden. Die Bewegung der Scheibe wird hierbei durch den elektrischen Strom selbst bewirkt, und zwar durch die Abstoßung eines magnetisierten Stahlankers, an welchem die Nummerscheibe befestigt ist. — Diese Signalscheibe bleibt sichtbar, bis der gerufene Bedienstete sie wieder einzieht.

In Fig. 396 und 397 ist die sehr gebräuchliche und bekannte Signalscheibe von O. Hagendorff dargestellt. Die Kerne des Magneten m m sind mit der metallenen

Fig. 396.

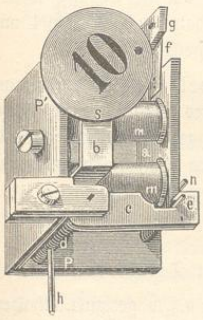
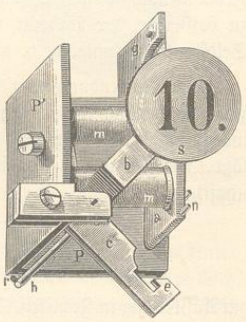


Fig. 397.



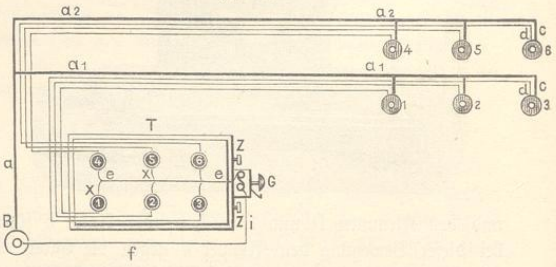
Seitenwand P' verschraubt, welche mit der Bodenplatte P ein Winkelstück bildet; letztere kommt im Tableau vertikal zu stehen. Vor den Polen des Elektromagneten ist der Anker a mittels einer flachen Abreißfeder f an dem Stück g befestigt und trägt am vorderen Ende einen kurzen Stift n, der zum Festhalten des Schneppers e dient, ein zweiter Stift verhindert das Ausweichen des Ankers nach rechts hin.

Der Schnepper e bildet das Ende eines Winkelhebels e c b, der sich um die wagrechte, in P ruhende, Achse d dreht und an seinem anderen Ende ein rundes Schildchen s von Papier (die sogenannte Nummerscheibe mit der Bezeichnung des Zimmers) trägt. So lange nun die Nase des Schneppers e vom Stifte n des Ankers festgehalten wird, steht der Arm des Schildchens s vertikal; sobald aber der Stift n die Nase e freiläßt, erhält der Arm c das Übergewicht und sinkt abwärts, den oberen Arm b mitnehmend. Dadurch kommt das Schildchen s in eine tiefere Lage vor einen „kreisrunden Ausschnitt", der zu diesem Zwecke in der Vorderplatte des Tableaus angebracht ist.

Die Wirkung eines solchen Zeichengebens ist hiernach leicht zu übersehen. Wird nämlich im Zimmer Nr. 10 durch Drücken auf die Läutetaste die Leitung der Batterie geschlossen, so cirkuliert der Arbeitsstrom in dem Signalgeber Nr. 10 des Tableaus um den zugehörigen Elektromagneten, die Pole desselben ziehen den Anker a an, der Stift verläßt den Schnepper e, die Nase wird frei und fällt mit dem Arm c herab, wobei die Scheibe s mit der Nummer 10 im Ausschnitt des Tableaus erscheint. Mit Aufhören des Druckes auf die Taste wird der Strom unterbrochen, m m verliert den Magnetismus und der Anker a tritt mit Hilfe der Abreißfeder f wieder in die alte Stellung zurück. Der Diener, durch das Ertönen der Glocke aufmerksam geworden, erblickt die signalisierte Nummer 10 und bringt sie in die Ruhelage zurück, was vermittelst einer am Tableau angebrachten Zugstange geschieht, welche den Stift r gegen den an der Achse d sitzenden Arm h von links nach rechts schiebt und dadurch den Arm c so weit emporhebt, bis die Nase e so hoch gekommen ist, daß der Stift über den Rücken des Schneppers gleitet, in die Lücke springt und den Hebel wiederum gefangen hält.

Eine vollständige Telegraphenanlage mit Signalscheiben ist in Fig. 398 abgebildet. Die Glocke G ist hier

Fig. 398.



an dem Tableaukästchen T befestigt; die gefallenen Scheiben werden mittels der beiden Zugstangen Z Z wieder aufgehoben. Von den sechs Läutetasten befinden sich 1, 2 und 3 im Erdgeschoß, 4, 5 und 6 in der Beletage. In jedem Stockwerk läuft ein Draht (a_1 a_2) an der Korridordecke hin und vereinigt sich mit dem stärkeren Drahte a, welcher von dem einen Pol der Batterie kommt. Von den Drähten a_1 resp. a_2 gehen Nebendrähte (c c) in die einzelnen Zimmer zu den Läutetasten, und zwar an das

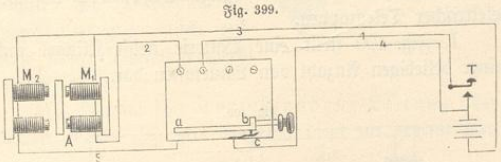
untere Metallstück derselben, während der von der oberen Kontaktfeder der Taste austretende Draht d nach dem einen Ende der Elektromagnetspulen läuft, durch welche die zugehörige Signalscheibe in Bewegung gesetzt wird. Das andere Spulenende ist durch einen Draht x an die Schiene e e gelegt und durch diese und den Glockenelektromagnet mittels des Drahtes i f mit dem zweiten Pol der Batterie verbunden. Sobald daher der Strom durch den Druck auf eine der Tasten geschlossen ist, tritt der Glockenelektromagnet in Thätigkeit und die Rasselklingel ertönt, während gleichzeitig auch der zu der gedrückten Taste gehörige Anker angezogen wird, der Arm des Winkelhebels herabfällt und die Scheibe im Ausschnitt des Tableaus erscheint.

Damit die Fallscheiben nicht versagen, wenn mehrere Tasten zugleich niedergedrückt werden, empfiehlt es sich, den Widerstand der Batterie und der Leitung möglichst klein zu machen, d. h. man wähle große Elemente, welche einen kräftig andauernden Strom liefern (Meidinger, Leclanché), und lasse die in § 7 über Schaltung der Elemente gegebenen Winke nicht außer Acht.

F. Fortschellklingel in Verbindung mit einem Tableau.

Fortschellklingeln mit Triebwerk werden gern da angewendet, wo der Gerufene den Ort, an dem sich die Klingel befindet, zuweilen auf kurze Zeit verläßt. Ohne auf die Konstruktion des Uhrwerkes hier näher einzugehen, geben wir in Fig. 399 die Anwendung dieser Klingel in Verbindung mit dem Tableau.[1])

Fig. 399.



A ist der Anker der Fortschelle, deren Magnetsystem abweichend von den vorigen konstruiert ist. Der Anker ist nicht mit Abreißfeder versehen, er bleibt an dem Magnet M_1 oder M_2 liegen, je nachdem der Strom durch diesen oder jenen geht. Wird die Taste T gedrückt, so geht der Strom von der Batterie über T, 1, die Tableaunummer, 2, M_1 und durch den Draht 3 zur Batterie zurück, der Anker wird vom Magneten M_1 angezogen und dadurch das Triebwerk ausgelöst, die Glocke ertönt also so lange, bis die gerufene Person das Signal vernommen hat, an der Signalscheibe ablest, wo gerufen worden ist, und nun durch einen Zug an der Abstellstange a b den an derselben angebrachten Kontakt schließt. Hierdurch aber wird der Strom auf einen anderen Weg geleitet: er geht nun durch den Draht 4 über den Kontakt c in die Stange a b und durch den mit derselben verbundenen Draht 5 zum Elektromagneten M_2 und über 3 zur Batterie zurück. Der Anker wird jetzt von M_2 angezogen und dadurch das Triebwerk wieder arretiert.

1) Aus Scharnweber, Die elektrische Haustelegraphie.

§ 9.

Regeln für die Ausführung der Hausleitungen.

Sobald das Programm der beabsichtigten Telegrapheneinrichtung aufgestellt ist und dieses mit den der Technik zu Gebote stehenden Mitteln praktisch realisierbar erscheint, auch über das Prinzip der Anlage eine Einigung mit dem Auftraggeber erzielt ist, muß zunächst der Grundriß der mit Telegraphenleitung zu versehenden Lokalitäten aufgetragen werden, um hiernach ein Schema für die Gesamtanlage ausarbeiten zu können. Dieses Schema soll die wirkliche Anlage mit allen Einzelnheiten möglichst genau darstellen und erleichtert die Montage wesentlich; für den mit Ausführung von Reparaturen betrauten Arbeiter wird solcher Entwurf sogar von unschätzbarem Nutzen sein; derselbe ist daher für eventuelle Fälle aufzubewahren.

Dem Tableau ist ein möglichst günstig gelegener und hinreichend beleuchteter Platz einzuräumen, damit das gerufene Dienstpersonal an demselben ohne Umwege vorbeipassieren und es jederzeit im Auge halten kann (Dienerzimmer, Korridor, Anrichteraum). Wegen bequemer Abstellung der gefallenen Nummern darf das Tableau nicht zu hoch hängen. Die Klingel wird gewöhnlich über dem Tableau angebracht, wenngleich nicht in allen Fällen; sie muß aber stets hoch hängen, damit der Klöppelhebel nicht durch mutwillige Hände verbogen werden kann. Befinden sich zwei Klingeln in demselben Rayon, so giebt man ihnen verschiedenen Ton, oder läßt die eine als Rasselklingel, die andere als Einschläger wirken.

Bei den Haustelegraphen der Mietswohnungen hat sich hierorts ein gewisses Schema herausgebildet; beim Druck (oder Zug) auf die Taste am vorderen Eingang zur Wohnung giebt im Entree ein „Einschläger“ das Signal, während gleichzeitig in dem entfernt gelegenen Dienerzimmer resp. Korridor eine Rasselklingel über dem Tableau kräftig ertönt und die Nummerscheibe mit der Inschrift „Entree“ am Fensterchen des Tableaus erscheint. Der Diener wird hiernach das Signal vernehmen, ob er sich nun im vorderen Teil der Wohnung oder in den entfernteren Räumen derselben befindet.

Die Läutetasten werden in den Zimmern meist in Brusthöhe an der Wand neben dem Thürfutter angebracht, je nach Bedürfnis lassen sie sich aber auch in der Nähe des Schreibtisches oder sonstwo anbringen: so als Hänge-

tasten über dem Eßtisch, als Birnentaste im Schlafzimmer, als Tretkontakt in der Portierloge u. dergl. m. Vergl. § 8.

Die Befestigung der Apparate geschieht gegen Holzwände mittels Anschrauben; bei Backsteinmauern werden an der gewählten Stelle Holzdübel eingegipst und, nachdem der Gips trocken geworden, wird der Apparat an diese festgeschraubt.

Zur Aufstellung der Batterie wählt man gern unbewohnte Räume (Kammern, Klosetts u. dergl.); um sie vor äußeren Beschädigungen oder Erschütterungen zu bewahren, ist dieselbe in einem festen Holzspind einzuschließen.

Zur Leitung des Stromes wird, wie oben erwähnt, umsponnener Kupferdraht von 0,8 bis 1,0 mm Stärke verwendet. Sind die Zimmer bereits tapeziert, so giebt man dem Drahte die Farbe der Tapete, damit er möglichst wenig ins Auge fällt. Während sich in feuchten Räumen Guttaperchadraht empfiehlt, hat sich an trockenen Orten in Wachs getränkte Baumwolle zur Umhüllung bewährt, weil Guttapercha in der Wärme leicht brüchig wird.

Die Befestigung der Drähte an der Wand erfolgt mittels verzinnter Eisenstifte in der Art, daß man den Draht um den Stift einmal umschlingt. Beim Einschlagen des Stiftes darf der Draht keinesfalls beschädigt werden. Da in den Korridoren in der Regel mehrere Drähte hinlaufen — was, beiläufig bemerkt, in etwa 0,5 m Abstand von der Decke geschieht —, so sollen dieselben überall je einen Centimeter voneinander entfernt bleiben. Man könnte die Drähte zwar in ein Bündel vereinigen, dies würde aber die Übersichtlichkeit der Leitung bedeutend vermindern und bei Reparaturen außerordentlich unbequem sein. Aus diesem Grunde legen manche Fabrikanten die Drähte nicht unter die Tapete und verkleben sie nicht, damit sie stets zugänglich bleiben. Wenn der Draht an der Bordüre und in gleichem Farbenton entlang geführt wird, macht er sich überdies kaum bemerkbar, aber die Enden, welche rechtwinkelig nach den Tasten und Apparaten hinuntergeführt werden, fallen mehr oder weniger ins Auge, selbst wenn sie die Farbe der Tapete haben.

Bei Neubauten werden kleine Rinnen in den Putz gezogen und dort, zur Sicherheit mit Guttaperchapapier umwickelt, eingelegt. Das Verputzen der Rinnen geschieht mit Gips oder magerem Kalk. — Wo die Drähte Gasröhren passieren, sind sie durch Unterlagen von Holz und Guttapercha gut zu isolieren.

Zur Durchführung der Drähte durch Wände werden Porzellan-Einführungstüllen gebraucht, und bei sehr feuchten Wänden wird die Leitung über Isolierrollen von Porzellan geführt.

Bei Herstellung von Drahtverbindungen und Abzweigungsstellen müssen die Enden von der Isolierung befreit, gut zusammengeflochten und dann wieder mit erwärmtem Guttaperchapapier sorgfältig umhüllt werden. Den Arbeitern ist das Befreien der Drahtenden von der Umhüllung mit einem Messer oder mit dem Schaber zu untersagen, weil dadurch leicht Brüche in die Drähte kommen, welche spätere Störungen veranlassen können: die Umspinnung muß vielmehr mittels der Flamme zerstört werden.

Die in Klemmen und unter die Knöpfe zu führenden Drahtenden werden ebenfalls von der Isolierung befreit und außerdem metallisch rein gekratzt.

Bei Anwendung von Birnentasten sind metallische Zuführungen wegen der häufigen Bewegung leicht dem Bruch ausgesetzt: aus diesem Grunde wendet man für genannten Zweck meistens Leitungsschnüre an, d. h. Seile aus dünnen Kupferdrähten, welche mit Seide umsponnen sind.

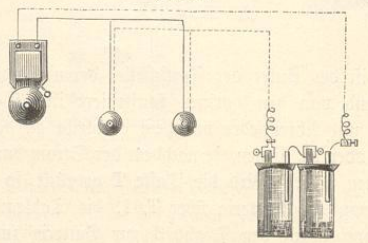
Läuft die Leitung eine kurze Strecke im Freien, etwa von einem Gebäudeflügel zum anderen, so bedient man sich des geteerten Guttaperchadrahtes; sind Stützpunkte an der Mauer vorhanden, so hängt man die Drähte in emaillierten Haken auf, während sie in der Mauer von einer Ebonitröhre (vulkanisiertem Kautschuk) umschlossen werden.

Zu längeren Luftleitungen wendet man gute, zähe Eisendrähte von 2,5 bis 4,0 mm Stärke an, die auf Isolatoren verlegt werden. Die Drähte werden nicht isoliert, wohl aber — zum Schutz gegen Witterungseinflüsse — verzinkt. Als Isolatoren werden Porzellanglocken verwendet, wie solche für die Staatstelegraphenleitungen in Gebrauch und allgemein bekannt sind. (Vergl. II. Kapitel, Fig. 132 und 132 a.)

Nachstehend geben wir einige Schemata einfacher elektrischer Telegraphen.

I. Fig. 400 stellt eine Batterie nebst Klingel und einer beliebigen Anzahl von Läutetasten dar.

Fig. 400.



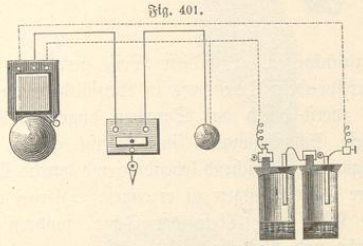
Der erste Leitungsdraht wird direkt vom Zinkpol des Elementes zu der Klingel geführt; der zweite Draht verbindet die Kontaktfedern sämtlicher Tasten (Knöpfe) mit dem positiven (Kohlen-) Pol der Batterie, der dritte Draht verbindet die Kontaktfedern mit der Klingel. Bei einem auf die Taste ausgeübten Druck geht also der Strom

vom Zinkpol durch die Glocke und die Taste zum Kohlenpol zurück.

Es können auch gleichzeitig mehrere Klingeln eingeschaltet werden, es wird dann mit der Ableitung der beiden Drähte, welche zu den anderen Klingeln führen, in derselben Weise verfahren.

II. Fig. 401 zeigt das Schema einer Anlage mit Fortschellklingel. Vom Zinkpol führt der Draht direkt

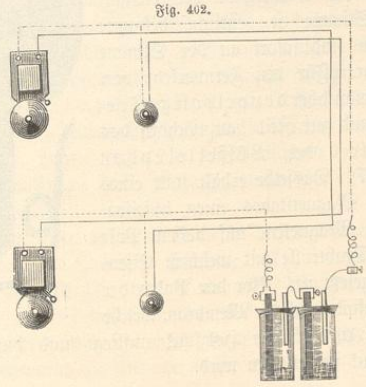
Fig. 401.



zur Glocke, der Draht vom Kohlenpol geht ebenfalls zur Glocke und ist auch zur Taste abgeleitet. Der zweite Tasterdraht geht durch den Ausschalter nach der mittleren Klemme der Glocke, in welcher durch Kontakt Schluß der Leitung hervorgebracht wird. Dieser Umschalter ist namentlich dann erforderlich, wenn statt der Taste ein Thürkontakt für Diebessicherung eingeschaltet ist, welcher zeitweise außer Thätigkeit gesetzt werden soll.

III. Schema für Korrespondenz-Leitung. Die Anlage, welche Fig. 402 darstellt, dient zur gegenseitigen

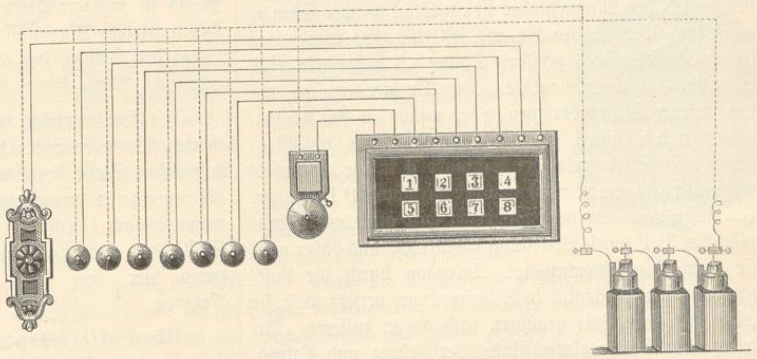
Fig. 402.



Verständigung von zwei entfernten Räumen in einer oder in zwei verschiedenen Etagen. Der Draht vom Zinkpol führt nach der Glocke der oberen Etage und nach der oberen Läutetaste, der Draht vom Kohlenpol nach der unteren Glocke und der unteren Taste. Von der zweiten Feder des unteren Knopfes führt ein Draht nach der oberen Glocke und umgekehrt von der zweiten Feder des oberen Knopfes nach der unteren Glocke. Durch einen Druck auf den unteren Knopf klingelt daher die obere Glocke und umgekehrt. Auf diese Weise läßt sich also mit Leichtigkeit ein Rückantwortsignal nach jeder der beiden Richtungen erteilen.

IV. Fig. 403 zeigt endlich ein Schema für Tableauanlagen. Der Draht wird vom Kohlenpol der Batterie nach sämtlichen Knöpfen geführt. Vom Zinkpol geht der Draht direkt nach der einen Polklemme des Glockenelektromagneten. Die erste Klemme auf der linken Seite des Tableaus ist die allgemeine, mit der Glocke verbundene,

Fig. 403.



während die übrigen Tableauklemmen mit den zugehörigen Drucktasten in den verschiedenen Zimmern der Etage und mit dem Zugkontakt der Entreethür in Verbindung stehen.

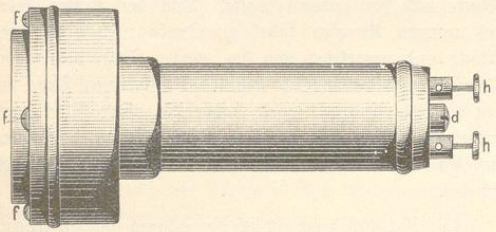
§ 10.

A. Telephonische Anlagen.

I. Alexander Graham Bell, Professor der Physiologie an der Universität zu Boston, nahm am 6. April 1875 sein erstes Patent auf Herstellung eines von ihm erfundenen sprechenden Telephons, welches durch Magnetinduktionsströme funktionierte und gerade deshalb eine außerordentliche Einfachheit und Handlichkeit zeigte. Dieser Apparat erfuhr im Laufe der nächsten Jahre noch mannigfache Verbesserungen, und Graham Bells letzte Versuche führten zu derjenigen Form, in welcher sein Telephon nach Europa gebracht wurde. Diese Konstruktion ist in Fig. 404 und 405 etwa in halber Naturgröße dargestellt.

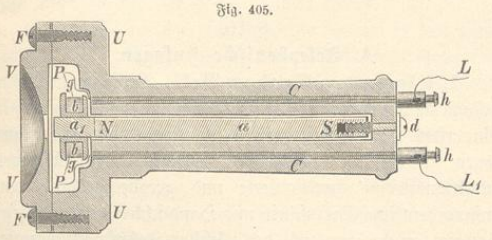
Auf dem dickeren Ende U U des ausgedrehten Holzrohres c c (Fig. 405) ist das Mundstück V V mit vier Schrauben f befestigt; in seinem Centrum befindet sich eine

Fig. 404.



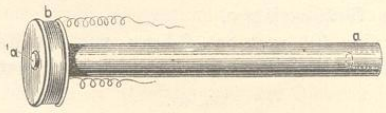
runde Öffnung von 15 mm Durchmesser, und zwischen V V und U U ist eine Membran p p von dünnem Eisenblech mit ihrem Rande festgeklemmt, während sie sich in der Mitte durchbiegen, also frei schwingen kann. In der Höhlung des Rohres c c liegt ein Stabmagnet a, der durch die Schraube d im Rohre festgehalten wird. Auf dem Nordpol N des Magnetstabes ist ein Stück weiches Eisen a_1 aufgesetzt, über welches die aus 800 bis 900 Windungen feinen Kupferdrahtes gebildete Spule b b aufgesteckt wird, wie Fig. 405 veranschaulicht. Die Drahtenden sind mit den dickeren Leitungsdrähten g g, welche zu den Klemmschrauben h h führen, verlötet. Das Polende a_1 des Magneten läßt sich mittels der Schraube d in die wirksamste Entfernung (1 bis 2 mm) von der Membran P P bringen. In dieser Lage vor dem Magneten wird auch das Metallplättchen P P durch Verteilung magnetisch, und daher wird sie beim Hineinsprechen ins Telephon durch die Luftschwingungen gleichfalls in Schwingungen versetzt, d. h. sie wird bald dem Pole genähert, bald davon entfernt. Dadurch aber ist eine abwechselnde Verstärkung und Schwächung des Magnetismus der schwingenden Membran bedingt, was wiederum Induktionsströme in den Windungen der Umwickelung zur Folge hat.

Fig. 405.



Die Enden L L des Spulendrahtes sind nun durch zwei Leitungsdrähte mit den Spulenenden des korrespondierenden Telephons verbunden: es umkreisen daher die Induktionsströme auch den Magnetpol des anderen Telephons, ziehen umgekehrt bei jeder Verstärkung der Anziehung das zugehörige Eisenblech näher an den Magnet heran und lassen es bei der darauf folgenden Schwächung

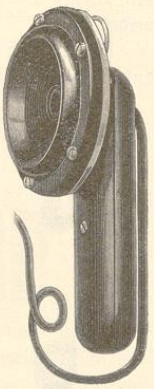
Fig. 406.



wieder zurückgehen. Auf diese Weise gerät die Membran des Korrespondenz-Telephons in ebensolche Schwingungen wie die zuerst durch das Sprechen angeregte Membran, und diese Schwingungen sind kräftig genug, um am Empfangsorte ausreichend lebendige und durchs Ohr wahrnehmbare Schwingungen zu erzeugen. Hierbei wird nicht nur die Höhe und Tiefe der Töne, sondern auch die Klangfarbe und Besonderheit der Stimme wiedergegeben. — Beim Hineinsprechen in das Telephon hält man den Mund in mäßiger Entfernung vom Mundstück und beim Hören ist das Mundstück fest aufs Ohr aufzusetzen. Die Länge der Leitung hat auf die Deutlichkeit der wiedergegebenen Worte keinen besonderen Einfluß.

II. Eine ungleich stärkere Wiedergabe der telephonierten Worte erreichte Dr. Werner Siemens dadurch, daß er an Stelle des Stabmagnetes einen kräftigen Hufeisenmagnet verwendete. An den Polen des Hufeisenmagnetes sind flache Eisenkerne aufgeschraubt und an Stelle der runden Spulen des Bell'schen Telephons treten hier zwei mit feinem Kupferdraht bewickelte Rahmen.

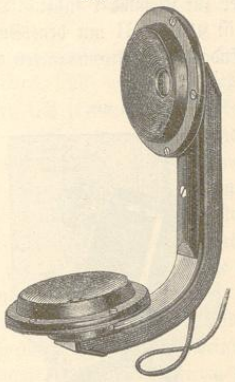
Fig. 407.



III. Löffeltelephone. Das vorbeschriebene Bell'sche Telephon wird „einpolig" genannt und findet für kurze Leitungen mit Vorteil Verwendung. Die Wiedergabe der menschlichen Stimme ist deutlich, bekannte Personen sind sofort an der Stimme erkennbar. Für den Fernverkehr verwendet man aber doppelpolige Telephone und zur Zeit hauptsächlich das gestielte oder Löffeltelephon (Fig. 407). Dasselbe erhält statt eines geraden Magnetstabes einen hufeisenförmigen Magneten, auf dessen Pole je eine Drahtrolle mit weichem Eisenkern aufgesetzt ist. Vor den Polen der Kerne befindet sich die Membran, welche auf dem cylindrischen Holzstück aufliegt und durch das Mundstück festgehalten wird.

IV. Doppeltelephon (Fig. 408). Das Doppeltelephon besteht aus zwei Löffeltelephonen, welche durch einen aus den Magneten gebildeten Bügel derartig miteinander verbunden sind, daß man beim Gebrauch gleichzeitig das eine Telephon zum Sprechen vor dem Munde und das

Fig. 408.



andere zum Hören am Ohre hat. Eine Leitungsschnur mit zwei Leitern ist unten aus dem Bügel herausgeführt. Das Doppeltelephon eignet sich insbesondere zur Einschaltung in Leitungen auf freier Strecke (für Telegraphen- und Eisenbahnbeamte u. s. w.). Der Anruf kann durch Signalpfeife, Batterie oder Induktor geschehen.

B. Das Mikrophon.

Die Erfindung des Mikrophons ging hervor aus dem Bestreben, die Deutlichkeit der Wiedergabe der gesprochenen Worte zu erhöhen, und — da jene mit der Länge der telephonischen Leitung abnahm — sie auch für weite Entfernungen nutzbar zu machen. Nun erzeugt die elastische Membran bei den Telephonen einen schwachen elektrischen Strom und giebt ihm die zur Wiedergabe der Schwankungen nötige Stärke. Es lag daher der Gedanke nahe, der Membran eine Hälfte ihrer Aufgabe abzunehmen und dem Telephonsystem die elektrische Energie eines konstanten Elementes zuzuführen, d. h. beständig einen elektrischen Strom kursieren zu lassen, in welchem die elastische Platte nur die erforderlichen Veränderungen hervorzubringen hat. Darauf beruht aber die Wirkung der Telephone.

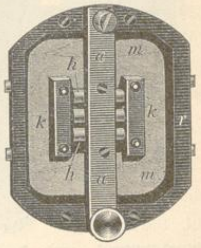
Der erste, dessen Versuche in diesem Sinne zum Ziele führten, war Professor **Hughes**, 1871; er nannte seinen Apparat „Mikrophon", und mit demselben konnte er Töne zartester Natur, die das unbewaffnete Ohr nicht erregen, deutlich vernehmbar machen. Das Prinzip, das dem Apparat zu Grunde liegt, ist einfach. Man denke sich einen Stromkreis an einer Stelle durchschnitten, doch so, daß die Enden in loser Berührung bleiben. An dieser Trennungsstelle findet ein durch die Leitung geschickter Strom erheblichen Widerstand (Übergangswiderstand). Aber auch die unbedeutendste Erschütterung an dieser Stelle bewirkt Änderungen im Übergangswiderstand und ruft dadurch Stromschwankungen hervor. Legt man nun die Trennungsstelle so an, daß die Schwingungen der Membran die Erschütterungen bewirken, so hat man den Zweck erreicht. — Hughes benutzte dieses Prinzip und schaltete in den Stromkreis einen losen Kohlenkontakt ein.

Das Mikrophon hat seit seiner Erfindung die bedeutendsten Wandlungen in Bezug auf seine Form durchgemacht.

Am meisten verbreitet sind in Deutschland, England, Niederland, Rußland die Mikrophone nach dem System **Bell-Blake**, während Frankreich und die südeuropäischen Staaten solche nach dem System **Ader** vorziehen.

Die zur Zeit gebräuchlichste Konstruktion des Mikrophons ist in Fig. 409 dargestellt.

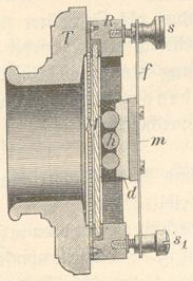
Fig. 409.



Der gußeiserne Rahmen r dient als Fassung für die Holzmembran m. Auf dieser sind zwei kleine Kohlenbalken kk befestigt, welche die Endzapfen der drei cylindrischen Kohlenstäbe h h h tragen, die mit hinreichendem Spielraum gelagert sind, damit sie sich leicht bewegen können.

Durch die Schwingungen der Membran werden aber auch die Kohlenstäbe h in ihren Lagern erschüttert, es entstehen schnarrende Nebengeräusche, welche die Übermittelung der Sprache verhindern. Eine bewährte Vorrichtung, um diesen Übelstand zu verhindern, wurde zuerst von der Firma Mix & Genest angegeben, hat auch ausgedehnte Anwen-

Fig. 410.

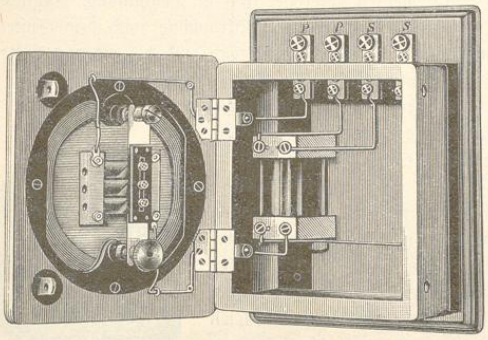


dung gefunden. Dieselbe ist aus vorstehendem Durchschnitt Fig. 410 ersichtlich, das Mikrophon ist durch vier Schrauben

an dem Kasten R befestigt, M ist eine auf Gummiband gelagerte Sprechplatte aus Tannenholz, welche hinter dem Sprechtrichter T angebracht ist. Die in dem Kohlenbalken gelagerten Kohlenstäbchen h werden durch die Blattfeder f und eine dazwischen geschobene Filzplatte d gegen die Sprechplatte M gedrückt, durch welche Anordnung die freie Bewegung der Kohlenstäbe gehindert wird. Durch die Schrauben s und s^1 läßt sich der Druck auf die Kohlenstäbe regulieren.

Das Mikrophon wird nun in einem Holzgehäuse (Fig. 411), und zwar auf der Rückwand der Thür desselben, die, wie jedes Telephongehäuse, mit einem Mundstück und einer durch die Thür gehenden Öffnung versehen

Fig. 411.



ist, untergebracht. Im Gehäuse befindet sich der Induktionsapparat und darüber die vier Zuleitungsklemmen. Die äußeren Klemmen sind mit den Thürscharnieren des Gehäuses und der primären Rolle verbunden, die inneren Klemmen stehen in Verbindung mit der sekundären Rolle der Leitung und der Rückleitung resp. der Erdleitung.

Nach den vorhergehenden Erörterungen gehören zu jedem eigentlichen Fernsprechsystem als Hauptapparate:

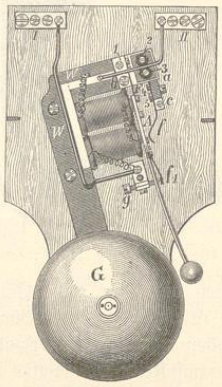
1) Das Mikrophon nebst Induktor als Sprechapparat (Sender) und
2) das Telephon als Fernhörer (Empfänger).

Zur Sicherstellung des Betriebes und zum Schutz gegen die Entladung atmosphärischer Elektrizität werden noch folgende Nebenapparate beigegeben:

1) Der Fernsprechwecker,
2) die Taste,
3) die Ein- und Ausschaltvorrichtung,
4) der Spindelblitzableiter.

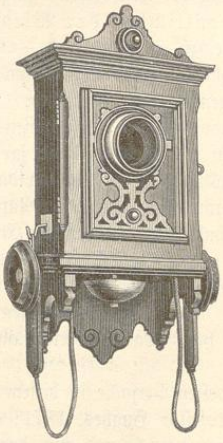
Der Fernsprechwecker ist oben in Fig. 412 dargestellt. Auf das Grundbrett ist ein Gußeisenwinkel W aufgeschraubt, welcher einerseits die Kerne des Elektromagneten und die Glockenständer, andererseits den Anker und einen Messingwinkel aufnimmt, an welchem durch die Schrauben 4 und 5 die Unterbrechungsfeder befestigt ist. Der auf die Blattfeder f geschraubte Anker trägt an seinem freien Ende den Glockenhammer und die sogenannte Ausschlußfeder f^1, welche bei angezogenem Anker die Kontaktschraube g berührt. An dem Messingwinkel liegt ein Ende der Windungen des Elektromagneten und mit Guttapercha isolierter Kupferdraht, der zur Klemme I führt. Durch einen ebensolchen Draht ist Klemme II mit dem Gußeisenwinkel und dem anderen Ende des Elektromagneten verbunden.

Fig. 412.



Tritt nun bei Klemme I ein Strom zu den Elektromagnetwindungen, so wird unter der Wirkung des Stromes

Fig. 413.



der Anker von den Kernen angezogen, wobei jede Ankeranziehung ein Anschlagen des Hammers an die Glocke G bedingt.

In Betreff der unter 2 bis 4 genannten Nebenapparate wird auf das Spezialwerk „Der technische Telegraphendienst von **O. Canter**“ verwiesen, in welchem der Leser auf Seite 271 auch die innere Anordnung eines vollständigen Fernsprechers abgebildet findet.

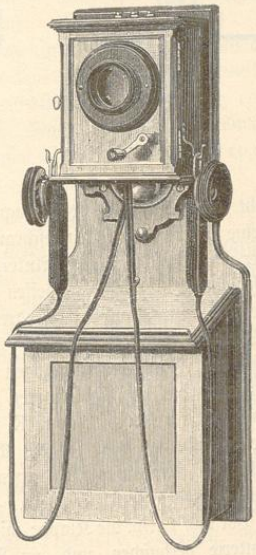
Gewöhnlich werden Telephon, Mikrophon und Klingel auf Holzkästen fertig montiert, wie solches durch Fig. 413 ersichtlich gemacht ist.

Solche Zusammenfassungen des Telephons, Mikrophons und Weckers sind gewöhnlich sehr komplizierter Natur und ändern sich je nach dem besonderen Zweck, der bei der Anlage verfolgt wird. Die erschöpfende Darstellung dieser mannigfachen Kombinationen ist für den Baumeister ohne Wert und bleibt dem eventuellen Studium des eingangs genannten Spezialwerkes überlassen. Von größerem Wert ist die Kenntnis der gebräuchlichen Ausführungsformen der Fernsprecher und die Methode ihrer zweckmäßigen Aufstellung.

Im Nachstehenden geben wir Abbildungen der gebräuchlichsten Formen von Fernsprecheinrichtungen, wie solche jetzt u. a. von der bekannten Firma **Mix & Genest,** Aktiengesellschaft in Berlin, in den Handel gebracht werden.

Fig. 414 ist das Modell, nach welchem die Fernsprechapparate der Reichspost mit Wecker, Telephon und Mikrophon für Batteriestrom gebaut werden.

Fig. 414.

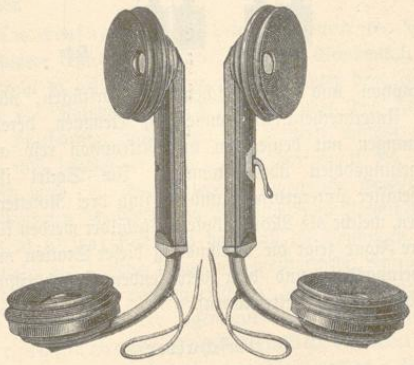


Außer den gewöhnlichen Telephonstationen kommen aber auch transportable Telephonapparate zur Anwendung. Denn die Unbequemlichkeit, welche damit verbunden ist, bei einem an der Wand angebrachten Apparat in unbequemer Stellung längere Zeit zu verharren, verleidete vielen Personen den Gebrauch des Telephons und machte die Benutzung desselben durch kranke oder gelähmte Personen unmöglich.

Solche transportabe Sprechapparate, je aus einem Mikrophon und Telephon bestehend, wurden zuerst 1886 von der Firma Mix & Genest konstruiert und im Laufe der Jahre technisch zur hohen Vervollkommenheit gebracht, auch in der äußeren Form so gestaltet, daß das Telephon zu einem bequemen Verkehrsmittel geworden ist. Dieselben bestehen aus dem eigentlichen Sprechapparat (Mikrophon) und den nötigen Zubehörstücken.

Das in Fig. 415 dargestellte Mikrophon besteht aus einem Löffeltelephon (vergl. Fig. 408 auf S. 413) und einem mittels eines gebogenen Metallrohres an dasselbe angesetzten Mikrophon. Das letztere besitzt die Einrichtung, welche für transportable Apparate bestimmt ist. Eine aus dem gebogenen Metallrohr heraustretende Leitungsschnur enthält vier voneinander entfernte Schnüre, von denen zwei zum Telephon und zwei zum Mikrophon führen.

Fig. 415. Fig. 416.



Das Mikrophon (Fig. 416) unterscheidet sich von dem vorstehenden Apparat durch den am Handgriff des Löffeltelephons bestehenden Umschalter, welcher zwischen den Magnetschenkeln des Telephons untergebracht ist. Dieser Umschalter besteht aus zwei voneinander isolierten Federn, von denen die eine mit einem Ruhekontakt in Verbindung gesetzt ist.

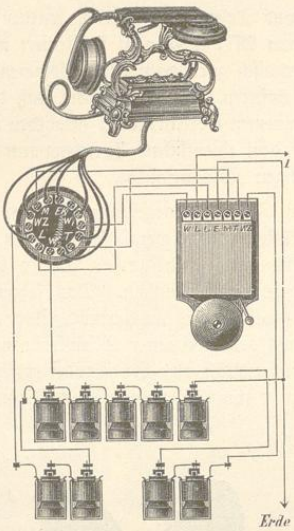
Die Zubehörstücke zu den Mikrotelephonen werden im allgemeinen in derselben Weise hergestellt, wie wir sie bei den Telephonstationen kennen gelernt haben und befinden sich in Holzkästen, ähnlich denjenigen für Telephonstationen; sie enthalten die schon bekannten Apparate.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die vollständigen Apparate.

Das Tischtelephon (Fig. 417) besteht aus einem Stativ von vergoldeter Bronze auf schwarzem Sockel und ebensolchen Beschlägen und Metallfüßen, einem vergoldeten

Fig. 417.



Mikrophon und den üblichen Zubehörstücken, nämlich: einer Unterbrecherglocke, sowie fünf Klemmen, deren Bezeichnungen mit denjenigen am Mikrophon resp. an den Kuppelungsdosen übereinstimmen. Im Sockel ist der Morsetaster untergebracht und es sind drei Rosetten vorhanden, welche als Morseknöpfe ausgebildet werden können. Unsere Figur zeigt die Verbindung dieser Station mit der Kuppelungsdose und dem betreffenden Zubehörstück für Fernbetrieb mit Batterieanruf.

Umschalter.

Außer den in § 8 beschriebenen Umschaltern sind im Telephonverkehr Umschalter erforderlich, welche dazu dienen, mehrere selbständige Leitungen miteinander in Verbindung zu bringen.

Fig. 418.

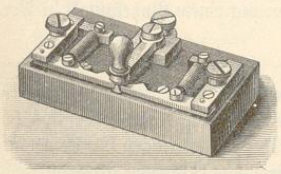


Fig. 419.

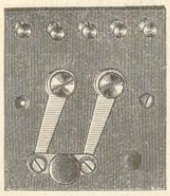
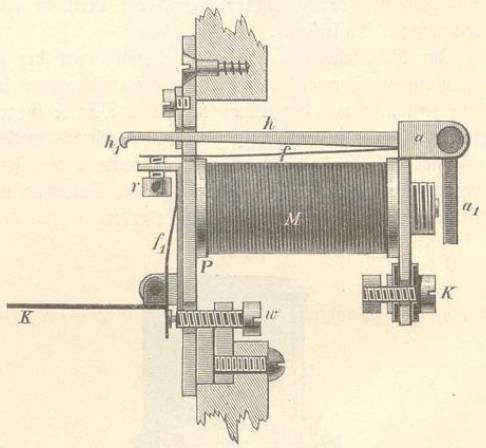


Fig. 418 zeigt einen bei Telephonanlagen gebräuchlichen Kurbelumschalter, er gleicht im Prinzip dem in Fig. 391[a] dargestellten Umschalter.

Der Stromwender (Fig. 419) besteht aus zwei zusammengesetzten Umschaltern, die durch eine Querschiene mit Handgriff derartig verbunden sind, daß die Kurbeln stets in paralleler Stellung bleiben und gleichzeitig bewegt werden können.

Centralumschalter (Klappenschrank). Für Fernsprechanlagen in Städten und größeren Etablissements ist — zwecks Verbindung einzelner Stationen unter einander — ein Centralumschalter erforderlich, in welchem die einzelnen Leitungen der Seitenstationen dort nach Bedarf unter einander verbunden werden. Die Grundlage des Klappenschrankes bildet die in Fig. 420 dargestellte Signalklappe K.

Fig. 420.

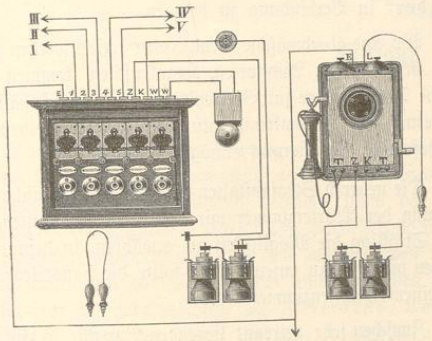


Dieselbe besteht aus einem Hufeisenmagnet M, dessen Schenkel in eine Eisenplatte P eingeschraubt sind. a ist der Ankerträger, a_1 der bewegliche Anker. Derselbe ist mit einem Messinghebel h verbunden, dessen Ende h_1 hakenförmig gestaltet ist. Die Klappe K ist drehbar und kann in senkrechte Stellung gebracht werden. So lange der Anker a_1 nicht vom Magneten angezogen ist, bleibt die Platte in vertikaler Stellung, im anderen Falle geht der Haken h_1 in die Höhe und die Klappe K fällt durch ihr Gewicht in die dargestellte Lage. Ist die Klappe gefallen, so drückt dieselbe die Kontaktfeder f_1 gegen die Kontaktschraube w und es tritt Berührung ein. Wird nun w mit dem einen Pol und f resp. die Klappe mit dem anderen Pol einer Batterie verbunden und ein Wecker in den Stromkreis eingeschaltet, so ertönt dieser so lange, als eine Klappe des Klappenschrankes sich in horizontaler Lage befindet.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 421 stellt eine Umschaltstation mit Klappenschrank für mehrere Stationen mit Induktoranruf dar. Wenn nun z. B. auf Station 1 ein Induktionsstrom erregt wird, so fällt die betreffende Klappe des Umschalters

Fig. 421.



und schließt einen Batteriestromkreis für den Wecker. Zunächst wird nun das in der Figur angeordnete Stationstelephon durch Einsetzen eines Stöpsels mit dem Anrufer verbunden. Dieser nennt die mit ihm zu verbindende Nummer III. Die Verbindung zwischen 1 und III wird sodann durch das Einsetzen zweier mittels Leitungsschnur verbundenen Stöpsel hergestellt und nach Beendigung des Gespräches gelöst.

Der wißbegierige Leser, welcher sich auch über diese Anordnung informieren will, welche auf den Vermittelungsämtern der Reichstelegraphenverwaltung vorkommt, findet das zeichnerische Material nebst Beschreibung in dem hier vielfach genannten Werke von Mix & Genest, S. 157.

Sprechzellen.

Da alle Nebengeräusche im Sprechraum der Telephonanlagen die Fernwirkung erheblich stören, andererseits der Sprechende belauscht werden kann, so hat man, um den Sprecher möglichst vor Störungen zu bewahren, besondere Sprechzellen eingerichtet. Es ist nun ziemlich schwierig, alle die Anforderungen, die an die Konstruktion solcher Zellen gestellt werden können, zu erfüllen, als da sind:

a) Schalldichte Konstruktionen sämtlicher Umschließungswände,
b) ununterbrochene Lüftung der Zelle,
c) eine zum Lesen und Schreiben ausreichende Beleuchtung.

Die Entlüftungsrohre dürfen jedoch mit anderen Räumen des Hauses nicht in Verbindung stehen, noch unbekleidet ins Freie münden, sondern sollen mit den im ersten Abschnitt besprochenen „Windkappen“ verschlossen sein. — Die Innenwände der Zelle sowie die Zugangsthür einschließlich der Falze sind zu polstern.

Die Telephonleitung.

Die Details der Anlage richten sich nach der Längenausdehnung der Leitung und nach den lokalen Bedürfnissen. Für lange Entfernungen empfiehlt sich eine oberirdische Leitung aus 1 mm starkem, verzinktem Eisendraht[1]) oder Stahldraht oder solcher aus Kupferbronze und Silicium-Silberbronze auf Isolatoren.

Als Leitungsmaterial in bedeckten Räumen dient Doppeldraht. Im Freien, also für die Luftleitung, kommt verzinkter Eisendraht oder Kupferbronzedraht, 2 mm stark, zur Verwendung.

Diese Leitungsdrähte werden an Porzellan-Isolatoren befestigt. Vergl. zweites Kapitel, Elektrische Beleuchtung, § 12. Da das Porzellan ein Nichtleiter ist, wird der außerhalb um die Glocke geschlungene Draht vollständig isoliert. Diese Glocken werden an Mauern, Dachgesimsen, Dachfirsten oder eisernen Telephongestängen befestigt. Im Holz werden die Enden der Glockenstützen eingeschraubt, im Mauerwerk eingegipst und bei eisernen Gestängen angeschraubt.

Die Einführung der Leitungen durch die Mauer ins Innere erfordert besondere Vorsicht. Gewöhnlich wird der Draht so geführt, daß er oberhalb unter dem Fensterbogen das Rahmenholz des Fensters oder das Fensterfutter durchdringt und dann im Innern aufwärts zur Decke und sodann je nach Bedarf horizontal bis dahin geführt wird, wo das Telephon angebracht werden soll. Das Einlegen der Drähte in Putzrillen und Verputzen derselben ist unstatthaft, ja man soll die Leitungen sogar nicht unter die Tapeten legen, weil hierdurch die Auffindung von Fehlern in der Leitung erschwert wird. Für besondere Fälle benutzt man die sogenannten Isolierleitungsrohre System **Bergmann,** vergl. Seite 315, die weder durch Säuren noch durch Ätzkalk angegriffen werden. Mittels solcher Rohre kann man Drähte sicher verlegen und gegen Temperatureinwirkungen schützen.

Die Verbindung zweier isolierten Hausleitungen geschieht in der Weise, daß man die beiden zu verbindenden Enden von der isolierenden Umkleidung befreit, mit Schmirgelpapier blank macht, sie in entgegengesetzter Richtung nebeneinander legt und fest zusammendreht (würgt). Die blanke Verbindungsstelle wird dann noch mit Guttaperchapapier spiralförmig umwickelt. Ähnlich ist das Verfahren, wenn eine Haupt- und eine Nebenleitung zusammentreffen.

1) Wo der Draht Stößen ausgesetzt ist, wird er 1,5 bis 2 mm dick genommen.

Die Erdleitung. In Häusern mit Wasserleitung bietet diese eine bequem zu erreichende Rückleitung. Der Erddraht des Apparates wird nämlich an das nächste Wasserrohr geführt, mehrere Mal herumgewunden und dann festgelötet.

Wo Wasserleitung nicht im Hause vorhanden ist, da werden die mit der Erde zu verbindenden Leitungen bis in das Grundwasser hinabgeführt oder, wo ein Brunnen vorhanden ist, in den Kessel des Hausbrunnens hinabgeleitet. Zu dem Ende wird aus mehreren 2,5 mm dicken, verzinkten Eisendrähten ein Seil geflochten, das eine Ende zu einem Ringe gewickelt und dieser in den Brunnen gesenkt. Dies Seil wird andererseits bis ins Gebäude eingeleitet und dort mit einem Kupferdraht verlötet, der mit den telephonischen Apparaten an Stelle der Rückleitung in Verbindung gebracht wird.

Statt der Drahtseile kann man auch ein Drahtnetz verwenden, dessen Maschen an das Erdleitungsseil angeflochten sind (Vergl. Mix & Geneſt, Fig. 65).

Resumé. Die elektrischen Haustelegraphen bieten neben der Zeitersparnis eine mannigfache und interessante Benutzung zu verschiedenen Zwecken. Durch dem Auge unsichtbare, an den Thüren und Fenstern angebrachte Vorrichtungen wird das Öffnen derselben bis in entfernte Räume signalisiert und bildet so eine schätzbare Einrichtung als Diebessicherung.

Die Pflicht, in den Fabriken für Sicherheit der Arbeiter dadurch Sorge zu tragen, daß eine direkte Verbindung der Arbeitssäle mit dem Maschinenraum hergestellt und so bei eintretender Gefahr eine schnelle Benachrichtigung herbeigeführt wird, kann durch die Anwendung pneumatischer oder elektrischer Telegraphen ohne sonderlichen Kostenaufwand erfüllt werden. — Für große Etablissements empfiehlt es sich, mit der Leitung sicher wirkende „Feuermelder“ in Verbindung zu bringen.

Wo eine gleichmäßige Temperatur erzielt werden muß, wie in Theatern, Auditorien, Krankensälen, kommen elektrische Thermometer zur Verwendung, welche selbstthätig die Änderung der Normaltemperatur dem Heizer melden und die sofortige Regulierung ermöglichen.

Die neueren Strafanstalten erhalten telegraphische Verbindung der Wärterzimmer mit den Gefangenenzellen, um dem Sträfling die Möglichkeit zu gewähren, in dringenden Fällen um Hilfe zu rufen. Auch sollte die Haustelegraphie in keinem Krankenzimmer fehlen.

Zwischen sehr getrennt liegenden Bureaux in Fabriken wie in sonstigen öffentlichen Anstalten wird mit Vorteil der elektrische Strom benutzt, da er mit gleicher Sicherheit über wie unter der Erde wirkt und weit entfernt liegende Räume im Augenblick durch Signale verbindet. Endlich ist die direkte Verständigung zweier beliebiger Stationen eines großen Gebäudekomplexes durch Anwendung der Telephone mit Rufsignal ohne große Kosten geboten, wodurch die schwer zu bedienende und kostspielige Feuerwehr-Telegraphie sich zweckmäßig ersetzen läßt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Siebentes Kapitel.

Anlage der Blitzableiter.

§ 26.

Die erste Anleitung zur Anfertigung von Blitzableitern gab der Amerikaner Benjamin Franklin, indessen dürfte eine ausgedehntere Anwendung derselben kaum vor dem Jahre 1760 stattgefunden haben. Die Verbesserungen, die sie inzwischen erfahren, verdanken wir nachstehenden Physikern, welche sich das Studium der atmosphärischen Elektrizität zur Aufgabe machten, als Reimarus, Léroy, Beccaria, Watson, Gay-Lussac, Arago u. a.

Litteratur.

Kuhn, Handbuch der angewandten Elektrizitätslehre. Leipzig 1866.
Müller, Dr. Joh., Lehrbuch der kosmischen Physik. 1856 u. 1868.
Buchner, Konstruktion und Anlage der Blitzableiter. Weimar 1876.
Holtz, Theorie der Blitzableiter. Greifswald 1878.
Meidinger, Heinr., Geschichte des Blitzableiters. Karlsruhe 1888.
Centralblatt der Bauverwaltung, Jahrg. 1896, S. 471—473.

Wenn eine elektrische Wolke über dem Erdboden schwebt, so wird sie verteilend auf denselben wirken; die der Wolke gleichnamige Elektrizität wird abgestoßen, die ungleichnamige angezogen und in allen Leitern und Halbleitern, die sich über die Erde erheben, wird diese angehäuft werden. Ist die elektrische Wolke nahe und die durch sie bewirkte Ladung irgend eines dieser leitenden Gegenstände stark genug, so schlägt der Blitz direkt zwischen ihnen über. Alles, was sich über die Ebene erhebt, ist daher dem Blitzschlag ausgesetzt.

Die Gebäude sind nun in der Regel aus Steinen, Holz und Metall aufgeführt, d. h. aus Substanzen von sehr ungleicher Leitungsfähigkeit. Wenn der Blitz einschlägt, trifft er aber vorzugsweise die besseren Leiter und die höchsten Stellen der Gebäude, wobei die mechanischen Wirkungen sehr heftige sind. Blitzableiter werden daher an den höchsten Stellen der Gebäude angebracht, und da der Blitz vorzugsweise Metalle trifft, so ist mit Sicherheit zu schließen, daß — wenn ein metallischer Ableiter den höchsten Punkt eines Gebäudes bildet — er diese Metallmasse treffen wird. Der Blitzableiter muß möglichst mit allen Leitern verbunden und durch eine ununterbrochene Leitung in das Wasser oder in den feuchten Boden hinabgeführt werden.

Die einzelnen Teile, aus denen ein Blitzableiter besteht, sind: a) die Auffangstange mit feiner Spitze, b) die oberirdische Leitung von da bis zum Erdboden (Dach- und Wandleitung) und c) die Bodenleitung. Wenn von der Spitze bis zum unteren Ende keine Unterbrechung in der Leitung stattfindet, dann werden die verbundenen Elektrizitäten des Stabes und der Leitung durch die über dem Blitzableiter schwebenden Gewitterwolken zerlegt, die gleichnamige Elektrizität wird abgestoßen und kann sich in den Boden verbreiten, die entgegengesetzte wird nach der Spitze gezogen, wo sie frei in die Luft ausströmen kann. Hierbei ist keine Anhäufung von Elektrizität im Blitzableiter möglich; man kann sich ihm ohne Gefahr nähern und ihn berühren.

Ist dagegen die Leitung unterbrochen oder unvollkommen, so ist eine Anhäufung von Elektrizität im Blitzableiter unvermeidlich; er bildet dann einen geladenen Konduktor, aus dem man Funken ziehen kann.

Ist endlich nur die Spitze stumpf, so kann der Blitz zwar leichter einschlagen, er wird aber der Leitung folgen und dem Gebäude nicht schaden.

Hieraus ergeben sich nun folgende **Konstruktionsregeln:**

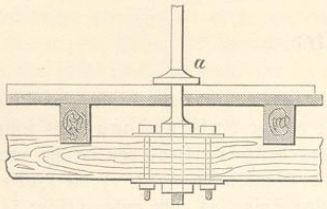
1) Die Spitze der Auffangstange soll aus einem möglichst gut leitenden, oxydfreien und den elektrischen Wärmewirkungen Widerstand leistenden Metall bestehen. In Frankreich werden nach Gay-Lussacs Vorschrift gewöhnlich Platinnadeln dazu angewendet, die man direkt an die Auffangstange oder in einen Messingkegel einlötet und diesen mit der Stange selbst verbindet. Wegen der geringeren Leitungsfähigkeit des Platins stellt man bei uns die Spitzen von Rotkupfer her und vergoldet dieselben. Nach Kuhns Vorschlag sollten jedoch Silberspitzen in Anwendung kommen, weil Silber billiger als Platin ist und sich eine solche Spitze nicht viel teurer stellt als eine dergleichen von vergoldetem Kupfer.

2) Die Auffangstange wird gewöhnlich von rundem oder Quadrateisen, seltener von Gasrohr hergestellt. Der Durchmesser soll am oberen Ende 2 cm betragen und nach unten hin bis auf etwa 4 cm verstärkt werden, damit die Stange sich bei Stürmen nicht biegen kann. Aus diesem

Grunde darf die Auffangstange wegen der soliden Befestigung nicht viel über 4 bis 5 m Höhe erhalten.

In der Regel geschieht die Befestigung derselben unter der First, und wo ein Firsträhm vorhanden, wie in Fig. 422, da kann die Anbringung bequem gegen dieses

Fig. 422.



erfolgen; der angelötete Blechschirm a dient dann zur Ableitung für das an der Stange herabfließende Regenwasser. Kommt die Stange jedoch auf den Endpunkt der Firstlinie des Daches zu stehen, dann wird dieselbe unterhalb an drei pyramidal auslaufenden Stützen mit den Gratsparren und der Firstpfette durch Schraubenbolzen verbunden.

Wo eine Firstpfette nicht vorhanden ist, da kann die Stange nach Fig. 423 mittels zweier starken Ringe b und c gegen ein in das Dachgespärre eingelassenes Holzstück

Fig. 423.

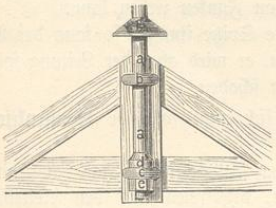
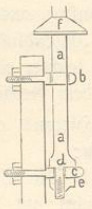


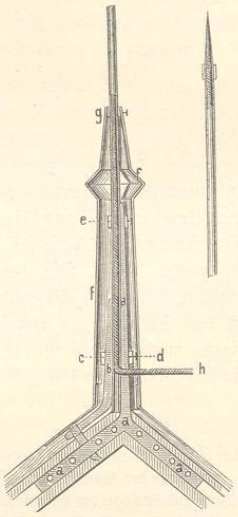
Fig. 424.



befestigt werden. Die Ringe sind mit Bolzen und Muttern an der Zange festgeschraubt, wie Fig. 424 in der Seitenansicht zeigt, und die Stange selbst trägt ein unteres Gewinde, auf welches die Mutter e geschraubt wird.

Verwendet man zur Auffangstange schmiedeeisernes Rohr, durch welches das Leitungsseil hindurchgezogen ist, so wird die Befestigung leicht und rasch auszuführen sein, indem eine Spitze a von innen gegen die Stirnseite der Sparren genagelt und außerdem auf die obere Sparrenfläche je ein langer Winkel b befestigt wird, wie Fig. 425 zeigt. Zwischen diese Eisen wird das Auffangrohr eingeklemmt und durch Antreiben der Ringe c vollkommen festgehalten. Ein verzierter Zinkmantel, dessen oberes Ende g durch einen Ring um die Stange festgehalten wird, verdeckt dann die Konstruktion und schützt gegen Eindringen des Regenwassers in das Dach; das Drahtseil geht entweder unter dem Mantel hindurch oder durchbricht denselben seitlich.

Fig. 425.



Bei Gebäuden, in deren Bodenraum eine bedeutende Anhäufung von Metallteilen stattfindet, ist es richtiger, die Auffangstange auf einer die First überragenden Holzstütze zu befestigen. Dies kann nach Fig. 426 mittels

Fig. 425 b.

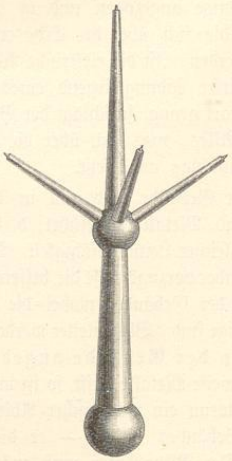


Fig. 425a



umgelegter Bänder und Schraubenbolzen geschehen. Die Verbindung der Stange mit der Leitung soll dabei eine möglichst innige sein, d. h. die zu verbindenden Flächen

sind metallisch rein zu feilen und zu verlöten. Ähnlich ist die Befestigung auf einer Helmstange von Holz herzustellen.

Außer den bereits beschriebenen, kegelförmig zugespitzten Kupfercylindern verwendet man auch die in Fig. 425a dargestellte Variation. Der untere Teil derselben ist mit einem Muttergewinde für 19 mm Gasrohr versehen. Die Auffangstange bildet hier einen leitenden Teil des Blitzableiters.

Auch die sogenannte Stachelspitze (Fig. 425b) kommt zur Verwendung. Dieselbe besteht aus einem kegelförmigen Stab, der mit zwei Kugeln versehen ist; die untere Kugel hat wiederum das entsprechende Muttergewinde zur Aufnahme der Spitze, während in die obere Kugel vier kegelförmige Stacheln mit Platinspitze eingeschraubt sind.

Fig. 426.



Wird auf dem Gebäude eine Flaggenstange aufgestellt, so hat man an dieser die Leitung hochzuführen und die Spitze auf dem Kranze oder Knopfe der Stange zu befestigen (Fig. 427). Besteht dieser Knopf aus Metall, so pflegt man oberhalb die Spitze und unterhalb die Leitung direkt anzulöten. Ähnlich verfährt man bei Turmspitzen.

Fig. 427.



Windfahnen dürfen nur dann als Auffangstangen benutzt werden, wenn der metallene Schaft der Stange durch den Drehpunkt der Fahne nicht unterbrochen ist, d. h. die Fahne muß die Stange hülsenähnlich umfassen.

Bei Schornsteinen wird die Auffangstange mit drei oder vier Ansätzen versehen, welche in das Wangengemäuer eingebunden werden, um der Auffangstange einen festgesicherten Halt zu geben. Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Spitze nicht aus Messing oder Rotguß besteht (weil diese Materialien durch den Rauch stark angegriffen werden), sondern von gewalztem Kupfer, welches im Feuer vergoldet und mit einer 3 cm langen Platinspitze versehen ist, die mit Silber aufgelötet wurde. — Treten die Schornsteine wenig über die Dachfirst hinaus, so genügt eine kurze Auffangstange; indessen begnügt man sich meist damit, die Leitung über den Schornstein hinwegzuziehen. Als Leitung empfiehlt sich in diesem Falle wegen der Raucheinwirkung nicht ein Kupferseil, sondern ein solches von verzinktem Eisendraht, was vom Rauch nicht angegriffen wird. Am besten aber dürfte es sein, bei höher geführten Schornsteinen die Auffangstange an der Westseite derselben anzubringen und das Drahtseil erst 9 bis 10 Schichten unter dem Kopf derselben beginnen zu lassen, so daß es der Raucheinwirkung entzogen ist. In allen Fällen soll die Befestigung derartig sein, daß die Stange der Gewalt des Sturmes widerstehen kann.

Der Schutzkreis. Von der physikalischen Sektion der französischen Akademie der Wissenschaften wurde in Bezug auf die Länge der Auffangstange als Grundsatz festgestellt: daß jede Stange um sich her einen Umkreis beschütze, dessen Radius das Doppelte ihrer Höhe beträgt, d. h. der Durchmesser des Wirkungskreises eines Blitzableiters ist gleich der vierfachen Höhendifferenz der Spitze über dem höchsten Teile des Gebäudes.

Nach diesem Grundsatz ist für jede besondere Anlage die Höhe und Anzahl der Auffangstangen festzustellen und dabei auf deren richtige Anordnung die größte Aufmerksamkeit zu richten. Bei einem Gebäude von 30 m Länge genügt also eine Auffangstange von 4 m Höhe. Bei längeren Gebäuden sind mehrere Auffangstangen erforderlich, weil anderenfalls technische Schwierigkeiten hinsichtlich der soliden Befestigung entstehen würden.

Buchner hat in seinem Werke über Blitzableiter ein Schema für Anzahl und Länge der Auffangstangen gegeben. Hiernach erhält ein Gebäude von 100 m Länge zweckmäßig fünf Auffangstangen von je 5 m Höhe, und zwar eine auf der Mitte und die übrigen in je 10 m Abstand voneinander. Besteht jedoch das Gebäude aus Teilen von verschiedener Höhe und Tiefe, und reichen die an dem Hauptgebäude aufgestellten Blitzableiter für den Schutz niedriger gelegener Anbauten nicht aus, so müssen diese nach dem oben aufgestellten Grundsatz mit eigenen Blitzableitern versehen werden.

Bei Kirchen mit zwei Türmen an der Westfassade erhält jede Turmspitze eine Auffangstange, und wenn ein Dachreiter auf der Vierung vorhanden ist, wird man auch diesen mit einer solchen versehen. Fehlt der Vierungsturm, so muß bei größerer Ausdehnung des Langschiffes auch dieses mit einer Auffangstange — etwa am Chorschluß — versehen werden, es sei denn, daß der Höhenabstand der Turmspitze von der First des Kirchendaches mehr beträgt als die Länge des Kirchenschiffes. Bei größerer Ausdehnung ist die Anzahl und Höhe nach dem Schutzkreise zu bestimmen. Übrigens sind sämtliche Auffangstangen untereinander zu verbinden und die Dach- und Wandleitung ist an geeigneten Stellen des Gebäudes zur Erde hinabzuführen. Dabei empfiehlt es sich, beide, die Turmleitung und die Kirchenleitung, direkt ins Wasser zu führen oder, wenn nur eine Bodenleitung möglich wäre, dieselbe in der Nähe der Türme herzustellen.

Eiserne Dachkonstruktionen, Metallbedachungen, Traufrinnen u. dergl. müssen unter sich und mit dem Blitzableiter durch Nebenleitungen so verbunden werden, daß

sie selbst einen Teil des Blitzableiters bilden. Allgemeine Regeln lassen sich dafür nicht geben, vielmehr ist in jedem einzelnen vorliegenden Falle die geeignete Anordnung nach den obwaltenden Umständen zu treffen.

3) Die „Leitung", d. h. die metallische Verbindung zwischen der Spitze und dem Grundwasser, wird heutzutage kaum noch aus Quadrat- oder Flacheisen hergestellt. Man wählt dazu vielmehr, wegen der bequemeren Anbringung, Kupferdraht von 7 bis 8 mm Durchmesser oder verzinkten, Eisendraht, welcher letztere, wegen der geringeren Leitungsfähigkeit des Eisens,[1]) etwa 13 mm, höchstens den doppelten Durchmesser der Kupferdrahtleitung erhält. Da die Leitung nicht aus einem zusammenhängenden Stück bestehen kann, stellt man dieselbe neuerdings, im Sinne der bequemeren Arbeit, aus Drahtseil her. Man benutzt dazu Seile, welche aus neun resp. zwölf Stück 2 mm dicken Kupferdrähten geflochten sind, wie solche durch Fig. 428 und 429 dargestellt werden, oder man benutzt Drahtseile aus 28 Stück

Fig. 428.



Fig. 429.



Fig. 430.



verzinkten Eisendrähten (Fig. 430). — Bei sehr langen Leitungen und hauptsächlich da, wo die Bodenleitung aus örtlichen Gründen eine größere Ausdehnung erhalten muß, werden die vorgenannten Querschnittsdimensionen noch zu vergrößern sein, denn der Durchmesser der Leitung ist auch von deren Länge abhängig. Ist nämlich der Querschnitt der Drähte zu gering, so setzt er dem elektrischen Strom einen zu großen Widerstand entgegen, wobei der Draht bis zum Schmelzen erhitzt werden kann[2]) und eine Entladung des Blitzes ins Innere des Gebäudes oder in die darin enthaltenen Metallteile (Träger, Säulen, Röhren) zu erwarten steht. Darum kann ein schwacher Blitzableiter sehr gefährlich werden.

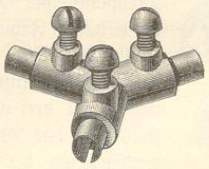
Da nun in einer unvollkommenen oder unterbrochenen Leitung, wie eingangs erwähnt wurde, Anhäufung der Elektrizität unvermeidlich ist, so muß auf die korrekte Herstellung der Leitung das größte Gewicht gelegt werden: alle Verbindungen sind daher sorgfältig zu löten; Kupferdrähte sind 5 cm übereinander gelegt zu verlöten und mit einer über die Lötstelle festgeschobenen Hülse aus Kupferrohr zu schützen, um die Bildung galvanischer Ströme, die an der Lötstelle unter Einfluß atmosphärischer Feuchtigkeit leicht entstehen können, zu verhindern. Bei Drahtseilen werden die zu verbindenden Enden 16 bis 20 cm lang aufgedreht, aufs neue verflochten, dann gut verlötet und die Lötstelle mit Mennige gestrichen. Auch mit der Auffangstange ist der Draht oder das Drahtseil zu verlöten. Dies geschieht in der Art, daß man um die Stange eine eiserne Klammer legt und in diese den Draht, bezw. das Drahtseilende einlötet, wobei die Lötstelle angemessen zu schützen und dann die Leitung über die Dachfirst hin, an der Dachschräge entlang, auf kurzem Wege an den Gebäudefronten hinab und in das Grundwasser oder in einen nahe gelegenen Brunnen zu führen ist.

Man läßt der Oxydation wegen die Leitung nicht auf der Dachfläche aufliegen, sondern führt und befestigt sie auf Stützen von verzinktem (sogenannten galvanisierten) Rundeisen, welche in Entfernungen von 4 bis 5 m angebracht und einfach in den Dachsparren eingetrieben werden. Das obere Ende ist mit einer Öse zur Aufnahme des Drahtes bezw. des Drahtseiles versehen. Bestehen die Sparren aus Eisen, so muß die Verbindung durch Nieten oder Verschrauben hergestellt werden. Drahtseile befestigt man auch auf 10 cm starken Stützen von Quadrateisen, deren zugespitztes Ende in das Holzwerk des Daches eingeschlagen wird, während das obere Ende eine mit zwei Schrauben versehene „Klemmbacke" besitzt, in welche das Leitungsseil eingeklemmt wird (Fig. 431).

Fig. 431.



Fig. 432.



Treffen in einer Blitzableiteranlage mehrere Enden der Leitung zusammen, so pflegt man die Verbindung durch Klemmen aus Bronze herzustellen. In die ovale oder runde Öffnung der Klemme wird dann das Seil eingesteckt und durch Schrauben festgehalten (Fig. 432).

1) Vergl. § 19, Anmerkung 2.

2) Die Erhitzung ist bei gleich starker Entladung um so größer, je kleiner der Querschnitt der Leitung und je geringer das Leitungsvermögen des Metalles ist.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wo die Leitung ihre Richtung ändert, da ist stets der Übergang durch Bogen, nie durch Winkel oder Ecken, zu bewerkstelligen, damit der Blitz an diesen Stellen nicht einen größeren Widerstand findet und von der Leitung abspringt oder dieselbe zerstört. Aus diesem Grunde soll der Draht bezw. das Seil nicht scharf angespannt sein. Eiserne Träger in den Etagen werden, soweit angänglich, durch Nebenleitung mit der Wandleitung verbunden.

In Betreff der Verbindung von Wasser- und Gasleitungsröhren[1]) mit der Leitung sind die Ansichten geteilt. Holtz in seiner „Theorie der Blitzableiter" verlangt, daß die Verbindung mit den betreffenden Zuleitungsröhren nicht innerhalb, sondern am besten außerhalb des Gebäudes bewirkt werde, und sofern dies nicht angehe, die Erdleitung neben ihnen verlegt und ins Grundwasser geführt werde, was in der Regel leicht ausführbar sein wird. —

Wenn oben gesagt wurde: „Es sei angemessen, die Leitung von der Auffangstange auf kürzestem Wege nach der Erde hinab zu führen", so erleidet dies bei Anbringung mehrerer Auffangstangen doch eine Einschränkung durch die etwaige örtliche Beschaffenheit des Terrains, so daß es zuläßig erscheint, zwei bis drei Auffangstangen mit einer einzigen Bodenleitung in Verbindung zu bringen.[2]) Dabei soll jedoch die Wandleitung stets an der Außenseite des Gebäudes — etwa in einem besonderen Mauerfalz — hinabgeführt werden und jede Isolierung zwischen der Haupt- und den Nebenleitungen sorgfältig vermieden werden. Die Leitung muß ferner in allen Teilen von außen sichtbar und für Reparaturen zugänglich sein. — Regenabfallrohre als Leitung zu benutzen, ist unstatthaft; sie sollen aber am oberen und unteren Ende metallisch mit der Leitung verbunden werden.

Die Grundleitung. Nachdem die Wandleitung in der vorbeschriebenen Weise bis an den Erdboden geführt worden ist, muß dieselbe in schräger Richtung einen Meter tief unter Terrain und dann mit allmählichem Fall bis 1 m unter den bekannten niedrigsten Grundwasserstand geleitet werden: hier findet sie ihr Ende, wird in Form einer Spirale von etwa 2 m Durchmesser innig zusammengewunden und mit verzinktem Eisendraht umwickelt. Anstatt der Spirale von Draht wendet man in gewöhnlichen Fällen auch eine starke Zinkblechplatte von 0,7 m Seite an; durch diese bedeutende Vergrößerung des Querschnittes soll nämlich der Leitungswiderstand auf ein Minimum gebracht und dadurch das Eintreten des Blitzes in die Erde gefördert werden. Diese Platten von Zinkblech sind vorteilhafter als Eisenplatten, weil sie bei gleicher Dicke besser leiten und dem Rosten nicht unterworfen sind. Dagegen ist die Anwendung von Kupferplatten allerdings denjenigen von Zink vorzuziehen, nur dürfen jene aus hygienischen Gründen nicht in den Hausbrunnen verlegt werden. Wenn der Brunnen sich im Innern des Gebäudes befindet, ist überhaupt vom Einlegen der Erdplatte ganz abzuraten, weil durch das Brunnengemäuer die direkte Verbindung mit den Erdschichten unterbrochen wird. Dasselbe gilt für Cisternen, Senkgruben, Wasserreservoire. Überhaupt ist auf die angemessene Erdleitung ein ganz besonderes Gewicht zu legen und hat der die Bauaufsicht führende Architekt sich stets vorher über den Stand des Grundwassers und des nächsten fließenden Wassers zu unterrichten. Geschieht dies nicht, endet die Leitung in trockener Erde und ohne Bodenplatte, so wird der Blitz in das Gebäude treten, weil die kontinuierliche Leitung zwischen der Spitze und dem Wasser unterbrochen, oder der Leitungswiderstand in der Erde doch zu groß ist, als daß die Entladung in das Wasser erfolgen könnte.

Bei Gebäuden, welche am Bergabhange liegen, muß die Bodenleitung häufig sehr weit geführt werden, ehe man unter Grundwasser gelangt. In diesem Falle ist es ratsam, in Abständen von 6 m kürzere Zweigleitungen mit der Hauptleitung zu verbinden. Diese letzteren legt man dann ganz seicht, damit sie vom Regenwasser benetzt werden, also bei eintretendem Gewitterregen in Wirksamkeit treten.

Am schwierigsten erweist sich im letztgenannten Falle Felsboden als Untergrund. Hier müssen die Leitungen bis zu einem entfernteren Punkte geführt und dort, wenn fließendes Wasser fehlt, ein paar Brunnen erbohrt werden. Kann die Leitung nicht unterirdisch in Gräben nach der Niederung geführt werden, so muß man dieselbe in irgend einer natürlichen oder künstlichen Senkung einbetten und mit Erd- und Laubschichten dick bedecken, damit sie bei eintretendem Regen Wasser aufnehme. Ist das Ende der Leitung dann noch in einen Brunnenschacht eingeführt, so darf auch hier auf eine dauernde Sicherung des Gebäudes gegen Blitzschlag gerechnet werden. Gestatten dagegen die örtlichen Verhältnisse eine sichere Bodenleitung nicht, so muß die Anlage des Blitzableiters unterbleiben.

1) Die Röhren als Ersatz der Bodenleitung zu benutzen, hält man für fehlerhaft, wenn die Stoßverbindungen mit isolierendem Material gedichtet sind. Dieser Fall ereignete sich 1849 in Basel: der Blitz folgte dem Blitzableiter bis in den Boden, sprang dann ab auf ein gußeisernes, 1 m entfernt liegendes Rohr der städtischen Wasserleitung, wobei es mehrere Röhrenstücke, die mit Pech und Hanf gedichtet waren, zerstörte. — K. Kirchhoff, Spezialist für Blitzableiter in Berlin, folgert daraus: daß diese Zerstörung nicht stattgefunden hätte, wenn eine Verbindung mit der Leitung vorhanden war und die Röhren, statt mit isolierendem Pech, mit Blei gedichtet worden wären. Vergl. den qu. Artikel in der „Deutschen Bauzeitung" und Nr. 10 des „Rohrleger", Jahrg. 1880.

2) Die Verbindung der Auffangstangen wird stets am First hergestellt.

Die früher übliche und viel empfohlene Umhüllung der Bodenleitung mit Holzkohle, namentlich die Methode, das Ende der Leitung, welches in ein Bohrloch versenkt ist, mit Kohle auszufüllen, ist verwerflich und daher zu unterlassen.

Bei Pulvermagazinen wird die Leitung überhaupt nicht am Gebäude selbst, sondern 2 bis 3 m von demselben entfernt auf Mastbäumen von solcher Höhe angebracht, daß sie mit der Auffangstange um den dritten Teil ihres gegenseitigen Abstandes das Gebäude überragen.

Galvanische Prüfung der Blitzableiter. Nach erfolgter Fertigstellung ist jede Blitzableiteranlage zu prüfen und diese Prüfung nach den existierenden Polizeivorschriften gewöhnlich einmal im Jahre und außerdem bei Veränderungen am Gebäude zu wiederholen. Diese Visitation erstreckt sich nach der Instruktion:

1) Auf eine sorgfältige Untersuchung der einzelnen Bestandteile nach dem Augenschein und

2) auf die Untersuchung der Leitungsfähigkeit durch Meßinstrumente.

In Bezug auf die Visitation der einzelnen Bestandteile ist zunächst festzustellen, ob die Leitung von der Spitze bis zur Bodenplatte ganz intakt sei, ob die Anzahl der Auffangstangen und deren Höhe, sowie die Dicke der Leitung angemessen und die Verbindungen richtig ausgeführt sind. Andere Fehler, welche durch den Augenschein nicht erkennbar sind, zeigt das Meßinstrument an, und hierzu verwendet man ein Galvanometer. Man befestigt zu diesem Zweck an der Spitze des Blitzableiters einen mit Seide übersponnenen Kupferdraht, welcher bis zum Boden reicht, und verbindet das untere Ende mit dem einen Pol eines einfachen, aber möglichst konstanten Elektromotors. Vom anderen Pole der Batterie führt ein Leitungsdraht zum unteren Ende der oberirdischen Leitung. Wird in diesen Schließungsbogen das Galvanometer eingeschaltet, so muß sich bald an dem Ausschlage der Magnetnadel zeigen, ob die Leitung eine ununterbrochene ist. Ist nämlich die Leitung unterbrochen, so kann der Strom nicht cirkulieren und die Magnetnadel bleibt unbeweglich. — Um die Strecke ausfindig zu machen, auf welcher sich die Unterbrechung befindet, muß der längere Leitungsdraht nach und nach an verschiedenen Stellen der Blitzableiterleitung befestigt und das Verhalten des Galvanometers dabei beobachtet werden.

Sind bei einer derartigen Anlage mehrere Spitzen vorhanden, so wird mit einer jeden in der angegebenen Weise verfahren, und falls mehrere Leitungen nach dem Boden geführt sind, hat sich die Untersuchung auch auf eine jede derselben zu beziehen.

Um die Kontinuität der Bodenleitung zu prüfen, wird — wie vorher — ein Draht von einem Pol der galvanischen Batterie in den nächsten Brunnen geführt und dort mit einer 0,5 qm großen Metallplatte verbunden; da, wo die Bodenleitung in die Erde eingeführt ist, wird ein Draht mit dem Galvanometer und von diesem mit dem anderen Pol des galvanischen Elementes verbunden. Bleibt die Nadel des Instrumentes unbeweglich, so muß die Bodenleitung aufgegraben und streckenweise probiert werden.

Als Meßinstrumente zur Prüfung eignen sich besonders das Universal-Galvanometer von Siemens und das nach Angabe des Königl. preußischen Ingenieur-Komitees von der Firma Keiser & Schmidt in Berlin konstruierte Galvanometer zur Untersuchung angelegter Blitzableiter.

Eine Bestätigung der in diesem Kapitel vorgetragenen Regeln findet sich in nachfolgenden gutachtlichen Äußerungen, betreffend die Wirkungen des Blitzschlages beim Schulhause zu Elmshorn vom 20. April 1876.

Das Schulhaus ist, wie wir dem Gutachten des Dr. L. Meyen[1]) entnehmen, ziemlich neu, zweietagig, mit Ziegeldach gedeckt, die Gebäude der Nachbarschaft überragend. Das Hauptschulzimmer reicht durch die ganze Tiefe des Gebäudes; seine Balkenlage ist durch einen von der Straßenfront bis zur Hoffront reichenden hölzernen Träger unterstützt, welcher letztere durch zwei gußeiserne Säulen getragen wird. Die Enden des Trägers sind mit den Fronten verankert und an den Fronten durch eine zwei Stein breite Pfeilervorlage unterstützt. In dem einen Winkel der Vorlage sind an der Straßen- und Hofseite die Regenabfallrohre von Zinkblech hinabgeführt, in dem anderen Winkel ist auf der Hofseite die Leitung des neuen, erst im Jahre 1875 nach den für öffentliche Gebäude gegebenen Vorschriften angelegten Blitzableiters hinabgeführt. Sie besteht aus einem Kupferdrahtseil von 250 g Gewicht per Meter, welches durch die Erde bis in den nahen Brunnen geführt ist, auf dessen Boden die Leitung im Wasser endigt. Die Leitung war, wo sie an dem Ankerkreuz vorbeiführt, mit demselben durch einen hin und her geführten Kupferdraht verbunden, ebenfalls, wo sie sich um die Dachrinne bog, mit letzterer durch einen solchen Draht in leitende Verbindung gebracht, wiewohl nicht damit verlötet.

Der Blitzschlag hat nun folgende Wirkungen gehabt:

1) Obwohl eine kupferne Leitung vorhanden war, hat der Blitz an der Hofseite von der Rinne aus den Zinkweg durch die Abfallröhre genommen und dabei die vorbesprochene Drahtverbindung der Leitung mit der Rinne verflüchtigt. Aus der Abfallröhre ist er in Mannshöhe herausgeschlagen, um in schräger Linie die Erde ziemlich weit vom Brunnen entfernt zu erreichen. Wo er das

[1]) „Zeitschrift für Bauwesen", Jahrg. 1877, S. 559 u. f.

Abfallrohr verließ, da hat er einen vertikalen Spalt gemacht, dessen Ränder nach außen gebogen sind, ein Beweis, daß er dort ausfuhr und nicht einfuhr.

2) Auch an der Hofseite ist die Kupferdrahtverbindung mit dem Ankerkreuz verflüchtigt, ein Zweig des Blitzes ist hier ins Innere des Gebäudes eingetreten und durch die ganze Tiefe des Hauses bis zum entgegengesetzten Ankerkreuz gegangen. Man durfte hier einen durchgehenden Eisenträger vermuten: der Augenschein aber lehrte etwas anderes.

Von einem Ankerkreuz zum anderen bildete das Drahtgewebe der Rohrdecke die Leitung. Vom Eintritt bis zur ersten eisernen Säule befand sich an der linken Seite des Trägers eine Zone, wo zwei bis drei Eisendrähte ziemlich verflüchtigt oder verbrannt waren. Bei der ersten Säule war ein Teil des Blitzes in das Kapitäl gefahren und hatte dabei den Bleiweißgehalt der Farbe in Schwefelblei verwandelt. In der Strecke bis zur zweiten eisernen Säule hat der Blitz nur noch an den Nagelköpfen Löcher gemacht und hat sich hier an der Säule halb senkrecht, halb schräge abgezweigt. Die Säule hat jedoch nicht alles abführen können; der letzte Rest des Blitzes ist nun aus dem Kapitäl auf die Rohrdrähte der rechten Seite des Trägers gesprungen und hat hier ein Stück Decke abgerissen. Bei der Mauer angelangt, hat er diese durchschlagen, um in das außen befindliche Abfallrohr zu kommen, wobei ein Loch mit nach innen gebogenen Rändern in der Röhre entstanden ist; teils hat der Blitz das Ankerkreuz benutzt und war aus dessen nächster Spitze in das Abfallrohr gefahren.

Der Blitz hat sich also einmal bei der Zinkrinne im Hofe abgezweigt, obwohl eine Kupferleitung vorhanden war, hat sich dann durch die höchst mangelhafte Leitung eines eisernen Drahtnetzes abgezweigt, um sich in zwei Eisensäulen teilweise führen zu lassen, und endlich durch doppelten Einschlag in das Abfallrohr der Straßenfront sein Ende erreicht. Hieraus ist ersichtlich, daß die Hauptleitung zu schwach und daß auch der kupferne Verbindungsdraht, welcher Dachrinne und Leitung verband, ungenügend war. Dies geht schon daraus hervor, daß der Leitungsdraht dort, wo er die hohle Auffangstange verließ, also die Leitung allein übernahm, so heiß wurde, daß die Gasröhre eine Aufblähung erfahren hat. Die Drahtleitung war hier durch eine Klemmschraube so stark angedrückt, daß an dieser Stelle die erste Zerstörung des Drahtes stattfand. Von dort ging die Leitung über das Dach fort und war an der Unterkante scharf, unter einem spitzen Winkel, nach der Mauer gezogen. An diesem Winkel fand die zweite Zerstörung des Drahtes durch den Blitz statt.

Nach der gutachtlichen Äußerung des Prof. Karsten in Kiel variierte der Leitungsdraht sehr stark in der Dicke, und zwar von 240 Gramm bis herab zu 155 Gramm pro Meter. Dicht neben der mangelhaften Leitung befanden sich ferner zwei Nebenleitungen, nämlich:

a) Die Anker mit den eisernen Deckendrähten und Säulen,

b) die Wasserrinne,

beide unvollkommen mit der Leitung verbunden. — Nach Karsten wären die Blitzwirkungen vermieden worden, wenn diese leitenden Teile des Gebäudes mit der (gut konstruierten) Hauptleitung durch eine gleich gut leitende Verbindung in Zusammenhang gebracht worden wären.

Das Gutachten der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom 14. Dezember 1876 zieht aus dem Umstande, daß die Leitung an zwei Stellen zerrissen worden ist, den Schluß: daß dieselbe einen zu geringen Querschnitt besaß; dieser Fehler wird jedoch nicht mit den übrigen Zerstörungen des Schlages in Zusammenhang gebracht. Es heißt dort: Die Bildung eines Zweigstromes sei zwar die Folge davon gewesen, daß die Leitung von Anfang an nicht genügt habe; aber der Grund davon wird weniger in dem geringen Querschnitt als darin gesucht, daß die Metallplatte im Brunnen zu kleine Dimensionen besaß. Es wird zu dem Ende eine Erdplatte von mindestens 0,50 qm Fläche empfohlen (was freilich unverhältnismäßige Kosten verursachen dürfte) und nebenher bemerkt, daß die beste Ableitung erhalten wird, wenn man in der Nähe des zu schützenden Hauses liegende, stärkere Wasser- oder Gasleitungsröhren mit dem Blitzableiter verbindet.

Die Akademie der Wissenschaften sieht hiernach in der ungenügenden Ableitung der Elektrizität zur Erde den Hauptgrund der Beschädigungen, welche der Blitz in dem Schulhause zu Elmshorn angerichtet hat. Als wesentliches Moment kommt aber die unvollkommene Leitung durch den mit der Hauptleitung verbundenen Anker, Eisensäulen, Dachrinnen hinzu. Diese Metallmassen hätten an ihrem unteren Ende mit der Hauptleitung verbunden oder direkt zur Erde abgeleitet sein sollen. Der Anker dagegen war isoliert zu lassen und die Leitung in größerer Entfernung von ihm zu führen.

Das Gutachten verbreitet sich sodann über die „Leitungen“ der Blitzableiter, indem es, statt der gegenwärtig üblichen Blitzableiter von Kupfer, solche von Eisen empfiehlt. Zwar müsse die Eisenleitung, um gleichen Widerstand zu leisten, einen siebenmal so großen Querschnitt haben, aber auch dann seien die Kosten bei Anwendung von Eisen geringer als bei Kupfer. Dabei schmilzt das Eisen erst bei höherer Temperatur und ist weniger böswilligen Beschädigungen ausgesetzt. Im übrigen genüge nach zahlreichen Erfahrungen für eine eiserne Leitung in allen Fällen ein Querschnitt von 1 bis höchstens 2 qcm.

Dritter Abschnitt.

Der Grundbau.

Vorbemerkungen.

Die Festigkeit und Dauer eines Gebäudes hängt nicht allein von der Güte der verwendeten Materialien und deren zweckmäßiger Verbindung ab, sondern es muß dasselbe auch vor allem auf *fester, tragfähiger und unwandelbarer Unterlage ruhen*. Diese Unterlage darf, so lange das Gebäude darauf steht, keinerlei Veränderungen erfahren, sie muß vielmehr unter allen Umständen dasselbe überdauern. Weil nun eine nachträgliche Befestigung des Untergrundes sich in den meisten Fällen selbst dann nicht vornehmen läßt, wenn auch der Kostenpunkt nicht in Betracht käme, so wird man schon *vor* der Inangriffnahme des Baues mit aller Vorsicht die Untersuchung des Baugrundes zu betreiben haben.

Die Kenntnis der Lehre vom „*Grundbau*“ ist daher für jeden gebildeten Architekten von der größten Wichtigkeit; auch genügt es nicht mehr, sich lediglich in dem ausgetretenen Gleise der älteren Methoden zu bewegen, nachdem viele der früheren Konstruktionen im Gebiete des Grundbaues unter dem Einflusse wichtiger Verbesserungen eine veränderte Gestalt erhalten haben, neue Fundierungsmethoden erfunden und im großartigsten Maßstabe zur Anwendung gelangt sind. Gründungen, welche nach älterer Methode gar nicht, oder nur mit unverhältnismäßigen Kosten möglich waren, werden jetzt nur unter ausgedehnter Benutzung von Baumaschinen und anderen sinnreichen Apparaten schnell, sicher und mit relativ geringem Kostenaufwande ausgeführt. Hierbei spielt die bessere Kenntnis hydraulischer Bindemittel und vor allem der leicht zu handhabende, im Wasser zu einer kompakten Masse sich umwandelnde *Cement*, eine hervorragende Rolle.

Bevor wir aber zu den eigentlichen Fundierungen übergehen, d. h. zu den Mitteln, mit welchen eine feste Basis für das Bauwerk geschaffen werden kann, müssen wir die Beschaffenheit des Baugrundes einer näheren Betrachtung unterziehen.

§ 1.

Unter *Baugrund* versteht man die *Bodenschicht*, auf welcher ein Gebäude errichtet werden soll. In der Regel ist — mit Ausnahme der Fälle, wo festes Gestein zu Tage tritt — die oberste Schicht des natürlichen Bodens humusreich; dieser lockere Mutterboden würde von der Last eines darauf gestellten Gebäudes zusammengedrückt werden. Dasselbe würde stattfinden, wenn die obere Erdschicht aus gefülltem Boden, Schutt u. dergl., besteht. Da endlich der Regen in die meisten Bodenarten eindringt und dieselben erweicht, so würde durch das eingedrungene Wasser, wenn der Frost diese Schichten erreicht, die Sohle des Bauwerkes emporgehoben, während beim Schmelzen des Eises die Bodenschicht auf ihr geringeres Volumen zurückgeht und die Fundamentsohle sich wiederum senkt. Um für das Bauwerk eine feste, unwandelbare Basis zu schaffen, muß dasselbe so weit unter die Oberfläche hinabgeführt werden, bis eine genügend tragfähige Erdschicht angetroffen wird, welche dem Einfluß der Atmosphärilien entrückt ist. Die oberen Schichten des Baugrundes — sofern sie nicht aus wetterbeständigen Felsen bestehen — sind demnach abzutragen (*abzuschachten*), und diese Aushebung, welche man die *Baugrube* nennt, ist so tief anzulegen, daß ihre Sohle *unter* der Frostlinie, also in unseren Gegenden 1 bis 1,5 m unter der Oberfläche bleibt. Findet sich in solcher Tiefe eine tragfähige, wenig zusammendrückbare und genügend *mächtige* Schicht vor, so kann das Bauwerk, nach geschehener Abgleichung der Sohle, direkt darauf gesetzt werden, wenn der Neigungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

winkel der Schicht ein derartiger ist, daß Rutschungen oder Unterspülungen nicht zu besorgen sind.

Wird in dieser Tiefe eine Schicht von genügender Tragfähigkeit nicht gefunden, so sucht man diese entweder durch Aufgraben bis zu größerer Tiefe zu erreichen, oder, wo dies nicht möglich ist, da pflegt man den Untergrund so umzugestalten, daß auf der vorbereiteten Basis die Aufführung des Bauwerkes zulässig ist. Welche Mittel dann zur Befestigung des Baugrundes anzuwenden sein werden, hängt im wesentlichen davon ab, ob die Gründung im Trocknen oder unter Wasser geschieht.

Da aber die mineralogische Beschaffenheit und die Lagerungsverhältnisse der Erdschichten mannigfach wechseln, so wird man das Bauwerk entweder direkt auf die Sohle der Baugrube aufsetzen, oder man wird mehr, resp. weniger steife Zwischenlagen zur Ausführung des Grundbaues nötig haben, und danach pflegt man in der Praxis den Baugrund wohl als „gut", „mittelgut" oder „schlecht" zu unterscheiden.

Als fest, tragfähig und unzusammendrückbar, d. h. als guter Baugrund sind zu bezeichnen:

1) Alle schwer verwitternden Felsarten, welche in zusammenhängenden, söhligen Lagen (Bänken) auftreten, alle fest gelagerte Breccien mit verkittendem Bindemittel (Nagelflue), sofern die Mächtigkeit der Schicht nicht unter 3 m beträgt und dieselbe auf fester Unterlage ruht;

2) Sand und Kies, wenn derselbe bei gleicher Mächtigkeit gegen seitliches Ausweichen und gegen Unterspülung geschützt ist;

3) trockner Thon von hinreichender Mächtigkeit.

In allen vorgenannten Fällen wird der Baugrund selbst ohne Anwendung künstlicher Mittel geeignet sein, bedeutende Bauwerke zu tragen.

Zusammendrückbar und daher in der Regel nicht ausreichend fest sind dagegen alle leicht verwitternden Gesteine, auch ferner unreiner Sand und Kies, wenn die erdigen Bestandteile vorherrschen und die Massen von Wasser durchdrungen sind.

Zum schlechten Baugrund gehören alle leichten, trocknen, aufgeschütteten Massen, auch Dammerde, Schlamm, Torf und Moorerde.

Aus vorstehender Klassifikation ergiebt sich: daß die Tragfähigkeit eines Baugrundes wesentlich auf der Gleichförmigkeit und Festigkeit des Materials, der Mächtigkeit und Lagerungsart der Schichten und deren Verhalten gegen die Einwirkung des Wassers und der Atmosphäre beruht. Hierzu werden einige speziellere Bemerkungen unerläßlich sein.

1) Der geschlossene Fels hat bei annähernd horizontaler (söhliger) Schichtung für die meisten Bauwerke eine ausreichende Tragfähigkeit, wenn die Mächtigkeit desselben nicht unter 3 bis 4 m beträgt und die Bänke stetige Ausdehnung haben, auch nicht durch Klüfte und Ablösungen getrennt sind, wie solche häufig im Dolomit und beim Gips vorkommen, in welchen das Wasser durch allmähliche Lösung der Masse Höhlungen auswäscht. Im letzteren Falle erscheint auch der Felsboden unsicher.

An Orten, wo Bergbau betrieben wird, kann der Fels durch den Abbau der Flötze ebenso leicht seine Unterstützung verlieren, ein Fall, der namentlich häufiger beim Steinkohlenbergbau eintritt, wo große Massen herausgefördert werden und infolgedessen, nach Jahren, Einsenkungen entstehen. Hier müssen die entstandenen Höhlungen soweit angänglich ausgefüllt oder mit künstlichen Stützpfeilern unterfangen werden. Noch gefährlicher kann der Felsboden werden, wenn derselbe in ungenügender Mächtigkeit auf Thonschichten lagert, welche von Wasseradern durchzogen werden. Der durchweichte Lehm dient dann als Gleitmittel, auf welchem die Felstrümmer in Bewegung geraten können. — Andere Felsarten unterliegen einer schnellen Verwitterung unter Einfluß des Wassers und der Luft; werden dann schwere Gebäude am Abhange des Felsens aufgeführt, so können diese, wenn nicht geeignete Schutzmaßregeln getroffen sind, mit der Zeit in Gefahr geraten, wie an einzelnen Burgruinen des Mittelalters zu ersehen ist.

In allen diesen Fällen wird der ausführende Baumeister sich durch Bohrungen und sonstige Untersuchungen darüber Gewißheit zu verschaffen haben, ob der Felsen eine zusammenhängende, geschlossene Masse bildet, oder ob er aus sogenannten losen Geschieben besteht. —

2) Der Kies kann als eine bei starker Wasserströmung entstandene, aus gerundeten Stücken bestehende Rollsteinablagerung bezeichnet werden; er ist daher durchgängig fest gelagert und gilt bei 3 bis 4 m Mächtigkeit als geeignet, um schwere Bauwerke mit Sicherheit zu tragen, vorausgesetzt, daß er nicht selbst auf komprimierbaren oder lockeren Schichten ruht. Liegt die Fundamentsohle im Kiesboden, aber unter Grundwasser, und befürchtet man starken Auftrieb, also Lockerung des Materials, so empfiehlt es sich, unter Vermeidung des Wasserschöpfens eine entsprechend starke Betonunterlage zu senken, ehe mit dem Aufmauern der Fundamente begonnen wird.

3) Auch festgelagerter Sand gilt als guter Baugrund, denn er läßt sich nur in sehr geringem Maße zusammendrücken, und der auf ihn ausgeübte Vertikaldruck pflanzt sich nur in bestimmten Grenzen seitlich fort. Bei genügender Mächtigkeit nimmt seine Tragfähigkeit mit der Tiefe zu, dagegen setzt er wegen des geringen Gewichtes der einzelnen Körner dem Angriff fließenden Wassers nur geringen Widerstand entgegen. Aus diesem Grunde soll

man, wenn die Fundamentsohle im Grundwasser liegt, das Wasserschöpfen möglichst vermeiden, damit nicht der Grund aufgelockert werde. Am zweckmäßigsten wird sich hierbei eine Betonschüttung erweisen, welche die Quellen verstopft und ein wasserdichtes Bett herstellt. — Seiner Textur nach liefert der grobkörnige, scharfe Sand einen vorzüglichen Baugrund, doch kann unter günstigen Verhältnissen auch Sand von feinem Korn noch als guter Baugrund gelten, namentlich wenn das Unterspülen der Baugrube durch seitliche Begrenzung der Baustelle sorgsam verhindert wird.

Da die Sandkörner infolge starker Reibung sich in ihrer Lage zu einander erhalten und den Druck gleichmäßig verteilen, so hat man den Sand mit Vorteil auch als Zwischenlage auf andere Erdarten aufgeschüttet und dadurch den Druck der Fundamente auf eine größere Grundfläche zu verteilen gesucht.

Der Thon, besonders der blau gefärbte, gehört nicht zu den vorzüglichen Baugründen, namentlich dann nicht, wenn er abwechselnd vom Wasser erweicht und wieder trocken werden kann; seine Masse wird dadurch eine wechselnde; bei der durch die Volumveränderung hervorgerufenen Bewegung wird das Gebäude sich setzen, was stets gefährlich ist. Aus diesem Grunde schon muß man in Thonboden so tief hinabgehen, daß die erwähnte Volumveränderung nicht zu befürchten steht. Bleibt andererseits der Feuchtigkeitsgrad des Thones konstant, so kann er zu den guten Baugründen gerechnet werden; doch wird immer bei Fundierungen auf Thon mit großer Vorsicht zu verfahren sein. Ist nun der Thon sehr fett, so bekommt derselbe beim Austrocknen Risse und ist dabei ein ungleichmäßiges Setzen der Fundamentsohle vorauszusehen. Hier kann es nur zweckmäßig sein, wie oben schon erwähnt wurde, die Fundamente auf eine entsprechend breite und hohe Sandschichtung zu stellen. Ist der Thon weich, nachgiebig und wenig dicht, so kann man denselben durch Einstampfen einer oder mehrerer Lagen faustgroßer Steine verdichten und auf solche Weise auch weichen Boden, wenn nur genügend feste Schichten darunter liegen, zum Tragen großer Lasten geschickt machen. —

Alle aus Thon und Sand gemischten Bodenarten haben, je nachdem der eine oder der andere Bestandteil vorherrscht, mehr die Eigenschaften des Thones oder des Sandes. Eigentlicher Lehm, besonders solcher von hellgelber Farbe und mit Sand und Steinen gemischt, ist bei genügender Mächtigkeit ein sehr guter Baugrund; auf eine 3 bis 4 m mächtige Schicht desselben von genügender Flächenausdehnung kann ein mehrstöckiges Gebäude ohne weitere künstliche Befestigung gesetzt werden.

Humus, Torf und Moor, welche durch Mischung mit vegetabilischer Substanz weich und veränderlich sind, gelten als „schlechter Baugrund“, bei dem man immer auf ein gewisses „Setzen“ wird rechnen müssen und danach seine Einrichtungen zu treffen hat. Auf derartigem Baugrunde sollten nur Gebäude errichtet werden, welche weder die Tragfähigkeit des Bodens erheblich beanspruchen, noch auf längere Dauer berechnet sind, also provisorische Bauten und Fachwerkbauten aus Holz oder Eisen.

Der Baugrund liegt nun entweder ganz trocken oder ist nur zuweilen resp. stets von Wasser aufgeweicht. Im letzten Falle nennt man den Grund „feucht“ und, wenn er aufgeweicht und sehr nachgiebig ist, „sumpfig“.

Die Höhe, bis zu welcher ein Terrain von Wasser durchzogen ist, nennt man die Höhe des Grundwasserstandes; sie wird bedingt durch den Wasserstand naheliegender, großer Wasserbehälter (Seen, Teiche, Flüsse). Weil diese nun, wie bekannt, gewissen Veränderungen durch Quellenreichtum und atmosphärische Niederschläge unterworfen sind, wird auch der Stand des Grundwassers zu verschiedenen Jahreszeiten ein veränderlicher sein, ein Umstand, der für manche Fundierungsarbeiten von Bedeutung ist. — Dringt das Wasser nur an einzelnen Stellen der Baugrube in Form von Quellen hervor, so heißt der Grund: Quellgrund.

§ 2.

Das Gewicht, welches ein guter Baugrund auf die Dauer zu tragen im stande ist, hängt außer von der Mächtigkeit der Schicht auch von der Struktur derselben ab, bei Felsboden also von der Härte und Festigkeit des betreffenden Gesteines. Folgende Tabelle giebt die Druckfestigkeit verschiedener Felsarten in Quadratcentimetern und Kilogrammen an, die man jedoch in der Praxis etwa nur mit dem 10. Teile in Anspruch zu nehmen pflegt.

Basalt	1200	bis	1800	kg
Basaltlava . . .	400	„	700	„
Granit	360	„	1000	„
Grauwacke . . .	600	„	800	„
Kalkstein	200	„	240	„
Marmor	220	„	500	„
Porphyr	300	„	500	„
Sandstein	150	„	550	„
Serpentin . . .	700	„	800	„
Syenit	1000	„	1200	„
Tuffstein	50	„	60	„
Trachyt	60	„	200	„

Den auf den Baugrund ausgeübten Druck empfängt auch die Unterfläche des Baumateriales, welches gestützt werden soll; über die zulässige Inanspruchnahme des letzteren darf also der Baugrund auch nicht belastet werden. Bei

Backsteinen und Bruchsteinen, aus welchen unser Fundamentgemäuer in den gewöhnlichsten Fällen besteht, beträgt die zulässige Inanspruchnahme auf Druck etwa 8 bis 9 kg pro qcm, während die Druckfestigkeit des Betons 5 bis 6 kg pro qcm beträgt. Da nun die meisten der vorgenannten Felsarten eine weit höhere Belastung erlauben, so wird bei Fundierung auf Felsen eine Verbreiterung der Fundamentsohle höchstens bei Tuffstein und Trachyt erforderlich sein, um eine größere Bodenfläche zum Tragen zu bringen.

Festgelagerter Kies, Sand und massiger Thonboden darf durchschnittlich mit 5 kg pro qcm belastet werden. Wo eine Sandschicht als Zwischenlage auf ungenügenden Baugrund aufgeschüttet wird, kann man sie ohne Bedenken noch mit 3 kg pro qcm belasten. — Der Alluvialboden unserer norddeutschen Ebene wird im Maximum mit 4 kg pro qcm in Anspruch zu nehmen sein. Die Baupolizeiordnung für Berlin gestattet nur eine Belastung von 2,5 kg pro qcm.

Die Vorarbeiten des Grundbaues.

Untersuchung des Baugrundes.

§ 3.

Um über die Güte und Beschaffenheit eines gegebenen Baugrundes sicheren Aufschluß zu erhalten, haben sich die in diesem Sinne erforderlichen Untersuchungen zu erstrecken: auf die geologische Beschaffenheit der einzelnen Bodenschichten, auf ihre Mächtigkeit, ihre Tragfähigkeit und ihr Verhalten gegen die äußeren Einflüsse der Atmosphäre. Bei einfachen geologischen Verhältnissen, oder wo Erfahrungen über Gründungen in der Nähe der Baustelle vorliegen, werden häufig spezielle Bodenuntersuchungen unterbleiben können; dagegen wird in allen zweifelhaften Fällen eine sorgfältige Untersuchung erforderlich sein, weil der mit einer künstlichen Fundierung verbundene Zeit- und Geldaufwand häufig bestimmend sein kann, die Baustelle zu verlassen und einen geeigneteren Baugrund zu wählen.

Die Mittel, deren man sich zur Untersuchung des Baugrundes bedient, sind folgende:

1) Das Aufgraben.
2) Die Untersuchung mit dem Sondiereisen.
3) Die Untersuchung mit dem Erdbohrer.
4) Das Einschlagen von Probepfählen.
5) Das Belasten.

I. Das Aufgraben giebt den sichersten Aufschluß über die Bodenbeschaffenheit der in Betracht kommenden Schichten; aber dies Verfahren ist in großer Tiefe und bei starkem Wasserandrange wegen der notwendigen, kostspieligen Absteifungen nicht wohl anwendbar. Aus diesem Grunde gewährt es auch in dem aufgeschwemmten Boden der Flußthäler nur geringe Sicherheit, weil aus wenigen durchgrabenen Sandablagerungen noch nicht mit Gewißheit gefolgert werden kann, daß dieselben auf festem Untergrunde ruhen.

II. Das Sondiereisen besteht aus einer runden oder rechteckigen Eisenstange (Fig. 1) von 2,5 bis 4 m Länge und 3 bis 4 cm Stärke, welche am oberen Ende mit einem Öhr versehen ist, um einen starken Bügel durchstecken zu können, mit dessen Hilfe sie von mehreren Arbeitern durch Drehen und Stoßen leicht in den Boden getrieben wird. Für größere Tiefen schraubt man sie aus mehreren Stücken zusammen. Dieses Eisen wird, nachdem man vorher bis zur Grundwasserhöhe aufgegraben hat, häufig mit Hilfe eines schweren Hammers drehend in den Boden getrieben, und aus dem leichteren oder schwereren Eindringen desselben in den Boden schließt man auf die größere oder geringere Tragfähigkeit desselben, während beim Herausziehen die etwa am Eisen haftenden Spuren auch die geologische Natur der durchstoßenen Schichten erkennen lassen. So zeigt sich das Eisen, soweit es im Sande war, leicht poliert; Spuren von Lehm oder Torf sind durch die Färbung erkennbar. Das Anhängen von Proben des durchstoßenen Bodens läßt sich dadurch befördern, daß man das Eisen mit einigen kleinen Vertiefungen versieht und diese mit Talg ausfüllt. Trotz alledem sind die mit dem Visitiereisen zu erreichenden Resultate ungenau und unsicher, denn es ist schwer zu bestimmen, in welcher Tiefe sich die Höhlungen gefüllt haben. Zur Handhabung des Sondiereisens gehören sehr geübte Arbeiter.


Fig. 1.

III. Der Erdbohrer ist dasjenige Instrument, welches die zuverlässigsten Resultate bei Untersuchung des Baugrundes gewährt; es giebt deren mehrere Arten und von so zweckmäßiger Konstruktion, daß man nicht leicht in die Verlegenheit kommt, eine solche Vorrichtung selbst angeben zu müssen. Jeder Erdbohrer besteht aus dem eigentlichen „Bohrer“, d. h. dem den Boden unmittelbar angreifenden Instrument und der daran befestigten, über das Terrain emporreichenden Bohrstange oder dem „Gestänge“, und an letzterem unterscheidet man das obere oder Kopfstück von den Mittel- oder Verlängerungsstücken. Für bauliche Zwecke erstrecken sich die Bohrungen selten tiefer als auf 20 m und die Bohrer haben gewöhnlich 7 bis 12 cm Durchmesser. Man unterscheidet dabei Bohrer mit steifem Gestänge und Seilbohrer; letztere finden im Felsboden Anwendung und lediglich zu dem Zwecke, um das große Gewicht des Gestänges zu vermeiden.

Aus dem in kleinen Massen aus dem Bohrloch herausgeschafften Boden, sowie aus der Tiefe des Loches wird die Kenntnis der Bodenschichten erlangt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Gestalt der Bohrer ist verschieden, je nach der zu erbohrenden Erdart; unter den mannigfaltigen Einrichtungen dieser Art heben wir besonders folgende hervor:

a) den eigentlichen Erdbohrer, der gedreht wird und wirklich bohrt (für Humus, Moor, Lehm, Thon, auch in Kies und Sand anwendbar);

b) den Sandbohrer, der den Boden schöpft (für Erde, Sand und Kies);

c) den Steinbohrer, zum Bohren von Gestein.

Die eigentlichen Erdbohrer sind — je nach der Konsistenz des Erdmaterials, das durchbohrt werden soll — mehr oder weniger geschlossene Cylinder, die man entweder mit einer durchgehenden, zugespitzten oder in einer Schraube endigenden Achse versieht, oder es wird der obere Teil des Cylindermantels mit dem Bohrgestänge verschweißt oder vernietet. Anstatt des Cylinders wählt man für weniger konsistente Bodenarten häufig eine konische Form des Mantels.

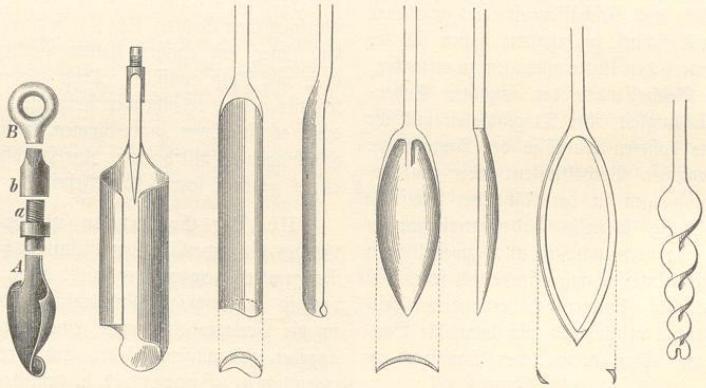
Zum Durchschneiden des Rasens und der in den oberen Bodenschichten vorkommenden Wurzeln benutzt man den Schneidebohrer (Fig. 2), einen aus Stahl hergestellten Löffel mit schraubenförmiger Endung, der mit dem 3 bis 4 cm starken Bohrgestänge verschweißt ist. Die Bohrstange endet bei a in einem Schraubengewinde, auf welches das Kopfstück B mittels einer Schraubenhülse aufgeschraubt wird; das runde Öhr desselben dient zum Durchstecken einer Handhabe, mittels welcher der Bohrer gedreht wird. Zur Verlängerung des Gestänges kann man nach Erfordern beliebig viele Mittelstücke (von 2 bis 4 m Länge) zwischenschrauben.

Zum Durchbohren von Thonschichten benutzt man den Bohrer Fig. 3, dessen Mantel aus Stahlblech besteht, welches cylindrisch so gerollt wird, daß ein Schlitz offen bleibt. Die Kanten des Schlitzes sind deshalb zugeschärft und beim Drehen desselben wird die Erdmasse abgeschnitten und in den Cylinder gepreßt. Je fester die Erdschichten sind, desto größer kann der seitliche Schlitz sein, doch bleibt derselbe häufig auch ganz fort, indem das Stahlblech uhrfederartig gerollt ist; in den Zwischenräumen der Windung bleibt dann beim Heraufziehen des Bohrers das Thonmaterial haften.

Wenn der Bohrer im Querschnitt nur einen Halbkreis oder ein Segment bildet, so nennt man das Instrument einen Löffelbohrer[1]) (Fig. 4 und 5); derselbe kann bei zähem Thon, fester Erde und weichem Gestein Anwendung finden. Häufig dient er nur zum Eröffnen eines kleineren Bohrloches, welches dann mit einem zweiten Bohrer erweitert wird. Alle zur Erweiterung benutzten Bohrer müssen in eine Spitze auslaufen, damit sie sich genau in die Achse des Bohrloches einstellen lassen. (Fig. 6 und 7.)

Zum scharfen Einschneiden in Thonboden, gleichzeitig zum Herausziehen des Materials, dient der „reifartige Bohrer“ Fig. 8, der aus Fig. 6 durch Fortfall des Löffelrückens entsteht.

Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.



Zur Erweiterung von Bohrlöchern dient auch die in Fig. 9 dargestellte sogenannte amerikanische Zunge, mit mehreren Schraubenwindungen, und der Trepanierbohrer mit ∽förmigen Querschnitt, der unterst in eine scharfe Spitze ausläuft.

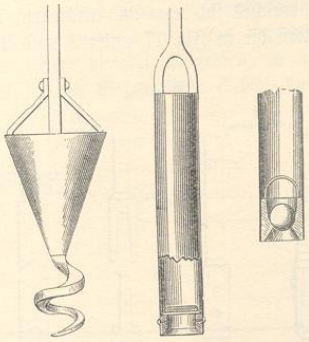
Wo die Bohrlöcher durch leichter bewegliche Schichten (z. B. im Alluvialboden durch wechselnde Lagen von Lehm, Sand, Kies, Letten) getrieben werden müssen, da werden sich die Seitenwände, namentlich unter Wasser, nicht

1) Diese Figuren sind entlehnt dem vortrefflichen Werke: „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“. Herausgegeben von Edmund Heusinger von Waldegg. I. Bd., VII. Kapitel. „Grundbau“.

halten und es ist daher eine Ausfütterung des Bohrloches durch Röhren erforderlich. Diese sogenannten Futterröhren haben dann die volle Weite des Bohrloches und werden in dem Sinne nachgetrieben, wie der Bohrer fortschreitet. Will man den letzteren aber herausziehen oder einführen, so muß er sich auf die Innenweite der Röhre zurückbringen lassen, was dadurch erreicht wird, daß der eine Schenkel desselben um ein Scharnier drehbar gemacht und beide durch eine Stahlfeder auseinander gehalten sind, wenn der Bohrer unterhalb der Futterröhre arbeitet, während er beim Bewegen durch die Röhre auf das vorschriftsmäßige Maß zurückgeht. Die Vorrichtung nennt man die Krebsschere.

ad b) Bestehen die zu untersuchenden Erdschichten aus feinkörnigem Sande oder aus schlammigem Boden, so benutzt man zum Bohren den eigentlichen Sandbohrer oder die Sandkelle. Die letztere (Fig. 10) ist ein oben offener Trichter mit unterer, schraubenförmiger Fortsetzung; beim Eintreiben des Bohrers durch Drehen füllt sich der Trichter mit Sand und wird alsdann herausgezogen. — Neuerdings benutzt man häufiger den Ventilbohrer oder Ventillöffel (Fig. 11), einen unten offenen Cylinder

Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.



von Eisenblech, der 30 bis 80 cm Länge hat. An seinem unteren Ende befindet sich ein Klapp- oder Kugelventil (Fig. 12), durch welches die Erde in den Cylinder eindringt. Dieses Instrument wird mittels einer leichten Stange oder durch ein Hanfseil möglichst rasch auf- und niederbewegt, wobei das Ventil sich abwechselnd öffnet und schließt und dadurch der Cylinder sich mit Sand füllt. Beim Aufwuchten des Bohrers kann man an der ausgehobenen Erde die Zusammensetzung des Bodens in verschiedenen Tiefen sicher erkennen, wenn der Wasserandrang nicht zu heftig ist. Im letzteren Falle kommt dann häufig das Bohren unter Anwendung von Futterröhren zur Anwendung. Ist nämlich der Wasserandrang so stark, daß der Sand dadurch aufgelockert wird, so sinkt das flüssige Material unaufhörlich nach und verschüttet das Bohrloch, sobald der Ventilbohrer hochgezogen wird, ja der geförderte Boden kann dabei so aufgelockert werden, daß die konsistente und tragfähige Sandschicht ähnlich dem Triebsand erscheint und zu unnötiger Vertiefung des Bohrloches anregt. In diesem Falle leisten die Futterröhren vorzügliche Dienste, indem sie die Wandungen des Bohrloches fest erhalten. Ihr Durchmesser wechselt zwischen 0,1 und 0,15 m, wenn es sich um bloße Bodenuntersuchungen handelt; für tiefere Bohrlöcher macht man sie erheblich weiter. — In dem Sinne, wie der Bohrer tiefer dringt, müssen dann die Röhren nachgetrieben und zu dem Ende so eingerichtet werden, daß man neue Stücke aufpfropfen kann. Gewöhnlich werden die einzelnen, aus Eisenblech von 3 bis 4 mm Wandstärke hergerichteten, 1,2 m langen Röhrenstücke durch mit Gewinde versehene äußere Muffen verschraubt; seltener bestehen sie aus Gußeisen oder Holz. Sie dürfen im Innern keinerlei Vorsprünge haben und erhalten im untersten Teil eine ringförmige Verstärkung, damit sie den Widerstand des Bodens leichter überwinden. — Das Eintreiben der Röhren geschieht bei geringen Tiefen durch Drehen mittels umgelegter Zwingen, bei größerer Tiefe durch Einrammen, wobei besondere Holzklötze untergelegt werden. Die Weite des Futterrohres wird dabei mindestens 4 cm größer genommen, als der Durchmesser des Sandbohrers.

Diese Methode, im Schwemmsand zu bohren, ist noch mit einem Nachteil behaftet, indem die im Bohrloch hochgetriebenen Sandteile das Gestänge verklemmen und die Arbeit derartig hindern, daß der Ventilbohrer seine Dienste vollständig versagt. Um solche Übelstände zu vermeiden, hat Jensen nach einer schon früher von Fouvelle für Felsbohrungen angewandten Methode Druckwasser verwendet, d. h. in das Futterrohr ein engeres Druckrohr eingeschoben, durch welches mittels einer Druckpumpe ein Wasserstrahl unter starkem Druck auf den sandigen Grund unterhalb des Futterrohres geleitet ist. Hierbei lockert das eingetriebene Wasser die Bodenteile auf der Sohle des Bohrloches auf und treibt den Sand in dem ringförmigen Raume zwischen dem Gestänge und der Futterröhre rapid zu Tage, wobei die Bohrung sichtlich vorschreitet.[1]) Es wird übrigens auch zum Eintreiben von Pfählen und Spundwänden Druckwasser verwendet.

Die Ingenieure Chauvit und Catelineau haben durch Versuche auch die Geschwindigkeit festzustellen versucht, mit welcher der Wasserstrom eindringen mußte, um

1) Vergl. die Mitteilungen von Hübbe über „Bohrungen an der Elbe“ unter Anwendung von Druckwasser in: Deutsche Bauzeitung 1873, S. 92.

Bodenteile von verschiedenem Korn zu heben. Es hob hiernach ein Wasserstrom von:

0,1 m	Geschwindigkeit	feinen Sand,
0,2 m	„	groben Sand,
0,5 m	„	Grand von 2 cm Korn,
1,0 m	„	kleine Kiesel.

ad c) Zum Bohren in Felsboden bedient man sich der sogenannten Meißelbohrer, die mit einem festen Gestänge oder an Seilen gehoben werden und beim Niederfallen das Gestein zertrümmern. Hierbei wird der Bohrer nach jedem Schlage etwas gedreht, um immer neue Stellen des Gesteines zu treffen. Der Bohrmeißel (Fig. 13) besteht, wenigstens im unteren Teil, aus Stahl und wird gehärtet, nach unten schlank ausgeschmiedet und mit einer „Schneide“ — deren Flächen etwa unter 45° zusammenlaufen — versehen. Die Schneide ist nicht gerade, sondern schwach gekrümmt hergestellt; auch soll sie beim Schärfen

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 16.

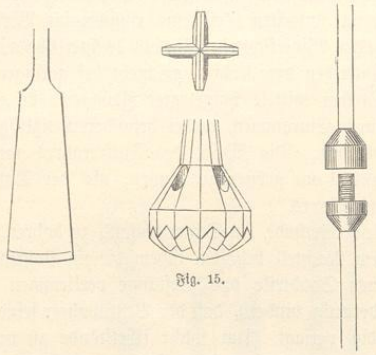


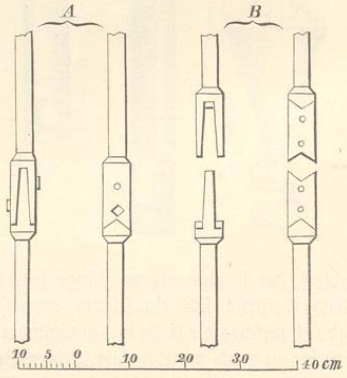
Fig. 15.

immer wieder zu ihrer vollen Länge ausgeschmiedet werden, damit sich das Bohrloch nach unten nicht verengt. Um die Arbeit zu fördern und den Bohrer zu schonen, gießt man Wasser in das Bohrloch, wenn solches nicht in Form von Grundwasser vorhanden ist. Der Bohrschlamm muß ab und zu durch einen Löffelbohrer entfernt werden. — Neben dem einfachen Meißelbohrer kommt noch der Kreuzbohrer (Fig. 14 im Grundriß) und der Kronenbohrer (Fig. 15) für die verschieden gearteten Steine zur Anwendung. Der letztere besteht aus mehreren sich kreuzenden Meißelschneiden und wird ebenfalls drehend in Funktion gesetzt.

Unebenheiten am Umfange des Bohrloches werden durch Flügelbohrer u. dergl. fortgenommen und diese — um sie bequem schärfen zu können — mit Keilen oder Schrauben an der Bohrstange befestigt.

Das schmiedeeiserne Bohrgestänge besteht — außer bei geringen Bohrtiefen — aus einzelnen Gliedern oder Mittelstücken von 3 bis 5 m Länge bei einer Stärke von 2,5 bis 3 cm im Quadrat, welche auf verschiedene Art miteinander verbunden werden können. In Fig. 16 ist das Ende des einen Gliedes mit einer Schraubenspindel, das andere mit einer Schraubenmutter versehen, und das Gestänge ist an der Verbindungsstelle verstärkt. Wenn man die aufeinander treffenden Flächen flach ansteigend abdreht und Sorge trägt, daß die Schraubenspindel den Grund der Schraubenmutter nicht ganz erreichen kann, so wird man die einzelnen Glieder fest miteinander verbinden können und die abgedrehten Flächen werden eine genaue Centrierung des Gestänges erwirken. Diese Verbindungsart ist zwar einfach und von der Art, daß ein längeres Gestänge nicht leicht schlottert, aber sie hat den Übelstand, daß man das letztere nur nach einer Seite drehen kann; auch rosten die Schraubenmuttern leicht ein, was ebenfalls als ein Nachteil bezeichnet werden muß. Man hat zu dem Ende die Verstärkungen der Schraubenspindeln sechseckig gemacht und ebensolche Muffen über die Verbindungsstelle geschoben, um das Drehen der Schrauben zu verhüten; aber diese Muffen können nur bei ganz bestimmter Stellung der Gestängeglieder übergeschoben werden, und daher wird nach einigem Gebrauch das Gestänge schlottrig. Wenn man also ein Gestänge haben will, welches sich vor- und rückwärts drehen läßt, so wendet man die in Fig. 17 unter A und B gezeichnete

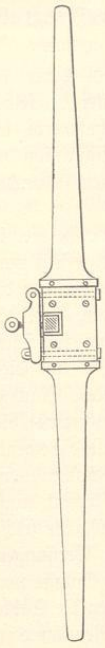
Fig. 17.



Verbindung an. Hier ist das eine Ende des Gestänges mit einer Gabel versehen, welche das folgende Stück umfaßt, und mit diesem durch zwei Schraubenbolzen verbunden. Die Muttern sind auf entgegengesetzten Seiten der Gabel einzulassen, damit die Lösung schneller, durch zwei Mann, bewirkt werden kann.

Bei Anfertigung des Gestänges ist die größte Genauigkeit zu beobachten, damit die einzelnen Glieder desselben

Fig. 18.



in jeder Reihenfolge aneinander passen, im anderen Falle entsteht beim Zusammensetzen ein großer Zeitverlust. — Der Querschnitt des Gestänges ist am besten ein Quadrat, dessen Seitenabmessung (für Bodenuntersuchungen) 2,5 cm und bis zu einer Länge von 30 m 3 cm betragen kann.

Zum Drehen des Bohrers kann zwar, wie in Fig. 2, das obere Ende mit Öhr zur Aufnahme des Durchsteckstockes versehen sein, bei größeren Längen muß dasselbe jedoch mit einem Windeseil gehoben und gesenkt werden können, und zum Drehen bedient man sich alsdann eines Hebels von Holz (Fig. 18) oder von Eisen (Fig. 19[a]), mit dem es möglich ist, das Bohrgestänge in jeder Höhe zu fassen. Muß hierbei größere Gewalt angewendet werden, so kann man sich auch eines langen Schlüssels (Fig. 19[b]) bedienen, der gleichzeitig zum Lösen und Verbinden der Gestängeglieder benutzt werden kann.

Wenn es auch bei den Bohrlöchern, welche man zur Untersuchung des Baugrundes bohrt, nicht durchaus notwendig ist, dieselben genau vertikal abzuteufen, so erleichtert eine solche Stellung des Bohrers die Arbeit doch ungemein,

Fig. 19a.

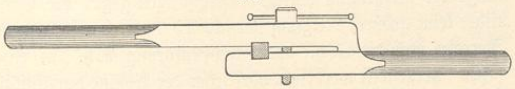
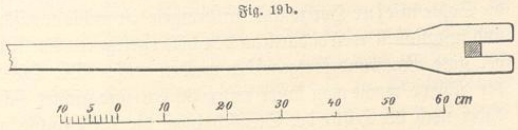
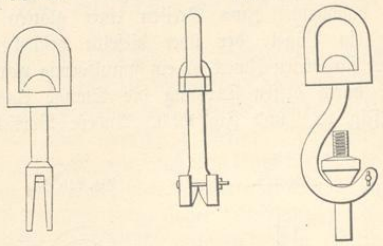


Fig. 19b.



und deshalb ist es (wenigstens bei einiger Tiefe) vorteilhaft, das Gestänge auch während des Bohrens durch ein Hängezeug zu halten, damit dasselbe durch seine eigene Schwere in der vertikalen Richtung erhalten wird. Man bedient sich daher zuweilen besonderer Kopfstücke (Fig. 20[a] und 20[b]), welche oben mit einem Wirbel, unten aber mit einer solchen Vorrichtung versehen sind, daß sie auf jedes obere Ende eines Gestängegliedes befestigt werden können. Besonders brauchbar sind diese Kopfstücke, wenn man in Stein bohren will, wobei der Bohrer nicht gedreht wird, sondern mit demselben gestoßen werden muß. Das in Fig. 20[b] gezeichnete Kopfstück bildet einen Haken, dessen Doppelarme einen solchen Raum zwischen sich lassen, daß wohl der mittlere Teil eines Gestängegliedes Platz findet,

Fig. 20a. Fig. 20b.

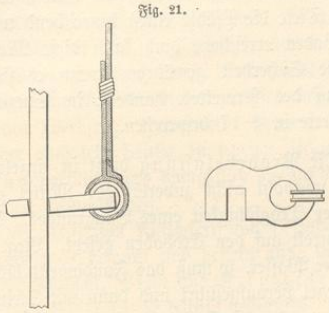


nicht aber die an den Enden desselben angebrachte Verstärkung. Während des Bohrens werden die beiden Enden des Hakens noch durch einen kleinen Bolzen verbunden, um das Gestänge desto sicherer fassen zu können. Der Haken ist oben mit einem Wirbel versehen und so geformt, daß das gefaßte Stück in seine Schwerachse fällt, damit nirgends ein Klemmen oder Biegen veranlaßt wird.

Der in Fig. 21 gezeichnete einfache Haken ist sehr brauchbar, weil er das Gestänge an jeder beliebigen Stelle faßt und festhält, was besonders beim Herausnehmen oder Hinablassen langer Gestänge von großem Vorteil ist.

Daß beim Absenken tiefer Bohrlöcher größere Gerüste nötig sind, an welchen das Gestänge hängt, versteht sich

Fig. 21.



von selbst. Bei solchen Bohrungen aber, wie sie bei Untersuchungen des Baugrundes nötig werden, wird man häufig ohne alle Rüstungen auskommen können, oder man bedient sich eines einfachen, aus drei Hölzern verbundenen Bockes, wie ihn die Brunnenmacher gebrauchen. Derselbe trägt an seiner Spitze, wo sich die drei Hölzer (Stangen) um einen Bolzen drehbar vereinigen, eine feste Rolle, über welche ein Tau geht, das, um einen der Rüstbäume geschlungen, am anderen Ende das Bohrgestänge trägt.

Entsteht während des Bohrens ein Bruch des Gestänges, so bedient man sich zum Herausschaffen des abgebrochenen Teiles sogenannter Fanginstrumente, welche man am oberen Teil des Gestänges befestigt und mit diesem handhabt. Zum Greifen einer glatten Stange genügt ein Bügel, der über dieselbe geschoben wird. Sicherer für diesen Zweck ist ein spiralförmig gewundener Haken, durch dessen Drehung die Stange eingeklemmt wird (Fig. 22a und Fig. 22b). Andere Vorrichtungen,

Fig. 22a.



Fig. 22b.



welche bestimmt sind, das Gestänge zu fassen oder Futterröhren herauszuziehen, als da sind der sogenannte Krätger, die dreiarmige Gabel u. s. w., können hier unerörtert bleiben; wir verweisen zu diesem Zwecke auf das „Handbuch der Wasserbaukunst" von Hagen und das „Handbuch der Ingenieurwissenschaften" von Heusinger v. Waldegg, I. Bd., 2. Hälfte.[1])

IV. Das Einrammen von Probepfählen zum Zweck der Untersuchung des Baugrundes kommt dann in Gebrauch, wenn eine Gründung auf Pfählen beabsichtigt ist. Man kann dadurch die Gewißheit erlangen, in welcher Tiefe die Pfähle einen hinreichend widerstandsfähigen Boden erreichen, doch kann diese Methode nur annähernde Sicherheit gewähren, wenn es sich um die Feststellung des Projektes handelt; im Speziellen wird diese Materie in § 17 besprochen.

V. Die Probebelastung dient in einzelnen Fällen als ein, wiewohl nicht zuverlässiges Mittel zur Untersuchung der Tragfähigkeit eines Baugrundes. Dabei wird die Last direkt auf den Erdboden gesetzt. Liegt der Baugrund unter Wasser, so muß das Fundament bis über den Wasserspiegel heraufgeführt und dann mit Steinen, Eisenbahnschienen oder sonstwie provisorisch belastet werden. Diese Probebelastung, welche immer größer sein soll als die definitive Last, läßt man wenigstens einen Winter hindurch auf der betreffenden Stelle ruhen und beobachtet möglichst genau die in dieser Zeit etwa entstandenen Senkungen, aus deren Größe weitere Schlüsse in Bezug auf die Brauchbarkeit des Baugrundes gezogen werden können.

1) Auch „Handbuch der Fundierungsmethoden" von Ludwig Klasen. Leipzig 1895.

Die Herstellung und Trockenlegung der Baugrube.

§ 4.

Die Tiefe der Baugrube ist allemal durch die Sohlenlage des Fundamentes und der unter demselben etwa angebrachten Zwischenlagen und Schutzwerke bestimmt, während ihr Umfang durch die Konfiguration der Fundamente, ihre Fundierungsart und etwaigen sichernden Umschließungen gegeben ist.

Bei der Ausführung von Hochbauten, welche hier in erster Linie in Betracht gezogen werden sollen, pflegt man nach erfolgter Absteckung des Gebäudes entweder nur die sogenannten Fundamentgräben auszuheben, d. h. der Grund wird nach der Gestalt dieser Mauern bis zur Tiefe des tragfähigen Bodens ausgeschachtet, oder — und dies ist der häufigere Fall — es werden auch solche Räume, welche innerhalb des Terrains liegen (die Souterrains) bis zur nötigen Tiefe ausgegraben und danach erst die eigentlichen Fundamentgräben. Die Sohle der Gräben, auf welche das Mauerwerk unmittelbar zu stehen kommt, muß immer wagrecht angelegt werden, sofern die Mauer selbst vertikal steht, oder die in derselben wirksamen Pressungen eine vertikal gerichtete Resultante haben. Bei Anlage von Gewölben und Futtermauern ist es jedoch besser, die Sohle des Mauerwerkes normal gegen die erwähnte Resultante zu richten, weil alsdann kein Bestreben vorhanden ist, das Mauerwerk auf seiner Grundlage zu verschieben. Im Hochbau kommt dieser Fall selten vor, und man kann nach Hagen die Grundfläche unbedenklich horizontal legen, solange die Resultante sämtlicher Pressungen gegen die Vertikale keine größere Neigung hat als 15°. Bei abfallendem Terrain muß die Sohle daher treppenförmig, d. h. „in Absätzen" hergestellt werden, wobei jeder der Absätze horizontal zu liegen kommt. Ein weiteres Abgraben zu dem Zweck, die Sohle in eine Horizontale zu bringen, ist unökonomisch und unrationell, weil dadurch an den höher gelegenen Stellen der gute Baugrund fortgegraben werden muß. Die Höhe der Absätze macht man kaum unter 30 cm und richtet sich dabei nach der Höhe der Steinschichten, die bei Bruchstein nicht wohl niedriger herzustellen sind.

In Bezug auf die Ausdehnung der Baugrube ist noch zu bemerken, daß man dieselbe des bequemeren Arbeitens halber gern in Länge und Breite etwas größer anlegt, als die auszuführenden Fundamente. Bei schwierigen Fundierungen (auf Brunnen, Senkkästen, Beton) wird dagegen die Baugrube nur auf den zum Tragen der Fundamente erforderlichen Raum eingeschränkt. Im übrigen wird das weitere Verfahren wesentlich durch die Beschaffenheit des Baugrundes beeinflußt.

Fels- oder Steingrund. Die Fundamentsohle darf nur bei Felsarten, welche keiner Verwitterung unter-

liegen, direkt auf der Bodenfläche begonnen werden; hier hat man nur nötig, die oberste Felslage abzuräumen und die Bausohle lagerhaft, also wagrecht, vorzurichten. Bei Bauten am Bergabhange ist diese Sohle mindestens in einzelnen Absätzen wagrecht herzustellen und die Absätze sind durch vertikale Flächen zu verbinden. Widersteht der Fels der Verwitterung nicht, so ist das Fundament vertieft in den Felsen zu legen. Klüfte und Vertiefungen in der Oberfläche des Gesteines werden mit Mauerwerk ausgefüllt oder überwölbt; hierbei muß häufig die Kluft erweitert und mit centrischen Widerlagsflächen versehen werden.

Während im festen Gestein die Seitenwände der Baugrube senkrecht stehen bleiben dürfen, müssen alle anderen Bodenarten unter einem bestimmten Winkel geneigt angelegt werden, denn obwohl fester Thon und Lehm auch zeitweise senkrecht stehen bleiben, ist doch gerade der Thonboden von allen der gefährlichste, weil solche Thonwände unter dem Einfluß von Luft und Sonnenwärme bald Sprünge und Risse erhalten, wodurch sich größere Erdstücke lösen und beim Herabstürzen die Baugrube verschütten. Ein magerer Lehmboden, der mit Steinen und Sand gleichmäßig vermischt ist, gewährt in dieser Hinsicht größere Sicherheit und verlangt die geringste Böschung. Man muß daher bei der Anlage der Baugrube gleich auf die notwendige Böschung Rücksicht nehmen und ihre Flächenausdehnung um dies Maß größer nehmen. Auch richtet sich hiernach die Entfernung der Pfähle des Schnurgerüstes von der Fluchtlinie des Gebäudes, denn begreiflicherweise müssen diese außerhalb der Dossierung zu stehen kommen. Wenn man es nicht gerade mit ganz losem Sande zu thun hat, so wird man in der Regel mit einem Winkel der Böschung von 60° gegen den Horizont auskommen. Sand und Erde böschen sich freilich, frei aufgeschüttet, etwa unter 45° oder 40° ab, doch genügt für eine zusammenhängende gewachsene Erdwand erfahrungsmäßig (und für kürzere Zeit) ein geringerer Böschungswinkel. Diese Erwägungen sind vor Eröffnung der Baugrube nötig, damit man im stande ist, die Größe derselben zu bestimmen und den Kubikinhalt der auszugrabenen Masse zu berechnen. Auch ergeben sich immer größere Unbequemlichkeiten, wenn man die Dossierungen anfänglich zu klein angenommen hat.

Bei tiefen Baugruben pflegt man sogenannte Bänke (Banquets) anzuordnen, d. h. die Böschungen mit Absätzen zu versehen. Dieselben gewähren Vorteile beim Transport der ausgegrabenen Erde und als Lagerplätze für Baumaterialen. Zu diesem Zwecke sollten die Bänke nicht unter 40 bis 50 cm Breite haben, und wenn die ausgegrabene Erde mittels Schaufeln von einer Bank zur anderen geworfen werden soll, so darf die senkrechte Höhe der Bänke übereinander höchstens 1,8 bis 2 m betragen. Dauert ein Grundbau lange, so daß die Böschungen der Baugrube den Winterfrösten, den Frühjahrs- und Herbstregen u. s. w. ausgesetzt sind, so muß man dieselben durch Einzäunungen, Faschinen, Bretter- oder Strohbelege noch mehr zu sichern suchen, je nachdem die obwaltenden Umstände und besonders die vorhandene Lokalität das eine oder andere dieser Mittel ratsam machen.

Hindert die Lokalität die Anlage von Böschungen, stehen z. B. benachbarte Gebäude zu nahe oder führt eine Straße zu nahe vorbei, so müssen die Wände der Baugrube abgesteift oder verschalt werden. Das gewöhnliche Verfahren besteht darin, daß man längs der Wände Pfähle einschlagt und hinter diese Bretter oder Bohlen schiebt, an denen die Erde eine Stütze findet. Die Bretter u. s. w. müssen immer hinter einem Pfahle gestoßen werden. Hiernach und nach der Stärke der Bretter richtet sich die Entfernung der Pfähle, ihre Stärke aber und die Tiefe, bis zu welcher sie eingetrieben werden müssen, hängt von der Größe des Erddruckes ab. Sind nur Fundamentgräben auszuheben, so daß die gegenüberstehenden Wände der Baugrube nicht weit voneinander entfernt sind, so kann man durch querüber angebrachte Steifen, hinter welche man Brettstücke legt, oft ohne große Mühe und Kosten die nötigen Verschalungen herstellen.

§ 5.

Die eigentliche Erdarbeit besteht in dem Auflockern und Fortschaffen der Erdmassen. Bei kleineren Arbeiten wird sehr oft das Ganze einem Unternehmer in Akkord gegeben, wobei man den Preis für die Kubikeinheit der ausgegrabenen Erde und den Zeitpunkt, bis zu welchem die Arbeit vollendet sein muß, festsetzt, und alsdann liegt es allerdings weniger im Interesse des Baumeisters, ob der Unternehmer seine Arbeitskräfte angemessen anstellt und die zweckmäßigen Werkzeuge verwendet. Größere Erdarbeiten werden aber auch sehr häufig in eigener Regie der Bauverwaltung ausgeführt, und namentlich hierauf beziehen sich die folgenden Bemerkungen.

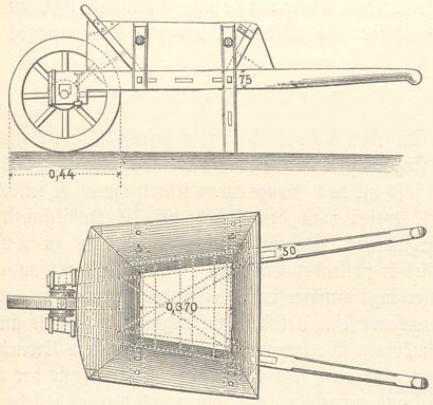
Das Werkzeug zum Auflockern und Verladen der Erde ist im allgemeinen bekannt und besteht aus: Grabscheit (Spaten), Schaufel, Picke und Kreuzpicke, auch das Heb- oder Brecheisen wird häufig gebraucht. Das erstere Handwerkszeug haben die Arbeiter häufig selbst und bringen es mit auf die Baustelle, in welchem Falle sie dann einen etwas höheren Tagelohn bekommen, als wenn ihnen das Werkzeug geliefert wird. Letzteres ist indessen meistens vorzuziehen, denn nicht nur, daß die Arbeiter gewöhnlich mangelhafte Geräte mitbringen, mit denen sie nicht gehörig arbeiten können, sie schonen dieselben auch über die Gebühr, weil jede Abnutzung ihr Schaden ist. Läßt man das Werkzeug auf Kosten der Baukasse anfertigen, so hat man besonders bei den Picken und Hauen, welche immer als Hebel

wirken, auf eine starke Konstruktion zu sehen, wozu namentlich gehört, daß diese Instrumente am Öhr eine hinreichende Eisenstärke bekommen, auch darf das Öhr selbst nicht zu kurz, sondern muß immer gegen 7 bis 8 cm lang und mit einem gehörig starken Nacken versehen sein. Eine ordentliche Picke ist von der Spitze bis zum Öhr 30 bis 40 cm lang.

Zum Transport der aufgehauenen Erde dienen Schiebkarren und Handkippkarren, und bei beschränkten Baugruben, wie solche im Hochbau zuweilen vorkommen, ist auch die Tragebutte — namentlich im Württembergischen — ein landesübliches Transportmittel. In Norddeutschland ist dagegen die Schiebe- oder Kumptkarre, und zwar für Transportweiten bis zu 80 und 100 m, durchgängig im Gebrauch.

In Fig. 23 ist eine solche Schiebkarre, nach der in Norddeutschland gebräuchlichen (der englischen ähnlichen) Konstruktion, in Grundriß und Ansicht dargestellt. Diese

Fig. 23.

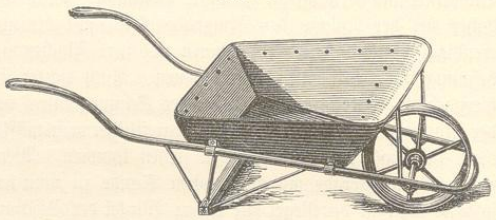


Form, mit ihrem nach oben sich stark erweiternden, pyramidalen Kasten erleichtert das Ausstürzen des geladenen Bodens. Die fortbewegte Last wird hier zum Teil durch das Rad unterstützt, zum Teil mittels der Karrbäume vom Arbeiter getragen. Da nun das Tragen eine größere Arbeitsleistung verlangt als das Schieben, so muß der Schwerpunkt der Last zweckmäßig so nahe der Radachse gebracht werden, als es eben die Manipulation des Be- und Entladens gestattet. Zur Verminderung der Reibung empfiehlt es sich, das Rad möglichst groß zu nehmen, doch ist eine Grenze dadurch gezogen, daß das Umkippen der Karre nicht erschwert werden darf. Die Schwerlinie des beladenen Karrens liegt etwa auf $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Distanz zwischen der Radachse und den Handgriffen der Karrbäume. Diese Karren fassen $^1/_{14}$ bis $^1/_{15}$ cbm lose Erde; unter Berücksichtigung der Auflockerung wird man im Durchschnitt 15 bis 16 Karrenladungen auf 1 cbm gewachsenen Stichboden rechnen können.

Das Holz der Karre muß trocken und zähe sein. Zum Gestell nimmt man Esche- oder Eiche-, zum Kasten Pappel- oder Kiefer-, zur Nabe des Rades Eichenholz; zum Radkranze eignet sich Eschen-, zu den Sprossen Buchenholz. Die Füße des Gestelles werden unter sich und mit den Karrbäumen durch eiserne Bänder verbunden. Die Achsen aus 2 cm starkem Rundeisen stecken fest in der Nabe des Rades und drehen sich mit dieser in den Zapfenlagern, welche am einfachsten aus ein paar Klötzchen harten Weißbuchenholzes hergestellt und mit Schraubenbolzen unter den Karrbäumen befestigt werden. Sind diese ausgelaufen, so kann man sie leicht durch neue ersetzen. Der schmiedeeiserne Beschlag einschließlich der Achse kann zu 8 bis 9 kg angenommen werden, und die Kosten einer vollständigen Schiebkarre stellen sich auf 10 Mark.

In neuerer Zeit sind wegen ihrer großen Haltbarkeit auch eiserne Karren im Gebrauch. Fig. 24 zeigt ein

Fig. 24.



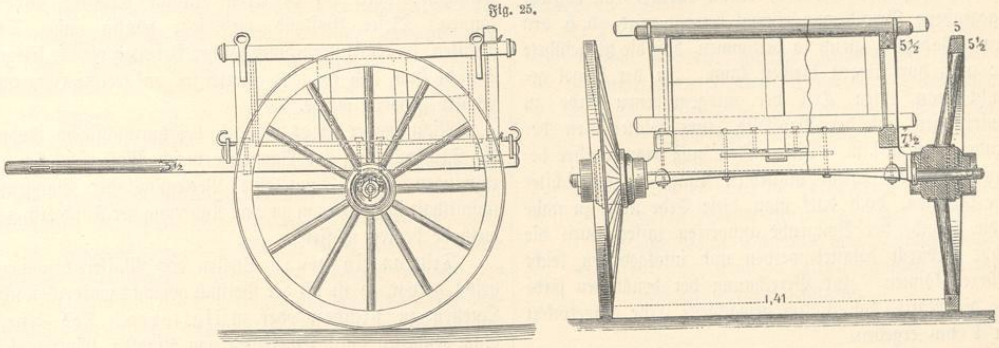
Muster dieser Art nach amerikanischem System; das Gestell ist aus schmiedeeisernem Gasrohr gebogen und darauf der Kasten von starkem Eisenblech festgenietet. Dies Gestell umschließt das Rad mit schmiedeeisernem Radkranze; in die gußeiserne Nabe sind Achse und Speichen, sämtlich von Schmiedeeisen, mit eingegossen und die Achslager an dem Gestell mit Schrauben befestigt. Eine solche Karre faßt ungefähr 0,077 cbm, wiegt 33 kg und kostet 25 Mark.

Die Karrbahnen für die Karren werden von 5 cm starken, 21 bis 24 cm breiten Dielen möglichst lang hergerichtet, um die Stöße zu vermeiden. Als dazu geeignet ist das Holz der Eiche und Buche zu empfehlen; trotzdem wird vielfach auch Kiefernholz (wegen des geringeren Preises) hierzu genommen.

Obwohl der Handkarrentransport unter Umständen noch bis zu einer Weite von 80 und 100 m vorteilhaft sein kann, pflegt man doch schon bei geringeren Distanzen zu einer vollkommeneren Art des Transportes zu schreiten, nämlich zum Transport mit zweirädrigen Handkipp-

karren. In Fig. 25 ist die Konstruktion einer häufiger vorkommenden Handkippkarre dargestellt. Dieselbe faßt $^1/_3$ bis $^1/_2$ cbm Boden und wird von zwei Arbeitern mit 1 m Geschwindigkeit fortgezogen, wobei die Bahn bis

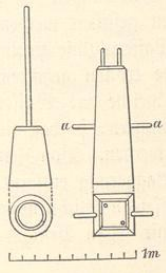
Fig. 25.



1 Proz. steigen kann; bei größerer Steigung ist noch ein dritter Arbeiter zum Stoßen nötig. — Die Länge des Kastens muß kurz bemessen sein, damit man ihm zum Zweck des Entladens eine Neigung von 45° geben kann; die Hinterwand ist deshalb zum Herausnehmen eingerichtet. Man rechnet überschläglich auf 1 cbm gewachsenen Stichboden 3 Ladungen, bei Felsboden 3,5 Ladungen. Die Fahrbahn besteht aus 8 bis 13 cm starken Bohlen, welche bis zu ihrer Oberfläche in den Boden eingebettet und durch untergelegte Querhölzer gesichert werden. — Der Preis der kompletten Kippkarre nebst Beschlag ist 80 bis 100 Mark. Für größere Transportweiten werden zweckmäßig Pferdekippkarren angewendet, deren Beschreibung, da sie beim Hochbau selten Verwendung finden, hier unterbleiben soll.

Da nicht selten der Fall vorkommt, daß auch Auffüllungen von der ausgegrabenen Erde hergestellt werden müssen, wobei man in der Regel deren baldigste Komprimierung wünscht, so wollen wir hier noch eines Gerätes gedenken, das außerdem noch mancher Anwendung fähig ist, wir meinen den Stampfer (Fig. 26). Die Wirksamkeit desselben steht mit den aufgewendeten Kosten selten im richtigen Verhältnis, weil er nicht mit der gehörigen Kraft gehandhabt wird. Will man eine Erdauffüllung überhaupt durch Stampfen komprimieren, so muß man sich daher der Handramme (Fig. 27) bedienen, die ein Gewicht von 8 bis 10 kg hat. Die Arbeit mit derselben gehört allerdings zu den anstrengenden, aber sie ist auch von einiger Wirkung.

Fig. 26. Fig. 27.



So wie man nur zweckmäßig gestaltete Werkzeuge und Geräte anwenden sollte, ebenso müssen auch die vorhandenen Arbeitskräfte zweckmäßig verwendet werden. Die stärksten Arbeiter stellt man daher zum Aufhauen der festen Erde an, die schwächsten werden am besten mit dem Beladen der Schiebkarren beschäftigt.

Die Zahl der anzustellenden Arbeiter, namentlich das Verhältnis der Aufhauer zu den Aufladern und Karrenschiebern, hängt von den jedesmaligen Umständen ab, besonders wird die Beschaffenheit des Bodens und die Entfernung des Transportes maßgebend sein, so daß sich spezielle Regeln nicht wohl geben lassen. Verwittertes, zerklüftetes und rolliges Gestein erfordert viele Mühe; am wenigsten jede schon früher aufgelockerte Garten- und Ackererde. Mehr Arbeit verursacht dagegen grober, kiesiger oder stehender Sand; noch mehr Quellsand, dann Lehm, Thon. Zwei Arbeiter, welche in 1,5 bis 2 m Abstand an einer geraden Wand arbeiten, hindern einander nicht, wohl aber, wenn sie in einem Viereck angestellt sind, weil sie, dieses immer verkleinernd, einander entgegenarbeiten.

Nur bei größeren Ausgrabungen, wie sie freilich selten bei Hochbauten vorkommen, bildet man unter den Arbeitern sogenannte Schachte unter einem Schachtmeister, wodurch die Aufsicht erleichtert wird. Der Schachtmeister ist übrigens Arbeiter wie die anderen, nur führt er für seinen Schacht allein das Wort, erhält die Arbeit zugeteilt und verteilt den vom Schachte erarbeiteten Verdienst. Diese Leute haben in der Regel großen Einfluß auf ihre Kameraden, und man muß daher bei der Auswahl derselben die größte Vorsicht anwenden.

Ist die ausgegrabene Erde nicht weiter als etwa 5 bis 6 m zu transportieren, so wird dieselbe mit ein oder zwei Würfen mit der Schaufel geworfen. Ist die Entfernung aber größer, so wendet man die Schiebkarre an. Bei weiterem Transporte ist es vorteilhaft, die Arbeit so einzurichten, daß ein Arbeiter eine Karre nur immer 30 m weit führt und dann die leere Karre seines Ablösemannes

nach der Ladestelle mit zurücknimmt. Eine solche Länge, die bei Steigungen von 5 Proz. etwa nur 25 m betragen darf, nennt man wohl einen „Wechsel“.

Um die Erdarbeiten so wohlfeil als möglich einzurichten, muß man besonders darauf bedacht sein, daß der ausgegrabene Grund nur einmal bewegt wird, d. h. den ersten Abladeplatz gleich so bestimmen, daß die hingeführte Erde auch dort liegen bleiben kann. In der Regel gebraucht man einen Teil der ausgegrabenen Erde zu Planierungen auf der Baustelle, zum Hinterfüllen der Grundmauern u. s. w. Diesen Teil muß man vorher berechnen und an einem bequemen Platze in möglichster Nähe behalten, doch darf man diese Erde nicht zu nahe an die Wände der Baugrube aufwerfen lassen, weil die Wände dadurch belastet werden und infolgedessen leicht einstürzen können. Zur Berechnung der benötigten Erde diene die Notiz, daß 3 cbm gewachsene Erde aufgelockert etwa 4 cbm ergeben.

§ 6.

Mit dem Ausheben und Fortführen des Bodens ist aber die Baugrube sehr oft noch nicht so hergestellt, daß man mit der Fundierung beginnen kann, sondern sie muß in manchen Fällen noch von hindernden Gegenständen und namentlich vom Wasser befreit werden. Diese letzteren Arbeiten gehören nun zwar recht eigentlich in das Gebiet des Wasser- und Brückenbaues, doch kommt das Wasserschöpfen so oft auch bei Hochbauten vor, daß wir wenigstens das einfachere Verfahren dabei hier besprechen müssen.

Das Ausschöpfen tiefer Baugruben ist oft mit so großen Schwierigkeiten verbunden, daß es vor allen Dingen zu überlegen bleibt, ob man nicht lieber eine Fundierungsart wählen will, bei welcher das Wasserschöpfen entbehrlich wird. Hierbei kommt auch der Umstand in Betracht, daß ein an sich guter Baugrund durch ein kräftiges Wasserschöpfen geradezu unbrauchbar gemacht werden kann, indem durch das Senken des Wasserspiegels in der Baugrube das Gleichgewicht zwischen diesem und den benachbarten Wasserbassins so sehr gestört wird, daß in dem Baugrunde Quellen hervorgerufen werden, welche denselben auflockern. Ein solcher Fall kann um so leichter eintreten, wenn die Umgebungen des Baugrundes aus undichten und durchlässigen Schichten bestehen. Will man indessen unter solchen Umständen die Baugrube dennoch trocken legen, so wird man hierzu den Zeitpunkt benutzen müssen, wo die Wasserspiegel der benachbarten Bassins am niedrigsten stehen, wenn sie überhaupt periodischen Senkungen unterworfen sind.

Der Effekt des Wasserschöpfens, d. h. die dabei geleistete Arbeit, läßt sich als das Produkt aus der gehobenen Wassermenge in die Höhe, bis zu welcher es gehoben wird, und in die Zeit, in welcher dieses geschieht, ausdrücken. Kann man daher einen dieser Faktoren, etwa die Hubhöhe auf die Hälfte verringern, so wird man in derselben Zeit eine doppelte Wassermenge mit derselben Maschine, oder mit derselben Anzahl Arbeiter fördern können. Dieser Umstand wird sehr häufig außer Acht gelassen, da die Unternehmer solcher Arbeiten oft der irrigen Ansicht sind, daß es ganz einerlei sei, auf welche Höhe das Wasser gehoben werde.

Nicht immer ist es möglich, bei durchlässigem Boden die Trockenlegung der Baugrube durch Wasserschöpfen zu erzwingen; wenn dann eine Verlegung der Baugrube unstatthaft ist, wird man an eine Änderung der Fundierungsmethode denken müssen.

Tritt an einzelnen Stellen das Wasser besonders heftig hervor, so ist oft der Versuch gemacht worden, solche Quellen zu dichten oder zu isolieren. Das erstere kann geschehen durch Eintreiben von Pfählen, Einstampfen von trockenem Thon oder von Beton und durch ähnliche Mittel, welche bei ruhigem Wasser zum Ziele führen. Wirksamer ist das Isolieren, Umschließen der Quellen mit einer dichten, unten offenen Wand von Holz (z. B. einem Faß) oder einer Brunnenröhre, welche man über einer solchen Quelle einrammt; in dieser Röhre wird sich dann der Wasserstand auf dem Niveau des äußeren Wassers halten, ohne sich in die Baugrube zu ergießen.

Sind Quellen in größerer Anzahl auf dem Boden der Baugrube vorhanden, so bleibt das sicherste, aber freilich auch umständlichste Mittel, dieselben zu verstopfen, die Anlage eines Grundfangedammes, d. h. eine Lage von Beton oder Thon, welche über die ganze Baugrube in hinreichend starker Schicht ausgebreitet wird; doch muß dem Beton hinlänglich Zeit zum Erhärten gelassen werden, ehe man mit dem Ausschöpfen des Wassers beginnt.

Zur leichten Beseitigung des in die Baugrube eindringenden Wassers wird zunächst ein sogenannter Sumpf angelegt, d. h. eine durch Ausgrabung oder Baggerung hergestellte Grube, und in diese Vertiefung, deren Wände durch gespundete Bohlen oder andere Bekleidungen — je nach Erfordern — vor dem Nachstürzen gesichert werden, leitet man das Wasser durch passende Wasserabzüge hinein. Dadurch wird die Sohle der Baugrube trocken gehalten, und alle gröberen Substanzen, durch welche das Wasser verunreinigt wird, können sich hier ablagern, so daß sie von den Schöpfmaschinen ferngehalten werden. Von Zeit zu Zeit werden diese Sinkstoffe durch Baggerung entfernt. Übrigens erfolgt die Entnahme des Wassers möglichst nahe der Oberfläche, wo es am wenigsten mit festen Bestandteilen verunreinigt ist.

Endlich ist darauf zu achten, daß das Wasser nicht höher gehoben wird, als es nach dem äußeren Gefälle

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durchaus erforderlich ist: die Schöpfmaschinen müssen daher so eingerichtet sein, daß sie mit verschiedener Hubhöhe arbeiten können. (Vorrichtungen dieser Art lassen sich besonders leicht bei den Pumpen anbringen.)

Rücksichtlich der Wahl der Schöpfmaschinen zur Trockenhaltung einer Baugrube kommen zunächst zwei Faktoren in Betracht, nämlich die Zeitdauer, während welcher dies zu geschehen hat, und die Größe der Leistung, d. h. das in der Zeiteinheit zu bewältigende Wasserquantum. Sind diese Faktoren annähernd bekannt, so wird zunächst zu entscheiden sein, ob elementare, ob Tier- oder Menschenkräfte anzuwenden sind. Die erstgenannten erfordern zwar geringe Betriebskosten, aber große Anlagekosten, und können daher erst bei einem größeren Umfange der Arbeiten in Betracht kommen, wo die Anlagekosten durch geringe laufende Ausgaben ausgeglichen werden, im Gegensatz zu der, hohe laufende Kosten verursachenden Arbeit der Menschen. — Durch die Fortschritte der Technik ist die Herstellung leicht zu bedienender Dampfmaschinen derartig ausgebildet worden, daß gegenwärtig die Anwendung der Menschenkraft zu rein mechanischer Arbeit immer seltener geworden ist, dagegen die Benutzung der unorganischen Naturkräfte mehr und mehr an Umfang gewinnt.

Trotzdem behält die Menschenkraft für obengenannte Zwecke entweder zu unmittelbarer Verwendung oder zur Bedienung der Schöpfmaschinen ihre große Bedeutung bei Fundierungsarbeiten von geringerem Umfang und vorübergehender Dauer selbst dann noch, wenn sie sich im Gegensatz zur Maschinenarbeit als unökonomisch erweist: denn sie erfordert keinerlei Vorbereitung, läßt sich auf dem beschränktesten Bauplatze verwerten, ist überall leicht zu haben und läßt sich bei plötzlich eintretendem Bedürfnis jederzeit leicht vermehren. Es werden daher auch der Anwendung der Menschenarbeit für die Zwecke der Trockenlegung der Baugrube einige kurze Betrachtungen zu widmen sein.

Die Anwendung tierischer Kraft bietet die zuletzt erwähnten Vorteile nicht, und die dazu erforderlichen Maschinen bilden für einfache Verhältnisse ein Hindernis für ihre Anwendung, so daß sie nur ausnahmsweise zur Verwendung kommt.

Wo bei beschränkter Baustelle der Raum zur Aufstellung von Maschinen nur schwer abgewonnen werden kann, da werden die vertikal stehenden Pumpen anderen Schöpfmaschinen gegenüber mancherlei Vorteile schon darum bieten, weil bei ihnen die Förderhöhe leicht durch Veränderung des oberen Ausflusses vermindert werden kann.

Bei der Auswahl von Schöpfmaschinen wird endlich — mit Rücksicht auf die unausbleiblichen Verunreinigungen des Wassers — die Konstruktion derselben so zu wählen sein, daß der Mechanismus möglichst einfach, leicht zugänglich und nur selten reparaturbedürftig ist.

Die im Grundbau angewandten Apparate zur Wasserhebung lassen sich nun im wesentlichen in die nachstehenden Kategorien bringen:

1) Das Wasser wird in Eimer oder Kästen gefüllt und gehoben; hierher gehören die Handeimer, Eimerketten (Norien), Eimerräder, Schöpfräder.
2) Das Wasser wird durch ausgeübte Stoßwirkung in die Höhe geworfen; hierher zählen die Wurfschaufel, Schwungschaufel.
3) Das Wasser wird in beweglichen Kanälen gehoben, so beim Schneckenrad, der Wasserschnecke (Archimedischen Schraube oder Tonnenmühle).
4) Das Wasser steigt in festen Kanälen oder Röhren auf und das Heben geschieht:
   entweder durch Schaufelwerke, Paternosterwerke;
   durch auf- und abwärts bewegte Kolben (Kolbenpumpen);
   durch rotierende Flügelwellen (Centrifugalpumpen, Kreiselpumpen);
   durch Wasser- und Dampfstrahlen (Wasserstrahlpumpen, Dampfstrahlpumpen).

Die Tendenz dieser Arbeit, welche den Schluß des IV. Bandes der Baukonstruktionslehre des Hochbaues bildet, wird es rechtfertigen, wenn nur die wichtigeren und zur Zeit im Hochbau gebräuchlicheren Arten der Wasserschöpfvorrichtungen besprochen werden.

§ 7.

Auf beschränkten Bauplätzen, in engen Straßen, oder wo geringfügige Wassermengen aus den Fundamentgruben zu heben sind, kann das Wasser oft unmittelbar durch Handeimer ausgeschöpft werden. Die Arbeiter bedürfen dazu zwar keiner besonderen Einübung; soll aber der Effekt ein günstiger sein, so ist als Regel zu beobachten: daß die Arbeiter nicht über dem auszuschöpfenden Wasser, sondern — etwa bis zur Kniehöhe — in demselben stehen, wobei der Wassereimer etwa 1 m über dem Wasserspiegel ausgegossen wird. Ist nämlich die Hubhöhe größer, so wird die Arbeit zu ermüdend; es müssen dann zwei Reihen Arbeiter übereinander aufgestellt werden, wodurch man bis zu 2 m Hubhöhe erreichen kann. Hierbei stellen die Arbeiter der unteren Reihe ihre gefüllten Eimer rechts neben die Arbeiter der oberen Reihe; diese entleeren sie und stellen sie links neben sich nieder, von wo sie der untere Arbeiter fortnimmt und wiederum füllt, u. s. f. Man verwendet hierzu lederne oder hanfene Feuereimer, weil diese leicht und gewöhnlich in genügender Zahl zu haben sind; jeder Eimer soll etwa 0,01 cbm fassen und auf jeden

Arbeiter ist ein Eimer zu rechnen. Die Arbeit geschieht mit stündlichen Pausen und werden bei Tage zwei, bei Tag- und Nachtarbeit drei Abwechselungen gerechnet. Jeder Arbeiter kann bei 1 m Hubhöhe 15mal in der Minute ausschütten, er fördert daher per Minute $15 \cdot 0{,}1 = 0{,}15$ cbm. Stehen zwei Reihen übereinander, so leeren zwei Arbeiter per Minute bei 2 m Hubhöhe 12 Eimer aus: das Förderquantum per Minute ist daher $12 \cdot 0{,}01 = 0{,}12$ cbm.

Bezeichnet hiernach M die Wassermenge und H die Hubhöhe, so findet man bei einer Reihe von Arbeitern deren Anzahl N aus der Gleichung:

$$1)\quad N = \frac{M \cdot H}{0{,}15}.$$

Bei zwei Reihen Arbeitern und doppelter Hubhöhe ist

$$2)\quad N = \frac{M \cdot H}{0{,}12};$$

der Effekt ad 1) verhält sich daher zu demjenigen ad 2) wie 15 : 12 oder wie 5 : 4.

Wenn hiernach die Wassermenge und die Hubhöhe gegeben sind, so findet man leicht die erforderliche Zahl der Arbeiter; dabei bleibt zu beachten, daß die Hubhöhe nur zwischen 1 und 2 m sich bewegen darf.

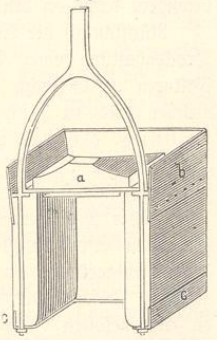
§ 8.

Außer den Handeimern kommen bei Hochbauten am meisten die Pumpen zur Trockenlegung der Baugrube zur Verwendung, denn ihre Anschaffungskosten sind sehr mäßige und man bedarf nur geringen Raumes zu ihrer Aufstellung. Sie sind zwar auch zur Zeit leihweise zu haben, indessen kommt bei abgelegenen Baustellen und auf dem Lande doch zuweilen der Fall vor, daß auf leihweise Beschaffung nicht zu rechnen ist und daß man sie daher vom Zimmermann oder Brunnenbauer besonders anfertigen lassen muß. In diesem Falle werden sie aus Holz quadratisch im Querschnitt von 5 bis 8 cm starken kiefernen Brettern oder Bohlen angefertigt. Innerhalb werden die Röhren glatt gehobelt, mit Feder und Nut verbunden und die Fugen „kalfatert", d. h. geteert und mit Werg verstopft. In Entfernungen von 1 m und am oberen und unteren Ende werden eiserne Zugbänder umgelegt, mittels deren die Röhre nach erfolgtem Austrocknen fest zusammengezogen werden kann.

Der Kolben dieser Pumpen wird aus einem Stück trockenen Elsenholz (allnus glutinosa) in den Wandungen 4 bis 6 cm stark ausgearbeitet und so groß hergestellt, daß zwischen Kolben und Stiefel höchstens 5 bis 7 mm Spielraum verbleiben. Oberhalb erhält derselbe einen schrägen Einschnitt, um die sogenannte Liderung (b) aus starkem Leder aufzunehmen (Fig. 28).

Das Ventil besteht aus einer in Öl getränkten Lederscheibe, auf welcher ein Holzdeckel a befestigt ist, der die lichte Kolbenöffnung 1,5 cm überdeckt; unterhalb der Lederscheibe wird eine dünne Metallplatte, welche geringere Abmessungen hat als die lichte Weite des Kolbens, mit eisernen Nägeln befestigt und dadurch auch mit dem Holzdeckel verbunden. Die Lederscheibe wird nur an einer Seite mit Kupfernägeln an den Kolbenstock festgenagelt, die übrigen drei Seiten liegen frei auf und lassen das Wasser hindurchtreten, sobald der Deckel gehoben wird. An der Unterkante wird der Kolbenstock mit einem eisernen Ringe umgeben, der bündig in den Stock eingelassen ist.

Fig. 28.

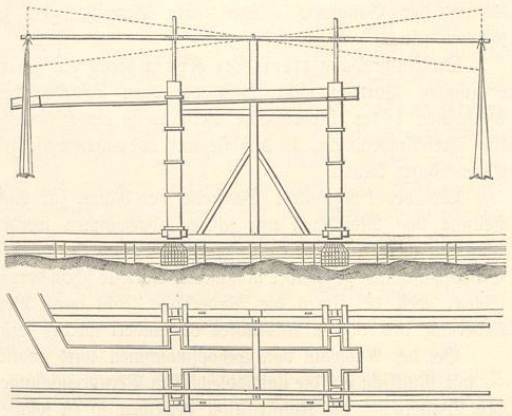


Die Kolbenstange ist unterhalb mit einer eisernen Gabel versehen, welche in Schraubenspindeln ausgeht; letztere reichen durch den ganzen Kolbenstock hindurch und werden an dem unteren Eisenringe durch Schraubenmuttern befestigt. Die Gabel ist derartig gebogen, daß sie die Bewegung des Ventiles nicht hindert.

Am unteren Ende des Pumpenstiefels wird stets ein Bodenventil angebracht, welches ähnlich wie das Kolbenventil gestaltet und durch Schrauben mit dem Pumpenstiefel fest verbunden ist.

Um das Eindringen von Unreinigkeiten in die Pumpe zu vermeiden, bringt man endlich zwischen dem Schwellgerüst, auf dem die Pumpe steht, dichte Gitter, sogenannte Saugkörbe (siehe Fig. 29) an.

Fig. 29.



Sollen diese Pumpen nun zur Entleerung der Baugrube Verwendung finden, so stellt man sie am besten paarweise auf und läßt die Mannschaft mittels Zugleinen an einem horizontalen Hebel wirken, wie Fig. 29 zeigt. Die Knebel an den Zugleinen hängen — bei Horizontalstellung des Hebels — 1,1 m über dem Boden, und kann jeder Arbeiter an seinem Knebel mit 20 kg wirken und per Minute 25 Züge machen. — Die Anordnung des Hebels ist so zu treffen, daß die Kolbengeschwindigkeit nicht über 75 cm und nicht unter 16 cm per Sekunde beträgt. — Daß die Pumpenröhren zur Verminderung der Reibung vertikal stehen müssen, ist einleuchtend.

Die Wassermenge, welche paarweise kombinierte Pumpen per Minute liefern, ist das Produkt der Höhe des Kolbenhubes in den Querschnitt des Stiefels und die Anzahl der Kolbenhübe per Minute; hiervon dürfen jedoch — wegen des unvermeidlichen Hubverlustes — nur $^5/_6$ in Rechnung gestellt werden. Bezeichnet daher wiederum:

M die Wassermenge der Pumpen per Minute
N die Anzahl der Arbeiter,
H die Förderhöhe und
B die Weite des quadratischen Pumpenstiefels,

dann ist nach Eitelwein

$$M \,.\, H = 2{,}2\ N\ \frac{B}{(5\ B + 1)}.$$

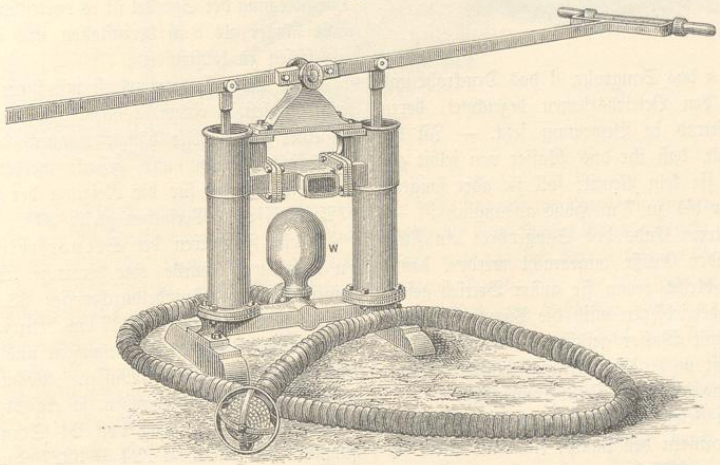
Nimmt man beispielsweise B = 0,23 m, so wird

$$M \,.\, H = 2{,}2\ .\ N\ \frac{0{,}23}{5\ .\ 0{,}23 + 1} = 0{,}24\ N;$$

diese Förderungsmethode ist daher vorteilhafter als die in § 7 besprochene „mittels Handeimern".

Vorteilhafter in der Konstruktion und außerordentlich bequem placierbar auf der Baustelle sind die „Handpumpen für Bauzwecke", auch Kanalpumpen genannt. Es sind gewöhnliche Kolbenpumpen mit eisernem Cylinder, welche zur Ausschöpfung der Baugrube meistens als transportable Doppelpumpen konstruiert werden, um die Anstellung einer größeren Anzahl von Arbeitern an derselben Pumpe zu gestatten (Fig. 30). Jeder der beiden Cylinder hat eine lichte Weite von 15 bis 16 cm und es liefern diese Pumpen bei einer Saughöhe bis zu 8,8 m, wenn sie von vier Mann in Bewegung gesetzt werden, in der Stunde etwa 15 cbm Wasser. Als Saugröhren werden fast ausschließlich Gummispiralschläuche von 6,5 cm Lichtweite verwendet; am unteren Ende des Schlauches ist ein kupferner [1]) Saugkorb mit schmiedeeisernem Schutzkorb angebracht, um die gröbsten Unreinigkeiten von der Pumpe abzuhalten. Das gemeinschaftliche Saugrohr mündet in den Windkessel w, wodurch die Gleichmäßigkeit der Wasserzuströmung reguliert wird. Die Pumpe liefert an Wasser 0,8 desjenigen Volumens, welches ihre Kolben beschreiben, d. h. ihr Güteverhältnis ist 0,8.

Fig. 30.



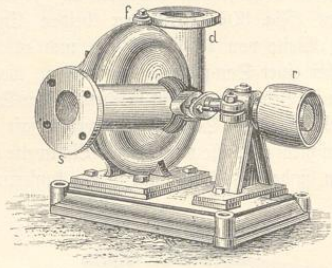
Bei Inbetriebsetzung ist diese Kanalpumpe anzugießen, d. h. die Pumpenstiefel müssen des besseren Saugens wegen mit reinem Wasser gefüllt werden. — Da bei sandigem Boden das Eindringen von Sand in die Kolben unvermeidlich ist, so muß von Zeit zu Zeit eine Spülung mit reinem Wasser stattfinden.

Die Centrifugalpumpen beanspruchen zu ihrem Betriebe immer eine größere Kraft als Kolbenpumpen

1) Statt des kupfernen Saugkorbes verwendet man auch solche aus perforiertem Eisenblech.

guter Konstruktion, da ihr Güteverhältnis höchstens = 0,7 ist, aber sie haben den Vorzug großer Einfachheit und verhältnismäßiger Billigkeit; sie leiden auch nicht beim Heben von unreinem Wasser, noch versagen sie den Dienst. Fig. 31 stellt eine einfache Centrifugalpumpe in der

Fig. 31.



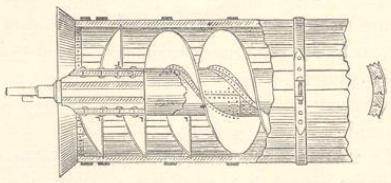
Ansicht dar, worin s das Saugrohr, d das Druckrohr und r die Scheibe für den Betriebsriemen bezeichnet, deren Welle das Schaufelrad in Bewegung setzt. — Ist die Pumpe so aufgestellt, daß ihr das Wasser von selbst zufließt, so erfordert sie kein Ventil; soll sie aber saugend wirken — was nur bis zu 7 m Höhe angänglich ist —, dann muß am unteren Ende des Saugrohres ein Fußventil von genügender Größe angebracht werden, damit die Pumpe gefüllt bleibt, wenn sie außer Betrieb gesetzt wird. Vor dem Inbetriebsetzen wird die Pumpe nebst der Saugleitung ganz mit Wasser gefüllt, denn dieselbe versagt, sobald sich Luft in der Saugleitung befindet. Zum Zweck des Auffüllens dient der Füllpfropfen f.

Als Motor zum Betriebe wird meistens eine Lokomobile benutzt; Reparaturen der Pumpe sind nur durch die Maschinenbauanstalt ausführbar.

Handelt es sich um die Bewältigung großer Wassermassen, so ist die von Archimedes erfundene Wasserschnecke allen anderen Schöpfmaschinen vorzuziehen, obwohl sie viel Raum erfordert. Sie liegt geneigt, etwa unter einem Winkel von 33°, und ihre Wirksamkeit wird durch tiefes Eintauchen nicht alteriert: man kann sie also in die gefüllte Baugrube stellen, so daß sie dieselbe zu entleeren vermag, ohne ihre Lage zu ändern. Unreinigkeiten im Wasser sind ohne Einfluß auf die Funktion der Schnecke, sofern sie nicht größer sind, als die Wege der Schneckenwindung.

Eine solche Schnecke besteht aus einer hölzernen Spindel und einem Holzmantel; zwischen beiden befinden sich drei schneckenartig gewundene Kanäle (Fig. 32), durch deren Umdrehung die Wasserbeförderung vor sich geht. Der Mantel wird aus 6 bis 8 cm starken Brettern gespundet hergestellt, die Schneckengänge, mit 30° Neigung zum Mantel, aus 2 bis 3 cm starken Brettchen, welche in Mantel und Spindel mit Falz eingelassen werden. Besser ist es jedoch, eine eiserne Spindel aus Blech mit angenieteten Gängen herzustellen. Um den Mantel werden Schraubenzwingen in 0,5 m Abstand gelegt, die nach er-

Fig. 32.



folgtem Schwinden des Holzes nachzuziehen sind. — Wegen Durchbiegung der Spindel ist es vorteilhaft, diese Schnecken nicht länger als 8 m herzustellen und in der Hauptsache aus Eisen zu konstruieren.

Die Schneckentrommel ist mit ihrem oberen und unteren Zapfen in einem Rahmen gelagert, dessen Unterteil an einer Haspelwelle hängt, wodurch die Schnecke nach Bedürfnis gehoben und gesenkt werden kann. — Der günstigste Winkel für die Neigung der Schnecke ist nach d'Aubuissons Versuchen gleich 30°.

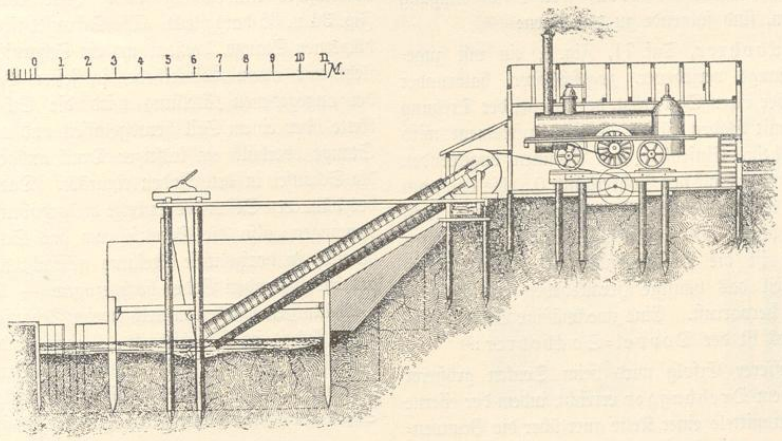
Beim Fundieren der Steuerfreien-Niederlage zu Harburg wurde eine derartige Wasserschnecke angewendet, deren Spindeldurchmesser 38,9 cm und deren innerer Manteldurchmesser 87 cm betrug. Sie machte in der Minute 16 bis 20 Umdrehungen und förderte in einer Umdrehung 0,1245 cbm Wasser. Rechnet man nur im Durchschnitt 18 Umdrehungen, so ergiebt dies pro Minute 2,241 cbm und pro Tag von 24 Stunden ein Förderquantum von 60 . 2,241 . 24 = 3227 cbm. Als Betriebsmaschine diente eine alte Lokomotive. — Eine zusammenhängende Darstellung der ganzen Betriebsanlage giebt Ludwig Klasen in: „Handbuch der Fundierungsmethoden", Leipzig 1895, Seite 21 und 22, dem die Fig. 33 entnommen ist.

Wenn auch die Wassermenge, welche in jedem besonderen Falle aus der Baugrube zu fördern sein wird, im voraus allgemein nicht bestimmbar ist, so kann doch ein Mittelwert dadurch gewonnen werden, daß man das Wasser unter Anstellung einer bestimmten Anzahl von Arbeitern bis auf eine gewisse Tiefe ausschöpft und, nachdem dies geschehen, beobachtet, um wieviel der Wasserspiegel in der Minute steigt. Durch Wiederholung der Beobachtung kann ein mittleres Maß gefunden werden, welches, mit der Horizontalausdehnung der Baugrube multipliziert, die per Minute zu hebende Wassermenge ergiebt, eine Bestimmung, welche freilich auf besondere Genauigkeit nicht Anspruch machen kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da die zu hebende Wassermenge von der Flächenausdehnung der Baugrube zum großen Teil mit abhängt, so kommt es darauf an, diese möglichst klein zu machen. Indessen darf der Raum in derselben nicht zu beschränkt sein, um die Wasserhebungsmaschinen aufstellen und auch die übrigen Arbeiten in der Baugrube vornehmen zu können. Bei größeren Bauten wird die Baugrube etwa 1,5 m ringsum größer sein müssen, als die größte Ausdehnung des unteren Teiles der Fundamente beträgt. Am sichersten wird man aber immer gehen, wenn man in den Grundriß der Fundamente alle in der Baugrube aufzustellenden Gegenstände einzeichnet und dann beurteilt, ob man zu den nötigen Arbeiten den gehörigen Raum hat. Eine zu kleine Baugrube kann große Verlegenheiten bereiten, eine zu große wird aber immer die Baukosten um ein Erkleckliches erhöhen, besonders wenn man zum Wasserschöpfen gezwungen ist.

Fig. 33.



§ 9.

In den §§ 4 und 5 ist das Ausheben des Bodens in wasserfreiem Terrain und in künstlich trocken gelegten Baugruben besprochen worden. Es geschieht durch Ausgraben und kann dies Verfahren selbst bis auf geringe Tiefe, d. h. bis etwa 30 cm *unter Wasser* fortgesetzt werden; bei größerer Wassertiefe muß das Heben der Erde durch *Baggern* erfolgen. Es erübrigt indessen, nur eine Übersicht der im Grundbau vorkommenden Baggerarbeiten und Geräte zu geben; von der Vorführung der im eigentlichen Fluß- und Seebau vorkommenden Baggermaschinen ist hier ganz abzusehen.

Die Baggerarbeiten kommen im Grundbau hauptsächlich bei der Fundierung im Wasser vor, ferner beim Ausheben einzelner Stellen der Baugrube, wenn das Wasserschöpfen nicht zum Ziel führt oder wegen zu starker Auflockerung des Baugrundes nicht ratsam erscheint, endlich wenn die Baugrube durch Fangedämme und Spundwände umschlossen ist.

Zu den älteren Baggerapparaten gehört der *Stielbagger*; seine Handhabung geschieht meist direkt mit der Hand und das den Boden lösende Gerät erhält bei konsistentem Boden eine der Schippe ähnliche Form. Für Sandboden und Schlamm wird an einem eisernen, zugeschärften Bügel ein Sack zur Aufnahme des Bodens befestigt; man nennt das Instrument alsdann *Sackbagger*. In steinigem Boden endlich wird dem Bagger die Form eines *Rechens* gegeben, der den Boden auflockert. Gewöhnlich wird der Stielbagger durch zwei Arbeiter direkt gehandhabt; er ist dann bei geringer Wassertiefe und bei Arbeiten von kleinerem Umfange wohl anwendbar.

Bei größeren Arbeiten und vermehrter Wassertiefe sind die *Eimerbagger*, welche jetzt gewöhnlich als Eimerkettenbagger konstruiert werden, vorteilhafter. Die Kette besteht aus langen Gliedern und trägt in Abständen von 2 bis 4 Kettengliedern die einzelnen, aus Blech angefertigten Eimer, welche mit ihrer verstählten Schneide in den Boden eingreifen, sich füllen und den Inhalt in die sogenannte Schüttrinne werfen. — Im Grundbau finden, besonders auf beschränkter Baustelle, *Vertikalbagger* Anwendung. Zum Verlängern der Eimerkette müssen einzelne Glieder eingesetzt, beim Verkürzen solche herausgenommen werden können. Während des Brunnensenkens pflegt man die Baggerapparate direkt auf die Oberfläche desselben zu setzen, in anderen Fällen werden feste Gerüste errichtet, von diesen ausgebaggert und der Boden in Schubkarren oder Rollwagen entfernt.

In Holland sind Schaufelbagger gebräuchlich, bei denen die Schaufeln an einer Kette befestigt sind, sich in einem geneigten Troge bewegen und so den Boden emporheben. Die alten Radbagger kommen zur Zeit kaum mehr in Gebrauch.

Unter den neueren Geräten, welche sich Eingang verschafft haben, sind folgende zu erwähnen:

Der Sackbohrer, Taf. 71, Fig. 6, ein mit zugespitzter Eisenstange versehener, zugeschärfter, halbrunder Rahmen, welcher einen Sack trägt, der sich bei der Drehung des Bohrers mit Boden füllt. Dieses Instrument wird mit Vorliebe beim Einsenken von Brunnen angewendet. Gewöhnlich faßt der Sack des Bohrers nur 0,03 bis 0,07 cbm Inhalt, weil die Leinwand ein größeres Gewicht nicht wohl tragen kann. Bei größeren Tiefen und weiten Brunnenkesseln ist die Leistungsfähigkeit des Apparates nur gering, weil das häufige Herausheben des Bohrers viel Zeitverlust hervorruft. Eine zweckmäßige Verbesserung des Sackbohrers ist der Doppel-Sackbohrer:[1])

Etwas besserer Erfolg wird beim Senken größerer Brunnen mit dem Drehbagger erreicht, indem der eiserne Bügel desselben mittels einer Kette quer über die Brunnensohle nach einer am Brunnenkranz angebrachten Rolle hingezogen wird. Hierbei gräbt sich der Bügel in den Boden ein, der Sack füllt sich und wird mittels der Winde aufgezogen.

Neuere Apparate. Infolge der häufigeren Anwendung von Senkbrunnen zu Fundierungen sind auch die Baggerapparate vervollkommnet und leistungsfähiger hergestellt worden. So ist die indische Schaufel als ein für die Brunnensenkung sehr nutzbares Gerät zu bezeichnen, welches auch in Deutschland — u. a. beim Bau der Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn[1]) — vorteilhafte Anwendung fand. Ihre Konstruktion ist in Fig. 34 u. 35 dargestellt. Die Schaufel ist an einer langen hölzernen Stange, drehbar um ein Scharnier, befestigt und steht mit einem Winkelhebel in fester Verbindung. In der angegebenen Stellung wird die Schaufel an einer Kette oder einem Seil herabgelassen und auf die hölzerne Stange oberhalb ein kräftiger Druck ausgeübt, wobei sich die Schaufel in den Boden eingräbt. Dann wird mittels des dünneren Seiles die Spreize ausgehoben und das Tau b angezogen, also die Schaufel um das Scharnier gedreht, dadurch in horizontale Stellung gebracht und so mit dem auf ihr lagernden Boden hochgezogen. — Unter günstigen Verhältnissen wurden mittels zweier Schaufeln bei 10stündiger Arbeit im Durchschnitt 10 cbm Boden aus 5 bis 6 m Tiefe gefördert und dadurch der Brunnen in dieser Zeit um 0,30 m gesenkt. Größere Steine konnten mit der Schaufel verhältnismäßig leicht gefaßt und gehoben werden.

Fig. 34.

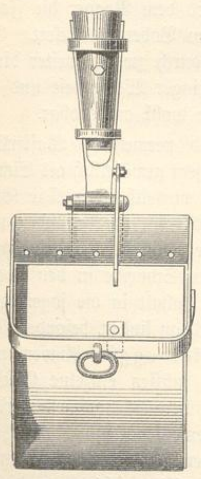
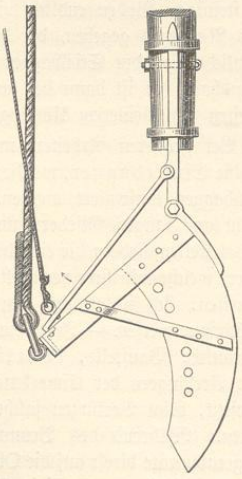


Fig. 35.



1) Exc. Mines of Proceed. of the Instit. of Civil-Ingineers 1881—1882.

Der Millroy'sche Exkavator,[2]) zuerst bei Gründung der Clydebrücke im Jahre 1876 angewandt, ist eine Kombination von acht an Scharnieren in einem achtseitigen Rahmen hängenden Schaufeln von dreieckiger Grundform. Beim Hinablassen hängen sie vertikal und dringen durch das Gewicht des Apparates in den Boden ein. Durch ein System von acht Ketten, die am unteren Ende der Schaufeln angreifen, lassen sich dieselben um ihre Scharniere drehen und heben dabei den Boden wie auf einer geschlossenen Plattform empor. — Die durchschnittliche, tägliche Senkung eines Brunnenpfeilers mittels des Exkavators betrug 4,88 m, eine Leistung, welche den Effekt aller früher beschriebenen Apparate in den Schatten stellt.

Dieser Exkavator ist von Bruce und Bathe durch Anwendung krummer Schaufeln verbessert worden (Deutsche Bauzeitung 1875, S. 32). Er bildet im geschlossenen Zustande einen halbkugelförmigen Behälter.

Zum Senken tiefer Brunnen ist sodann die Sandpumpe mit Vorteil benutzt worden. Sie besteht aus einem, auf dem Deckel eines runden Kastens befestigten, oben offenen Cylinder, in welchem ein Kolben (ohne Ventil) auf und nieder bewegt wird. Der Deckel des Kastens, Fig. 36, ist mit zwölf Ventilen versehen, welche das

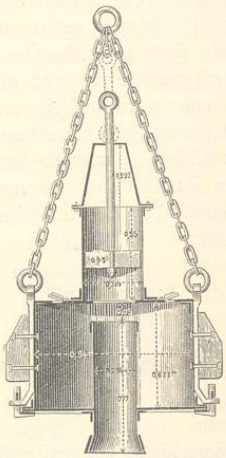
1) Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1876, S. 35 u. 197.

2) Zeichnung und Beschreibung des Exkavators von Millroy finden sich u. a. im Jahrg. 1868 der Deutschen Bauzeitung S. 470, auch in Klasen, Handbuch der Fundierungs-Methoden, S. 51.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Entweichen des Wassers gestatten, den Zutritt aber verhindern. Der Boden des Kastens trägt ein vertikales, nach unten vorstehendes Rohr, welches bis 10 cm unter den Deckel reicht. Der Apparat hängt an vier Ketten, die sich in einem Ring vereinigen; eine starke Kette ist durch diesen Ring geschlungen, sie wird über eine Rolle am Dreifuß geleitet und die Sandpumpe mittels einer Winde gehoben. Beim Gebrauch[1]) fassen neun Mann die Kette, an welcher der Kolben hängt, und schnellen ihn wie einen Rammbär in die Höhe; hierdurch wird Luftverdünnung bewirkt und das Saugrohr mit Wasser und Sand gefüllt. Beim Füllen des Kolbens entweicht das Wasser durch die Ventile, der Sand aber fällt auf den Boden des Kastens.

Fig. 36.



Es wurden täglich im Maximum 22,2 cbm gefördert, und der Brunnen pro Tag durchschnittlich um 0,837 m gesenkt.

Entfernung von Hindernissen unter Wasser.

Häufig stößt man beim Senken von Brunnen, wie überhaupt beim Baggern, auf große Steine, Baumstämme, Felsstücke, welche oft nur mit großer Schwierigkeit gehoben werden können. Wenn Baumstämme gehoben werden sollen, so sucht man den Stamm von dem ihn umlagernden Boden durch Baggern und Kratzen zu befreien und dann mittels Bügeln und Haken zuerst eine Schnur und an dieser eine Kette unter ihm durchzuziehen und am Hebezeug zu befestigen. Ist das Durchziehen der Kette nicht möglich, so wird eine lange eiserne Schraube in den Stamm eingeschraubt und an dieser die Hebekette befestigt, oder man sucht denselben mit Zangen zu fassen.

Steine und Felsstücke kann man mittels des sogenannten Steinkorbes, eines Geflechtes von Ketten, hochziehen. Gebräuchlicher ist die Greifzange oder Teufelsklaue, die in Fig. 37 im geschlossenen Zustande dargestellt ist und aus zwei, mit mehreren Zinken versehenen Doppelarmen besteht, die durch einen Drehbolzen verbunden sind; wenigstens einer derselben ist mit einem langen hölzernen Stiel versehen, der über Wasser reicht und teils zum Öffnen der Zange, teils zum Ansetzen derselben an den zu hebenden Stein dient. Beide Arme sind von einem Bügel umfaßt, der die Enden des Bolzens aufnimmt. Aufgehängt wird die Zange an den Öhren a und b derart, daß durch den Seitenzug der Kettenenden die Zange fest zusammengeschlossen wird. Herabgelassen wird sie an dem Bügel c hängend, wobei das Öffnen derselben nicht gehindert wird.

Fig. 37.

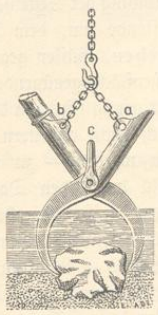
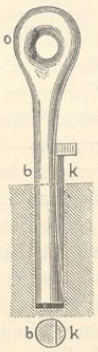


Fig. 38.



Wenn sehr große und schwere Steine unter Wasser zu heben sind, so wird in dieselben ein cylindrisches Loch eingebohrt und in dieses der aus zwei Teilen bestehende Steinwolf eingesetzt (Fig. 38). Derselbe besteht aus einem cylindrischen, 25 cm langen Bolzen, an welchem ein Aufhängering eingeschweißt ist. Man setzt den Bolzen b mit Keil k in das gemeißelte Loch des rauhen Steines ein, und hier werden beide durch Reibung festgehalten, wenn der Bolzen in die Höhe gezogen wird.

Auch Sprengarbeiten können im Grundbau erforderlich werden, so zur Zerkleinerung geschlossener Felsen oder einzelner schwerer Steinstücke unter Wasser. Diese Materie hat hier jedoch eine mehr nebensächliche, dagegen im Fluß- und Hafenbau eine große Bedeutung.

Umschließung der Baugrube. Fangedämme.

§ 10.

Bei Hochbauten im festen Lande sind die Schwierigkeiten der Wasserbewältigung nur selten erheblicher Natur, indessen kommen auch Fundierungen an fließenden oder stehenden Gewässern vor, z. B. bei Landhäusern am Seeufer, Speichergebäuden an Kanälen (ein in Seestädten sehr häufiger Fall). Unter solchen Verhältnissen ist die Baugrube nach der Wasserseite hin offen und bedarf daher hier eines Abschlusses durch künstliche Wände, welche gemeinhin Fangedämme genannt werden. Da diese Arbeiten mit zur Darstellung der Baugrube gehören, so sollen sie an dieser Stelle besprochen werden.

1) Brunnenanlage der Berliner Wasserwerke von H. Gill; vergl. Deutsche Bauzeitung 1871, S. 110 ff.

Die Umschließungskörper zum Schutz einer Baugrube gegen das Wasser heißen Seitenfangedämme — wenn sie das Zudringen desselben von der Seite her abhalten sollen — und Grundfangedämme, wenn dadurch der Zudrang des Wassers von der Sohle her verhütet werden soll. Die letztgenannte Anordnung, den Boden der Baugrube mit wasserdichten Erdschichten zu überdecken, kommt seltener vor, weil in solchem Falle Beton als Dichtungsmaterial vorgezogen wird.

Was die allgemeine Anordnung der Seitenfangedämme anlangt, so müssen sie im stande sein, dem Druck des äußeren Wassers zu widerstehen, müssen gegen die Angriffe des Wassers an ihrer Außenfläche genügende Sicherung erhalten und endlich auch dicht genug sein, um die Bildung von Wasseradern — welche sich leicht erweitern und dann gefahrdrohend für den Damm werden — zu verhindern. Das Durchsickern kann sowohl durch den Damm selbst, als unter dessen Sohle erfolgen, es ist daher bei der Konstruktion auf diese Eventualitäten Rücksicht zu nehmen. — Ferner kommt die Höhe desselben in Betracht, weil von dieser Abmessung die Stärke des Dammes und seine sonstige Konstruktion abhängig ist. Um diese Höhe zu bestimmen, muß die Wasserstandshöhe, welche während der Zeit des Grundbaues zu erwarten steht, genau bekannt sein. In diesem Sinne geben genau geführte Wasserstandstabellen, wo solche vorhanden sind, die beste Auskunft. — Den höchsten bekannten Wasserstand pflegt man hierbei nicht zu Grunde zu legen, weil die Gründungsarbeiten stets in der Jahreszeit vorgenommen werden, wo die niedrigen Wasserstände eintreten. — Ist dagegen der Umfang der Arbeiten so groß, daß deren Vollendung eine längere Zeit in Anspruch nimmt, oder tritt auch in der günstigen Bauzeit ein Wechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser ein, so ist es geraten, die Baugrube unter Wasser zu setzen und bei Eintritt des niedrigen Wassers wieder leer zu pumpen. Zu solchem Zwecke versieht man den Fangedamm mit einem Einlaßsieb.

Da der Fangedamm in seinem oberen Teil selten dicht genug ist, um den Durchgang des Wassers zu verhindern, so pflegt man seine Höhe 30 cm größer zu nehmen als den während der Bauzeit angenommenen höchsten Wasserstand.

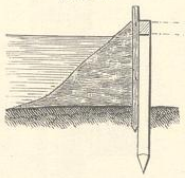
Der Konstruktion nach unterscheidet man:

1) Erddämme,
2) Fangedämme mit einseitiger Holzbekleidung,
3) hölzerne, isoliert stehende Fangedämme (Spundwände),
4) Kastenfangedämme.

Bis zur Höhe von 1 m genügt ein bloßer Erddamm ohne alle Bekleidung; solche Erdkörper sind zur Umschließung der Baugrube besonders da von Wichtigkeit, wo sie aus gewachsenem Boden stehen bleiben können. Leichter lagert sich die Erde und läßt sich auch besser komprimieren, wenn sie sich wenigstens auf einer Seite gegen eine feste Holzwand lehnt, die man dann immer auf der Seite anbringt, welche der Baugrube zugewendet ist. Hierher gehört auch der noch weiterhin zu besprechende Fall, in welchem man das Fundament des Bauwerkes mit einer Wand von gespundeten Bohlen umgiebt und gegen dieselbe von außen einen Thonschlag anbringt, der als Fangedamm dient.

Statt der immerhin beschwerlichen Spundwand kann man sich häufig der sogenannten Stülpwand aus zwei Reihen in den Fugen sich überdeckender, in den Boden eingetriebener Bohlen bedienen, oder es wird eine verholmte Pfahlwand hergestellt, d. h. es werden einzelne Pfähle eingerammt, auf diese ein Holm aufgezapft und dahinter eine doppelte Brettwand gelehnt (Fig. 39). Solche Konstruktionen können nur bis zur Höhe von 1,5 m in Frage kommen.

Fig. 39.

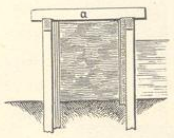


Am häufigsten werden die Fangedämme mit zwei senkrechten Holzwänden konstruiert, welche den Erddamm einschließen; sie heißen dann Kastenfangedämme. Durch die zwischen den einschließenden Holzwänden eingestampfte Erdschüttung wird der Fangedamm wasserdicht und darum muß der Damm eine ausreichende Breite erhalten. Häufig dienen die Oberflächen der Fangedämme zum Materialientransport, als Materiallagerplätze, oder zur Aufstellung von Geräten u. s. w., und erfordern daher aus diesem Grunde schon immer eine ausreichende Breite. Bei niedrigen Fangedämmen ist diese gewöhnlich der Höhe gleich und nur, wenn die Fangedämme eine Höhe von 3 m und darüber erreichen, pflegt man die Breite derselben in einem kleineren Verhältnis zunehmen zu lassen als die Höhe. Hieraus hat sich die in Deutschland sehr verbreitete Regel herausgebildet: den Fangedämmen bis zu 2,5 m Höhe die Höhe zur Breite zu geben, darüber hinaus aber die Breite dadurch zu bestimmen, daß man zur halben Höhe 1,25 m addiert. Ein 5 m hoher Fangedamm würde hiernach $\frac{5}{2} + 1{,}25 = 3{,}75$ m Breite erhalten. Die Franzosen machen die Breite bis zu 3 m Höhe dieser gleich und lassen bei größerer Höhe die Breite um ein Drittel der Mehrhöhe wachsen, danach würde ein 5 m hoher Fangedamm $3 + {}^1/_3 \cdot 2 = 3{,}66$ m Breite bekommen Diese Breite bezieht sich immer auf den eigentlichen Erdkörper.

In neuerer Zeit macht man indessen die Fangedämme häufig schwächer, man steift sie ab und erreicht den erforderlichen Grad von Undurchlässigkeit durch gute Füllmaterialien.

Die Konstruktion dieser Fangedämme ist folgende: Zwei Reihen Pfähle werden in einem lichten Abstande gleich der Breite des Fangedammes, mit Berücksichtigung der gegen die Pfähle zu stellenden Bohlen, so tief in den Boden gerammt, daß sie dem Wasserdrucke gehörig widerstehen können, auch dann noch, wenn der etwa weiche Boden auf der Seite gegen die Baugrube vertieft werden muß. Man pflegt gewöhnlich anzunehmen, daß die Pfähle so tief in der Erde stecken müssen, als sie über dieselbe hervorragen. In den Reihen läßt man zwischen zwei Pfählen einen Raum von 1 bis 1,5 m. Die beiden Pfahlreihen, deren Pfähle einander gerade gegenüberstehen, werden dann gewöhnlich in gleicher Höhe abgeschnitten und verholmt, vergl. Fig. 40. Um die Pfähle gegen den Erddruck zu schützen, werden die Holme durch übergekämmte Zangen a verbunden, welche man ebenso weit auseinander legt, als die Pfähle in den Reihen voneinander entfernt sind.

Fig. 40.



Um das Abschneiden der Pfähle zu vermeiden, kann man auch an den Außenseiten der Pfähle in passender Höhe schwächere Hölzer auf gegen die Pfähle geschraubte Knaggen legen und über diese die Zangen greifen lassen. Es behalten dann die Pfähle ihre ganze Länge, was immer vorteilhaft für ihren künftigen anderweitigen Gebrauch ist (Fig. 41). Häufig werden dabei die Zangen durch eiserne Anker ersetzt (Fig. 42). In einzelnen Fällen werden die Holme ganz fortgelassen und die Pfähle unmittelbar durch doppelte, mit denselben überblattete Zangen gehalten.

Fig. 41.

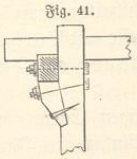
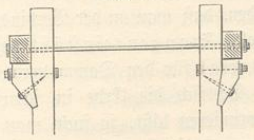
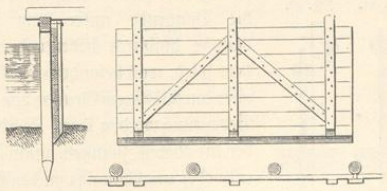


Fig. 42.



Ehe man die Zangen auf den Holmen der Pfahlreihen befestigt, müssen die dichten Holzwände, gegen welche sich die Erde der Fangedämme lehnen soll, angebracht werden. Gewöhnlich bestehen diese aus horizontal hinter die Pfähle gelegten Bohlen, von denen aber die untersten bei etwas bedeutender Wassertiefe schwer in ihrer Lage zu erhalten sind, bevor sie durch die Füllerde festgedrückt werden. Man vereinigt sie daher zu ganzen Tafeln, indem man vertikale, starke Leisten quer über die Bohlen nagelt und die Länge der Tafeln so einrichtet, daß der Stoß zweier derselben immer auf einen Pfahl trifft (Fig. 43). Um diesen Stoß noch mehr zu dichten, rammt man innerhalb noch eine Bohle vor denselben; sonst werden die Tafeln dadurch festgehalten, daß man sie oberhalb an den Holm der Pfahlreihen nagelt. Um einen möglichst dichten Schluß an der Sohle des Fangedammes zu erhalten, ist

Fig. 43.



es gut, wenn man innerhalb der äußeren Pfahlreihe und dicht an derselben eine Rinne ausbaggert, so daß die Tafeln in den Grund dringen können.

Die dem Innern der Baugrube zugewendete Bohlenwand hat den Erddruck des Dammes auszuhalten, dem nach dem Trockenlegen der Baugrube kein Wasserdruck entgegenwirkt, so daß hier schon eine steifere Konstruktion nötig wird, wenn auf der Außenseite die erwähnten Tafeln noch genügen. Man kann dann den beabsichtigten Zweck oft dadurch erreichen, daß man die innere Holzwand als eine Stülpwand mit lotrecht eingerammten Pfählen konstruiert. Reicht dies nicht aus, so kann man die Bohlen einer solchen Stülpwand zwischen dem Holme und dem Grunde noch einmal durch horizontale Gurtungen unterstützen, welche man, wenn der Wasserstand es erlaubt, an die innere Seite der Pfähle befestigt, oder bei höherem Wasserstande mittels angenagelter vertikaler Latten an den Pfählen hinabschiebt und festhält, und gegen welche sich dann die Bohlen der Stülpwand lehnen. Diese Riegel reichen mit ihren Enden immer etwas über die Pfähle hinaus und liegen daher einer immer tiefer oder höher als der benachbarte. Oberhalb muß dann hinter den Pfählen ein Riegel von derselben Stärke befestigt werden, damit die Stülpwand vertikal zu stehen kommt und der Fangedamm in seinem Erdkörper nicht unten schmäler wird als oben. (Fig. 44 und 45.)

Fig. 44.

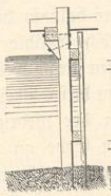
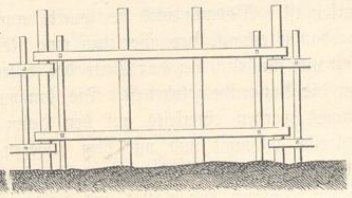


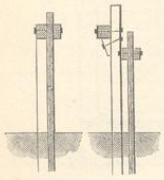
Fig. 45.



Wird der Fangedamm 3,5 bis 4 m hoch, so muß man zur Bekleidung seiner Hinterseite schon eine Spundwand

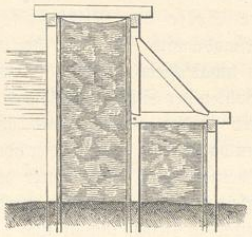
wählen, welche ihrer großen Steifigkeit wegen einen sehr sicheren Schluß gewährt, und bringt man auch an der Vorderwand eine solche Spundwand an, so wird durch das Eindringen beider in den Grund der wichtige Vorteil erreicht, daß der Wasserzudrang in die Baugrube unter dem Fangedamme hindurch bedeutend vermindert wird, was besonders bei kiesigem oder durchlässigem Grunde von großer Bedeutung werden kann. Hierbei werden die oberen Zwingen, wie in Fig. 47, entweder unabhängig von den Holmen angeordnet, oder man benutzt den Holm als eine der Zwingen (Fig. 46). Die Zwingen veranlassen innerhalb des Fangedammes leicht ein Aufhängen der Füllerde, sie werden daher häufig bei Einfüllen des Bodens entfernt und die untere überhaupt fortgelassen.

Fig. 46. Fig. 47.



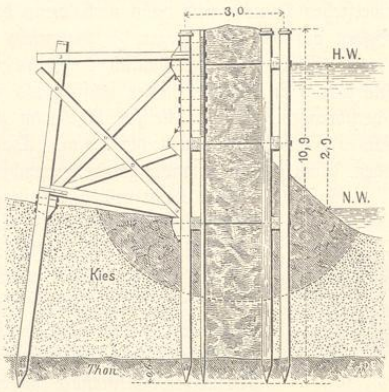
Wird der Fangedamm sehr hoch, so daß er auch eine bedeutende Breite erhalten muß, so reicht die bisher beschriebene Konstruktion nicht mehr aus, und man verfährt dann auf andere Weise. Die Breite wird in zwei oder auch wohl in drei gleiche Teile geteilt, und es werden eben so viel Fangedämme hintereinander von geringerer Breite und abnehmender Höhe im Zusammenhange erbaut, wie beispielsweise Fig. 48 einen solchen zeigt. Zuerst errichtet man nämlich einen gewöhnlichen Fangedamm, jedoch

Fig. 48.



nur halb so breit, als er seiner Höhe nach sein müßte. Ist dieser fertig, so beginnt man mit dem Wasserausschöpfen, bis der Wasserstand auf die Hälfte der Höhe des Dammes gesunken ist. Alsdann wird der zweite, nur halb so hohe Fangedamm erbaut, der aber nur eine Reihe Pfähle bekommt und natürlich an der Seite des ersten liegt, welche gegen die Baugrube gekehrt ist. Die Zangen dieses zweiten Dammes werden einerseits auf den Holm der niedrigen Pfahlreihe gekämmt und mit dem anderen Ende an die Pfähle des höheren Fangedammes mit schwalbenschwanzförmigen Blättern angeblattet und festgenagelt. In diese Zangen und gegen die Pfähle werden dann noch Streben oder Büge mit Versatzungen befestigt, welche dem Wasserdruck gegen den oberen Teil des äußeren Dammes kräftig entgegenwirken. Ist auch dieser zweite Fangedamm fertig, so wird der Wasserspiegel bis auf die beabsichtigte Tiefe gesenkt.

Fig. 49.



Als ein Beispiel von Verstrebungen an der inneren Seite des Fangedammes geben wir in Fig. 49 den Fangedamm vom Bau des Parlamentshauses in London.

Wo ein Fangedamm gegen ein höheres Ufer ausläuft, muß dieses ausgeschnitten und der Fangedamm noch eine Strecke lang in dasselbe hinein fortgeführt werden. Der Anschluß an vorhandene Mauern (ein Fall, der gerade bei Hochbauten ziemlich oft vorkommen dürfte) ist immer schwer wasserdicht herzustellen; gewöhnlich sucht man sich durch Verbreiterung des Dammes an diesen Stellen zu helfen. Auch dadurch kann das Dichthalten vergrößert werden, daß man an der Verbindungsstelle mit Stroh umwickelte Stangen einstößt und Dünger als Füllmaterial für den Damm verwendet.

Da sich die Erde in scharfwinkeligen Ecken schwer komprimieren läßt, so sucht man diese Anlage bei Fangedämmen dadurch zu vermeiden, daß man rechte, jedenfalls aber spitze Winkel durch Abschneiden der Spitze in zwei stumpfe verwandelt.

Zum Füllen der Fangedämme muß man sich einer gleichmäßigen, feinen Erde bedienen, welche sich recht fest lagert und bei der Berührung mit Wasser nicht gleich in einen weichen Brei verwandelt wird. Eine Hauptbedingung bleibt die Reinheit der Erde von größeren Steinen, Holzstücken u. s. w. Gemeiniglich wird ein recht zäher Thon für das beste Füllmaterial der Fangedämme gehalten, und wenn man denselben in recht dünnen Schichten einbringen kann, so rechtfertigt er auch diese Meinung. In tiefem Wasser ist die Anwendung desselben aber immer bedenklich und gewöhnliche Dammerde verdient in solchem

Falle den Vorzug.[1]) Der Sand, welchen man meist als untauglich zum Bau von Fangedämmen zu bezeichnen pflegt, hat alle jene schädlichen Eigenschaften des Thones — namentlich das Ballen in größere Brocken — nicht, und wenn er auch ein geringes Durchsickern des Wassers nicht verhüten wird, so können sich in demselben doch auch niemals starke Wasseradern bilden, weil er die Bildung von Kanälen gerade durch seinen geringen Zusammenhang verhindert. Nur muß man bei der Anwendung des Sandes als Füllmaterial besonders für eine recht dichte Holzwand an der *inneren* Seite des Fangedammes sorgen, so daß durch diese die Sandkörner nicht vom Wasser fortgeführt werden können. Ist eine solche Wand vorhanden, so lagert sich der Sand durch den großen Wasserdruck ungemein fest und giebt alsdann einen sehr guten Fangedamm. Zusatz von Kalkbrei ($^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$) zum Sand macht denselben als Füllmaterial besonders geeignet. Das beste, aber auch das teuerste Material zu diesem Zweck ist der *Beton*, wovon später die Rede sein wird.

Das Füllen der Fangedämme muß rasch und mit Vorsicht geschehen. Man legt gewöhnlich über die Zangen eine Art Dielenboden, häuft auf diesem eine bedeutende Masse Erde an und sucht diese dann plötzlich in den Fangedamm zu stürzen. Dies Verfahren ist besonders dann ratsam, wenn das Füllmaterial aus einer Erdart besteht, die im Wasser leicht erweicht wird.

Erfüllt ein Fangedamm seinen Zweck nicht, d. h. hindert er das Hindurchtreten größerer Wassermassen nicht, so muß man den vorhandenen „*Leck*" zu dichten suchen, doch die bezüglichen Versuche niemals auf der der Baugrube zugewendeten Seite vornehmen, weil sie hier vergeblich sein würden, da alle vor den Leck gebrachten Stoffmittel durch den großen Wasserdruck sogleich fortgedrängt und unwirksam gemacht werden würden.[2]) Von der Außenseite werden dergleichen Arbeiten durch den Wasserstand erschwert, und es bleibt nichts anderes übrig, als passende Gegenstände hier zu versenken, welche vielleicht gerade durch den Zug der durchdringenden Wasseradern in den Leck hineingezogen werden und denselben nach und nach verstopfen. Wenn man die Öffnung des Lecks auf der Außenseite seiner Lage nach kennt, so kann man in dieser Gegend ein hinreichend großes Stück wasserdichter Leinwand versenken, welche durch den Wasserdruck selbst fest an den Damm gedrückt wird. Auch durch die Versenkung von Dünger, welcher mit recht viel Stroh vermengt ist, gelingt zuweilen eine Verstopfung des Lecks, wenn durch den Zug des Wassers Stroh in die Öffnung gezogen wird.

Wenn man den Grund der Undichtigkeit des Dammes in dem Vorhandensein mehrerer feiner Wasseradern vermuten muß, so hilft zuweilen noch folgendes Mittel: Man schüttet nämlich vor dem Damme recht fein verteilten feinkörnigen Sand in kleinen Portionen in das Wasser.

Die einzelnen feinen Sandkörnchen sinken langsam zu Boden und folgen hierbei sehr leicht dem Zuge bewegter Wasserfäden, so daß sie auf diese Weise durch das Wasser selbst in den Fangedamm geführt werden, wo sie leicht so viel Hindernisse finden, daß sie liegen bleiben und so die Lecke nach und nach verstopfen. Die Tugend der Geduld wird man indessen bei einer solchen Arbeit immer zu üben Gelegenheit haben.

Die Gefahr der Entstehung von undichten Stellen ist am meisten da vorhanden, wo Konstruktionsteile *quer durch den Damm* reichen. Für die meisten vorkommenden Zwecke sind dieselben in der Regel zu vermeiden, bei Konstruktionen von großer Höhe wird indessen eine Querverbindung unerläßlich und dann (wie in Fig. 49) meist durch eiserne Anker bewirkt, wobei die Bildung von Wasserkanälen allerdings auch nicht ausgeschlossen ist. Aus diesem Grunde sollte jeder hohe Fangedamm, wie oben erwähnt, in verschiedene Teile zerlegt werden.

Will man den *Leck im Innern* eines Fangedammes stopfen, so geschieht dies durch Rammen und Stampfen, indem man an der betreffenden Stelle die Erde so weit ausgräbt, als es der Wasserstand erlaubt, und dann fetten Thon einstampft, und überhaupt durch Stampfen und Rammen die Erde möglichst zu komprimieren sucht, oder man baggert auch die Erde ganz aus und füllt die betreffende Stelle von unten aus neu auf. Hierbei muß man aber die Baugrube voll Wasser laufen lassen, damit die Ursache zum Durchströmen des Wassers beseitigt wird, weil, wenn dieses in der gemachten Öffnung stattfindet, eine Dichtung derselben nicht gelingt.

Besondere Vorsicht verlangt auch die Herstellung von Fangedämmen auf weichem Untergrunde; hier ist — um die genügende Stabilität zu erhalten — auf *tief hinabreichende* Pfähle Rücksicht zu nehmen, und jedenfalls der schlammige Boden sorgfältig zu entfernen, ehe man mit dem Einfüllen des Dichtmateriales beginnt.

Beseitigung der Fangedämme. Hat der Damm seinen Zweck erfüllt, so darf durch Entfernung der in den Boden hinabreichenden Pfähle der Boden nicht gelockert werden; es wird daher zweckmäßiger sein, die Pfähle abzuschneiden als sie auszuziehen.

1) *Perronet* hat beim Bau der *Neuilly-Brücke* gewöhnlicher Dammerde, die er in der Nähe der Baustelle fand, den Vorzug vor Thon gegeben.

2) Unterwaschene Stellen schützt man durch Steinschüttungen und Eintreiben von Pfahl- und Bohlenwänden.

Von den Fundamenten.

§ 11.

Unter dem Fundamente eines Gebäudes verstehen wir die unterhalb der Erdoberfläche befindlichen Mauern, auf welchen dasselbe ruht, und man nennt diese Mauern speziell Grund- oder Fundamentmauern, wenn sie nur zu dem angegebenen Zwecke errichtet werden. Bei Gebäuden mit Unterkellerung dienen die Kellermauern den darüber stehenden auch als Fundamente, heißen aber Kellermauern, und nur diejenigen Teile, welche noch unter die Kellersohle hinabreichen, nehmen wieder den Namen Fundamentmauern an, weil sie den Kellermauern und so auch den über der Erde befindlichen Mauern zum Fundamente dienen. Nur wenn man ein Gebäude auf zu Tage anstehendem Felsen errichten will, und derselbe gegen die Angriffe der Witterung ebenso beständig ist, als das darauf zu setzende Mauerwerk, dann kann man das Gebäude ohne Fundament aufführen. Aber auch der Felsen zeigt in der Regel feine Risse und Spuren von Verwitterung, so daß sich hierdurch die allgemeine Regel begründet: Jedes Gebäude von einiger Wichtigkeit so tief zu fundamentieren, daß die untersten Schichten des Mauerwerkes nicht vom Frost erreicht werden können. Diese Tiefe wird, wie oben erwähnt, in unserem Klima 1 bis 1,5 m nicht überschreiten. Tiefer in den festen Baugrund hinabzugehen, bedingt eine unnütze Vergrößerung der Baukosten; denn die hie und da verbreitete Ansicht, daß ein Gebäude um so tiefer fundamentiert werden müsse, je höher und schwerer es sei, beruht auf einem Vorurteile. Es kommt vielmehr einzig und allein darauf an, daß der erreichte Baugrund das Gewicht des Gebäudes sicher zu tragen im stande sei, gleichviel in welcher Tiefe er liegt.

Um die verschiedenen Gründungsmethoden, welche man bei Hochbauten anzuwenden pflegt, kennen zu lernen, wollen wir dieselben übersichtlich nach den früher klassifizierten Baugründen besprechen.

Gründung auf gutem, festen Baugrunde.

§ 12.

I. Hat man den Felsboden als Baugrund und sich auch durch sorgfältige Untersuchungen von seiner Güte als Baugrund überzeugt, so wird man die Baugrube nur so tief zu legen haben, daß die Einwirkungen des Frostes und der Nässe auf die unteren Schichten der Fundamentmauern aufhören.

Wie wir schon früher angegeben haben, muß die Oberfläche des Felsens, auf der man die Fundamentmauern aufführen will, geebnet und von den größeren Hervorragungen befreit werden. In manchen Fällen aber kann es auch ratsam werden, eine zu glatte Felsenoberfläche absichtlich rauh zu machen, um eine bessere Verbindung der unteren Steinschichten mit dem Felsen durch den Mörtel zu bewirken. Am besten dürfte es indessen in einem solchen Falle sein, den Felsen mit einer dünnen Schicht Beton zu bedecken, welcher sich den Unebenheiten des Felsens überall leicht anschließt, fest daran haftet und sich gut mit dem Mauerwerke des Fundaments verbindet. Soll auf stark zerklüftetem, sonst aber festem Gestein (wie die weicheren Kalksteinarten zuweilen sind) unter Wasser fundiert werden, so ist es oft nicht möglich, den Wasserzudrang in die Baugrube abzuhalten, und es bleibt dann wieder eine Betonschicht von gehöriger Stärke das beste Mittel, nach deren Erhärtung die Trockenlegung der Baustelle am ehesten gelingen wird, so daß darüber mit dem Mauerwerk des Fundamentes begonnen werden kann.

II. Aber nicht nur den gewachsenen Felsboden haben wir zu den guten und festen Baugründen gezählt, sondern auch aufgeschwemmten Boden, wie Kies, Sand, Lehm u. s. w. Bei diesen Gründen wird man die oben erwähnte Rücksicht gegen das Eindringen von Nässe und Frost noch weniger aus den Augen setzen dürfen, schon deshalb nicht, damit nicht Ungeziefer unter dem Fundament hindurch den Weg in das Innere des Gebäudes findet.

Wenn man auf Kies in bedeutender Tiefe zu fundieren und dabei mit Grundwasser zu kämpfen hat, so wird die Arbeit oft dadurch bedeutend erschwert, daß sich eine solche Baugrube, auch mit Hilfe der wirksamsten Maschinen, nicht trocken legen läßt, indem der Kies dem Wasser sehr leicht den Durchgang gestattet, und dieses um so reichlicher aus der Sohle der Baugrube hervorzuquellen pflegt, je kräftiger man das Wasserschöpfen betreibt. Grober Kies wird nun hierdurch zwar nicht merklich gelockert, doch wird auch in diesem Falle wieder die Versenkung einer Lage Beton am leichtesten zum Ziele führen.

III. Hat man auf einem Sandgrunde zu fundieren, so wird man das Gebäude nicht auf die obere Sandschicht setzen können, weil eine gewisse Einsenkung erfolgen würde. Nach Hagen ist die Last, welche eine gegebene Grundfläche in reinem Sandboden tragen kann, dem Quadrat der Tiefe der Einsenkung proportional. Nennt man daher die Einsenkung, d. h. die Entfernung der Unterfläche des Fundamentes von der Oberfläche der Sandschicht e, die zu tragende Last L und eine aus Versuchen zu bestimmende Konstante k, so wird man haben:

$$e^2 k = L,$$

$$e = \sqrt{\frac{L}{k}} \text{ und}$$

$$k = \frac{L}{e^2};$$

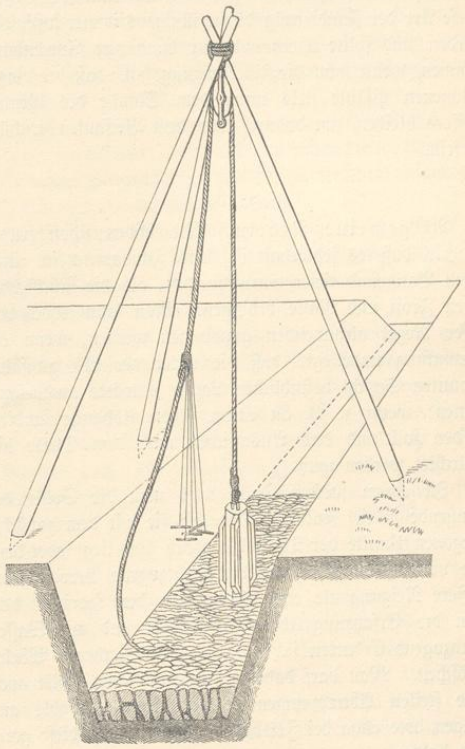
man findet daher die Konstante k, wenn man mit dem Quadrat der Tiefe, bis zu welcher eine Last in Sand einsinkt, diese selbst dividiert.

Hat man auf diese Weise durch unmittelbare Versuche die Tiefe bestimmt, bis zu welcher man das Fundament in die Sandschicht zu versenken hat, und sich von der geschlossenen Lage und der gehörigen Mächtigkeit der Sandschicht überzeugt, so kommt es besonders darauf an, die Entstehung von Quellen in der Sandschicht zu verhüten, weil sie dadurch aufgelockert wird und möglicherweise ihre Tragkraft verliert. Man wird daher, wenn sich Grundwasser zeigt, ein starkes Wasserschöpfen vermeiden müssen, und das beste Mittel wird wieder die Bedeckung der Sohle der Baugrube mit einer Betonlage sein, bevor man mit dem Wasserschöpfen beginnt. Zuweilen kann man sich aber auch dadurch helfen, daß man die Baugrube in kleinere Trennstücke zerlegt und jede derselben für sich behandelt, ein Verfahren, das man bei schlechtem Baugrunde überhaupt mit Vorteil anwenden kann. Es ist dann für eine möglichst gute Verbindung der pfeilerweise aufgeführten Fundamente zu sorgen, d. h. man wird die einzelnen Pfeiler mit Verzahnung oder Abtreppung und nur so hoch aufmauern, als unumgänglich notwendig ist, damit man noch eine möglichst große, im Zusammenhang aufgeführte Mauermasse über diesen Pfeilern erhält, welche am meisten für die Solidität des Fundamentes garantiert. Um die Entstehung von Quellen zu verhüten, kann man das Fundament auch mit einer Spundwand umgeben, die in reinem Sande am leichtesten ausführbar ist.

Die Eigenschaft des reinen scharfen Sandes, daß die einzelnen Körner desselben eine starke Reibung erleiden, sich deshalb in ihrer Lage erhalten und auch einen verschiedenartigen Druck unter sich ausgleichen, läßt ihn bei Fundierungen so vorteilhaft erscheinen, daß man ihn auch da, wo er nicht vorhanden war, zu Fundierungen angewendet hat, indem man denselben als untersten Teil des Fundamentes künstlich in die Baugrube brachte. Der eigentliche Zweck ist in diesem Falle die Verteilung der Last mittels des Sandes auf eine größere Grundfläche, und wir werden daher bei den Fundierungen auf schlechtem Baugrunde auch die Sandschüttungen zu besprechen haben.

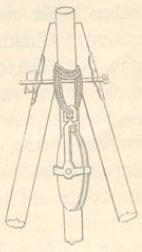
IV. Den Thon haben wir schon früher, jedoch nur in dem Falle als guten Baugrund bezeichnet, wenn er gehörig trocken ist. Sehr schwere Gebäude werden sich in einem solchen Boden nämlich immer, wenn auch unbedeutend, senken. Man kann diesem Übelstande nun begegnen und denselben auf ein Minimum reduzieren, wenn man die Sohle der Baugrube stark komprimiert, bevor man das Mauerwerk darauf setzt. Dies wird am besten erreicht, wenn faustgroße Steine regelmäßig und hochkantig, wie ein Pflaster, dicht nebeneinandergesetzt und mit Handrammen eingetrieben werden. Mit Vorteil bedient man sich hierbei der sogenannten Schwungramme

Fig. 50.



(Fig. 50). Ein einfaches, dreibeiniges, aus gewöhnlichen Stangen verbundenes Gestell (Fig. 51) trägt in seinem Scheitel eine feste Rolle, über welche ein Tau geht, an dem der Rammklotz hängt. Derselbe wird von mehreren Arbeitern, die an dem Taue ziehen, leicht bis auf 1 m Höhe und darüber aufgezogen und dann beim Herunterfallen von zwei Arbeitern leicht auf die Stelle geleitet, wo er den Stoß ausüben soll. Eine solche Ramme hat eine bedeutend größere Wirkung als die gewöhnliche, von zwei Mann bediente Handramme. Dringt die erste Schicht Steine mit Leichtigkeit ganz in den Boden ein, so kann eine zweite darauf gesetzt werden.

Fig. 51.



Auch durch die Anwendung von Füllpfählen hat man die Sohle einer solchen Baugrube zuweilen kompri-

miert, so z. B. bei der Gründung eines Speichers in Hamburg. Das Verfahren bestand darin, daß man kurze, etwa 1 m lange, schwache Pfähle einen dicht neben den anderen setzte und in die Sohle eintrieb, bis sich die letzten gar nicht oder doch nur mit großer Mühe eintreiben ließen. Diese Art der Fundierung dürfte übrigens immer kostspielig werden und sollte überhaupt nur dann zur Anwendung kommen, wenn man die Überzeugung hat, daß die eingeschlagenen Pfähle stets unter dem Stande des Grundwassers bleiben, um dadurch vor dem Verfaulen geschützt zu sein.

§ 13.

Allgemeine Regeln. Wir haben schon früher bemerkt, daß es fehlerhaft ist, das Fundament in einen guten Baugrund tiefer einzuschneiden, als die Rücksichten gegen Frost und Nässe bedingen. Man kann jedoch von dieser Regel abzuweichen gezwungen werden, wenn die Vermutung naheliegt, daß die unter der als tragfähig erkannten Schicht befindlichen Lagen seitwärts ausweichen können; wenn z. B. an einem jähen Abhange fundiert werden soll und das Ausweichen nach dem Thale hin befürchtet werden muß.

In einem solchen Falle wird man die Sohle der Baugrube so tief senken müssen, bis sie mit dem zunächst gelegenen Punkte der Thalsohle gleich hoch liegt oder doch eine von ihr nach diesem Punkte gezogene Gerade keine größere Neigung als etwa 20° gegen den Horizont hat, denn die Erfahrung lehrt, daß weiche und mit Wasser durchzogene Erdarten sich unter keinem flacheren Winkel abböschen. Man darf daher in einem solchen Falle auch keine steilen Abtreppungen in der Baugrubensohle anbringen, wie etwa bei Felsboden, sondern muß diese ganz flach halten.

Was die Anlage der Fundamentmauern selbst anbelangt, so wissen wir, daß die Breite oder Stärke derselben, festen Baugrund vorausgesetzt, von ihrer Höhe und der Stärke der darauf stehenden Mauern abhängt,[1]) und wir haben daher nur noch zu bemerken, daß man zu den untersten Schichten der Grundmauern ausgesucht große und flache Steine verwenden muß, um den Druck auf eine große Fläche zu verteilen. Hat man keine großen natürlichen Steine, und ist man gezwungen, mit Backsteinen zu fundamentieren, wie dies z. B. in Hamburg ganz gewöhnlich geschieht, so sollten die untersten Schichten, die man am besten auf eine dünne Sandschicht setzt, in schnell erhärtendem Mörtel vermauert werden. Sind die Grundmauern später dem Wasser ausgesetzt, so muß man auf sorgfältiges Verstreichen der Fugen in den Mauerhäuptern sehen, damit das Wasser nicht Eingang in das Innere der Mauer findet.

Die Regel, alle Mauern eines Gebäudes immer in gleicher Höhe und im genauesten Zusammenhang aufzuführen, findet auch bei den Grundmauern ihre volle Anwendung, es sei denn, daß man an irgend einer Stelle ein stärkeres Setzen des Grundes voraussetzen muß, und daß man diese möglichst schnell zu komprimieren sucht.

Damit die Grundmauern gehörig austrocknen können, dürfen sie nicht sofort nach ihrer Aufführung mit Erde hinterfüllt werden, eine Regel, gegen welche sehr häufig verstoßen wird. Die Maurer pflegen nämlich, sobald sie einige Schichten gemauert haben, die Fundamentgräben mit der Füllerde vollzustampfen, um auf dieser einen Stand zu gewinnen und so ein Gerüst zu ersparen; zugleich auch oft, um eine mangelhafte Arbeit möglichst schnell dem Auge zu entziehen. Nur wenn man die Wände der Baugrube beinahe senkrecht abgegraben hat und die Mauern nahe an diese heranrücken, muß man den geringen Zwischenraum gleichzeitig mit dem Aufführen der Mauern ausfüllen, weil dies späterhin nicht so vollständig geschehen kann. Dann sollten aber immer Steinbrocken als Füllmaterial verwendet werden.

Gründung auf schlechtem Baugrunde.

§ 14.

Wie es zwischen einem guten und einem schlechten Baugrunde mancherlei Abstufungen giebt, ebenso modifizieren sich auch die Fundierungsarten in den betreffenden Fällen; immer aber bedarf es nicht unbedeutender Vorbereitungen, ehe mit dem Aufmauern der Fundamente begonnen werden kann.

Eine der unerläßlichsten Konstruktionen besteht in der Verbreiterung des Fundamentes. Es ist bekannt, daß man den Fundamentmauern auch auf festem Baugrunde einen breiteren Fuß giebt. Während diese Verbreiterung aber nur die Vergrößerung der Stabilität bezweckt, soll die Verbreiterung des Banketts lediglich die Verteilung des Druckes auf eine größere Grundfläche bewirken, wodurch die Pressung auf die Quadrateinheit des Baugrundes eine geringere wird. Denn jeder Baugrund, auch der schlechteste, wird einem gewissen Drucke Widerstand leisten, der seiner Tragfähigkeit entspricht. Verteilt man jedoch den Druck auf eine größere Fläche, so kann man es erreichen, daß der auf die Flächeneinheit des Baugrundes entfallende Druck auch mit der Tragfähigkeit derselben im Gleichgewichte steht, resp. von letzterer übertroffen wird.

[1]) Vergl. Allgemeine Baukonstruktionslehre, I. Teil.

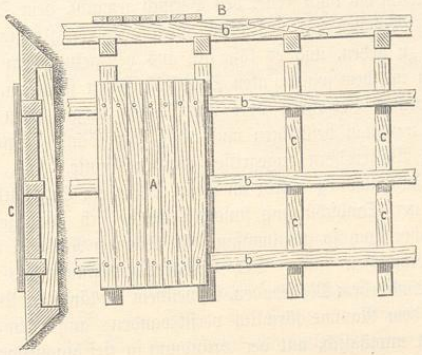
Ein weicher und nachgiebiger Baugrund ist indessen selten von so gleichförmiger Beschaffenheit, daß er an jeder Stelle denselben Widerstand zu leisten vermag, auch wird es oft unmöglich, die Last des Gebäudes auf die Unterfläche des Fundamentes gleichmäßig zu verteilen. Deshalb werden außer der Verbreiterung der Fundamente gewöhnlich noch besondere Zwischenlagen angeordnet, wodurch die Unterfläche derselben in innigeren Zusammenhang gebracht wird, so daß namentlich nicht einzelne Teile des Fundamentes — unabhängig von den anderen — tiefer einsinken können, sondern das ganze Gebäude als Continuum gleichmäßig sinken muß. Infolge dieses Zusammenhanges der tragenden Teile soll weder die absolute, noch die Bruchfestigkeit des Materiales überschritten werden.

Derartige steife Zwischenlagen wurden bei nicht ganz inkompressiblem Untergrunde, früher häufiger als jetzt, angewandt, man nennt sie Roste und unterscheidet Schwellroste und Pfahlroste. Die letztgenannte Fundierungsweise auf Pfählen gehört auch jetzt noch zu den häufiger ausgeführten künstlichen Gründungsarten, während die Fundierung auf Schwellrost neuerdings seltener gewählt wird, weil in den Fällen, wo sie sich wirklich nutzbringend erweisen könnte, Beton vorgezogen wird.

§ 15.

Gründung auf Schwellrost (liegender Rost). Wir haben die in Deutschland gebräuchliche Konstruktion eines solchen Rostes bereits im II. Teil der „Allgemeinen Baukonstruktionslehre“ (Kap. 5, § 4, mit Taf. 18) kennen gelernt. Es werden hierbei die unmittelbar auf dem geebneten Boden liegenden Querschwellen c c (Fig. 52) an denjenigen Stellen, wo die

Fig. 52.



Langschwellen sie treffen, 5 bis 8 cm tief eingeschnitten, während die Langschwellen in voller Stärke bleiben. Sind zwei solche Schwellen zu stoßen, so geschieht es über einer Querschwelle durch schräges Hackenblatt oder durch stumpfen Stoß unter Anwendung eiserner Klammern, doch soll mehr als ein Stoß auf einer solchen Querschwelle nicht vorkommen.

In Frankreich legt man nicht die Quer-, sondern die Langschwellen auf den geebneten Boden und streckt die Querschwellen als Zangen darüber. Zwischen den letzteren und parallel mit ihnen sind Bohlen auf den Langschwellen verlegt.

In England werden auf dem geebneten Boden große Steine ausgebreitet und auf diesen ruhen die weniger dicken als breiten überschnittenen Rostbalken, die durch aufgenagelte Bohlen zusammengehalten werden.[1])

Ein fester Schwellrost wird auch erreicht, wenn zwei sich unter rechtem Winkel kreuzende Lagen von 18 cm dicken Halbhölzern eben verlegt und unter sich durch eiserne Nägel verbunden werden.[2])

Allgemeines. Obwohl die Schwellroste nicht so viel Steifigkeit besitzen, um unter Einfluß großer Belastung vor jeder Biegung gesichert zu sein, so gewähren sie doch — namentlich im Anfange des Baues — große Vorteile, d. h. so lange der Mörtel noch nicht erhärtet ist und die Mauern noch nicht genügenden Zusammenhang haben, um dem Einsinken einzelner Teile des Fundamentes widerstehen zu können. Die Steifigkeit des Rostes wird also erheblich vergrößert, wenn man die ersten Fundamentschichten so lange ohne weitere Aufmauerung stehen läßt, bis die Erhärtung des Mauerwerkes vor sich gegangen ist; das Einsinken einzelner Steine der Schicht wird dadurch unter allen Umständen verhindert. — Immer wird man aber gut thun, den Schwellrost nie anders als auf gleichmäßig komprimierbarem Grunde zu verwenden.

Einen großen Vorteil gewährt der Schwellrost durch die vortreffliche Verankerung aller Fundamentteile unter sich mittels der Langschwellen; solche Ankerung ist namentlich überall da von Nutzen, wo Gewölbe tragende Wände auf diese Weise miteinander verbunden werden. Aus diesem Grunde muß auch auf tüchtigen Verband der Stöße großes Gewicht gelegt werden. — Daß die Unterlage der Stöße wohl gesichert werden muß, wurde bereits erwähnt.

Auch bei den gewöhnlichen Rostkonstruktionen, wie solche Fig. 51 zeigt, ist der Raum zwischen den Quer- und Langschwellen nicht hohl zu belassen, sondern — am besten mit Mauerwerk — auszufüllen. Hat man Thon und Lehm zu diesem Zweck, so kann man ihn durch Stampfen komprimieren, Sand und Bauschutt dagegen kann durch

1) Die Tragfähigkeit der Langschwellen wird hierbei erheblich geschwächt.

2) Telford legte bei der Serwenbrücke zu Tewkesburg die 15 cm starken Bohlen diagonal zur Fugenrichtung des Mauerwerkes, die Bohlenlagen waren mit einer Spundwand umschlossen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Rammen im angenäßten Zustande gut komprimiert werden. Sehr gut hat sich auch das Einbringen eines mageren Betons bewährt.

Gegen Unterspülung des Fundamentes und zur Sicherung des Bodens gegen seitliches Ausweichen umschließt man den Schwellrost gern mit einer Spundwand. Das Ausdrängen der Erde unter dem Roste wird dadurch allerdings verhindert, aber der Rost gegen Unterspülung nicht zweifellos gesichert, weil Spundwände nie vollständig wasserdicht herzustellen sind; und könnte dies auch im Innern der Spundwand geschehen, so wird doch bei stark strömenden Wasseradern die Möglichkeit einer äußeren Entblößung von Erde nicht ausgeschlossen sein, wodurch die Spundwand eingebogen werden kann. Daraus folgt als Regel:

daß bei quelligem Terrain der Schwellrost überhaupt nicht am Platze ist.

Spundwände haben aber den Vorteil, daß sie eine feste Umschließung der Baugrube und dadurch deren Trockenlegung erleichtern. Um ein gleichmäßiges Sinken der Konstruktionsteile des Rostes zu ermöglichen, darf derselbe daher nirgend mit der Spundwand in Berührung gebracht werden. Gewöhnlich benutzt man die vordere Langschwelle als Lehre beim Einrammen der Spundwand, wodurch diese nahe an den Rost zu stehen kommt und die Fuge zwischen beiden durch die Schwelle gedeckt erscheint.

Gründung auf Sandschüttung.

§ 16.

Eine weitere Methode der Verbreiterung des Fundamentes besteht, wie wir schon kurz erwähnt haben, in der Anwendung einer starken Sandschüttung. Der Zweck ist hier wieder, ein ungleichmäßiges Einsinken des Gebäudes dadurch zu verhüten, daß der besonders nachgiebige Stellen treffende Druck auf festere Umgebungen übertragen wird. In Frankreich hat man von diesem Verfahren schon seit längerer Zeit Gebrauch gemacht. Die Erfahrung scheint es zu bestätigen, daß man mit einer solchen Sandschüttung dieselben Zwecke wie durch einen liegenden Rost erreicht, natürlich ohne die Verankerung, welche mit letzterem erzielt werden kann. Es ergeben sich aber für die Sandschüttung die zwei wichtigen Vorteile, daß eine solche beinahe unter allen Umständen leichter ausführbar und daher wohlfeiler ist, schon deshalb, weil sie keineswegs so tief zu liegen braucht, daß sie immer unter dem niedrigsten Grundwasserstande bleibt, da die Festigkeit einer Sandablagerung durchaus nicht leidet, wenn sie auch abwechselnd naß und trocken wird. Es kommt dabei einzig darauf an, dieselbe vor der unmittelbaren Berührung stark bewegten Wassers zu schützen.

Die Anwendung des Sandes in der angegebenen Weise rechtfertigen auch die in dieser Beziehung angestellten Versuche. Diese ergeben, daß der Sand den Druck auf die unteren Schichten innerhalb einer unter 45° geneigten Böschungslinie verteilt.

Wendet man eine solche Sandschüttung an Stelle eines liegenden Rostes an, so wird sie zwar weder ein Sinken im allgemeinen, noch ein ungleichförmiges Senken ganz verhüten können, doch kann dies ein liegender Rost ebensowenig, wenn die Veranlassung dazu in dem Baugrunde gegeben ist.

Eine Sandschüttung bildet immer eine sehr feste Sohle in der Baugrube, welche einzelne Steine des Fundamentes nicht einsinken läßt, und wenn der Grund an einzelnen Stellen besonders weich oder die Last sehr groß sein sollte, so wird der Druck nach Maßgabe der Tragfähigkeit des Grundes durch die Sandschicht sehr gleichmäßig verteilt und durch dieselbe ein ungleiches Einsinken innerhalb gewisser Grenzen sehr sicher vermieden.

Die ersten Versuche mit einer solchen Fundierung wurden im Jahre 1823 in Paris beim Bau des Kanales St. Martin gemacht; es wurde ein Teil der Kaimauern auf einer 1 m hohen Sandschüttung gegründet. In Bayonne stellte man im Jahre 1831 eine Bastion der Befestigung mittels einer Sandschüttung auf sehr weichen Boden. Hier zeigte sich zwar ein ungleiches Setzen, was aber dadurch seine Erklärung fand, daß der Baugrund nicht in gleicher Tiefe lag, so daß die Sandschüttung an der einen Stelle beinahe den festen Grund erreichte, während sie an einer anderen $1^1/_2$ m darüber, und zwar auf einer ebenso mächtigen Schicht weicher und preßbarer Erde lag. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß in diesem Falle der liegende Rost ein ungleiches Setzen ebenso wenig verhütet haben würde, wie die Sandschüttung.

Man hat auch ferner den Versuch gemacht, dem Sande durch Begießen mit Kalkmilch einen größeren Zusammenhang zu geben, und es läßt sich aus den gelungenen Versuchen mit dem sogenannten Sandkalkpisébau schließen, daß ein solches Verfahren dort mit Nutzen anzuwenden sein wird, wo man befürchten muß, daß der Sand durch bewegte Wasseradern angegriffen werden könnte.

In Hamburg wurde im Jahre 1839 ein Schlachthaus auf einer Sandschüttung fundiert, welche sich zwar gesenkt hat, aber doch so gleichmäßig, daß keinerlei Nachteile hieraus erwachsen sind. Der Baugrund bestand aus fast unergründlichem Moorboden, in welchem die längsten Pfähle unter dem Ramme förmlich verschwanden; außerdem war es fast unmöglich, mit der Gründung so tief hinabzugehen, wie solches ein Holzrost erfordert hätte. Es wurde daher in den Fundamentgräben eine ca. 3 m tiefe und 5 m in der Sohle breite Sandschüttung angeordnet, welche man

dadurch sehr fest lagern konnte, daß man Gelegenheit hatte, durch eine sogenannte Wasserkunst die Baugrube von Zeit zu Zeit mit Wasser zu füllen, das die Sandschicht von oben her durchzog und unterhalb Abfluß fand, indem der Wasserstand der nicht weit entfernten Elbe zur Ebbezeit bedeutend niedriger als die Sohle der Baugrube war. Auf dieser Sandbettung wurde dann das Fundament 1,4 m stark von Backsteinen angelegt und so abgesetzt, daß es auf eine Höhe von 2,2 m noch 0,78 m Stärke behielt. Hierauf wurden die Etagenmauern gesetzt.

Auch das Terrain des jetzigen Bahnhofes der Berlin-Hamburger Eisenbahn zu Berlin bildete früher ein Wiesenland, welches unter der Perronhalle auf 8,8 bis 12,5 m Tiefe Moraſt und Torfuntergrund zeigte.[1]) Dieser Wiesenboden wurde innerhalb der Grenzen des Empfangsgebäudes bis auf den festen Untergrund ausgehoben, darauf Sand in dünnen Lagen eingeschüttet, durch Eingießen von Wasser festgeschlämmt und so die Baugrube wieder gefüllt. Bevor mit dem Aufmauern der Fundamente begonnen wurde, hielt man es für nötig, unter denselben durchgängig einen liegenden Rost anzulegen, der offenbar ohne Nachteil hätte fehlen können. Einige Stellen in der Nähe des Schiffahrtskanales konnten ohne Gefahr nicht ausgehoben werden; hier wurde daher auf Senkbrunnen gegründet, die bis in die gewachsenen Schichten hinabgeführt wurden: trotz dieser Ungleichartigkeit der Fundamente hat das große und schwere Gebäude keine Spur von Rissen erkennen lassen.

Die Gründung des Thüringischen Bahnhofes zu Leipzig erfolgte auf eine Sandschüttung, die nach jeder Richtung sich um 3 m weiter ausdehnte als die äußeren Umfassungsmauern.

Ebenso wurden die Hochbauten des Bahnhofes der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn in Breslau auf Sandschüttung fundiert.[2]) Die über dem guten Baugrunde lagernde Moorschicht von 1,2 m Höhe wurde durch Baggerung weggeräumt und durch Sandschüttung ersetzt. Unter die Fundamente der Gebäude wurde ein Rundsteinpflaster gelegt, dessen kräftiges Abrammen vermöge der daraus hervorgegangenen Erschütterungen die Konsolidation der Sandschicht vollendete, die drei Wochen hindurch periodisch mit Hilfe einer Dampfpumpe mit Wasser überschüttet worden war.

Bei Ausführung von Sandfundamenten wird also das Erdreich bis zur nötigen Tiefe mit der Dossierung ausgehoben, die der Bodenbeschaffenheit entspricht, und die Breitenausdehnung der Sohle der Baugrube zweckmäßig so bemessen, daß die von den Außenkanten der unteren Druckfläche (des Fundamentes) unter 45° gezogenen Linien noch innerhalb der Sohle der Baugrube fallen.

Zuweilen ist man gezwungen, um die Stärke der Sandschüttung nicht durch Einschneiden der Fundamente zu verringern, das Gebäude direkt auf die Sandschüttung und im Niveau des umgebenden Erdreiches aufzusetzen. Damit nun für die Fundamente diejenige Tiefe unter Terrain erreicht werde, welche erfahrungsmäßig erforderlich ist, um die nachteiligen Wirkungen des Frostes abzuhalten, muß das Gebäude mit einem rampenartigen Erdaufwurfe versehen werden. Die Kellerräume werden in diesem Falle im Rez-de-chaussée angelegt.

Gründung auf Pfahlrost.

§ 17.

Wenn man einen festen Baugrund durch Aufgraben nicht erreichen, denselben aber unter einer weichen, nachgebenden Schicht mit Sicherheit vermuten kann, so wendet man den Pfahlrost an, dessen Konstruktion in Kap. V, § 4 des II. Teiles der „Allgemeinen Baukonstruktionslehre“ behandelt ist. Der eigentliche Zweck des Pfahlrostes ist, die Last des Gebäudes mittels der Pfähle durch die weiche Erdschicht hindurch auf den festen Baugrund zu übertragen. Es ist indessen nicht selten, daß man den Pfahlrost auch da anwendet, wo die Pfähle keine festere Erdschicht als die bereits durchdrungene erreichen, also mit ihren Spitzen nicht auf festem Grund aufstehen. In diesem Falle ist es nur die an der Peripherie der Pfähle stattfindende Reibung, welche ein tieferes Einsinken derselben und der von ihnen getragenen Last verhindert, und man pflegt aus dem leichteren oder schwereren Eindringen der Pfähle unter den Schlägen des Rammklotzes auf ihre geringere oder größere Tragfähigkeit zu schließen.

Die Konstruktion des Rostes selbst erleidet mancherlei Veränderungen, und die wichtigsten von diesen werden wir kurz erwähnen. Bei der Anwendung des Pfahlrostes bleibt es, wie bei dem liegenden Roste, eine Hauptbedingung, denselben immer so anzuordnen, daß seine Oberfläche unter dem niedrigsten Stande des Grundwassers bleibt. Es giebt zwar einige Beispiele, wo diese Regel umgangen ist, indem man voraussetzte, der Boden um den Rost herum würde, durchaus vor dem Zutritt der Luft geschützt, seine Feuchtigkeit behalten, besonders wenn er aus einer fetten, zähen Erdart besteht. Solche Ausnahmen mögen in einzelnen Fällen glücken, bleiben aber immer gefährlich und sind deshalb als Ausnahmen zu betrachten.

Zu den Pfählen des Rostes wird gewöhnlich das Holz der Kiefer oder Föhre (pinus sylvestris) verwendet. Zu dem eigentlichen Rostbelag nimmt man gern Eichenholz, wenn es nicht zu teuer kommt, doch ist Nadelholz ebenfalls sehr wohl anwendbar.

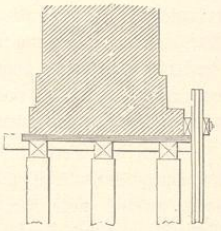
1) Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1856, S. 487.
2) Deutsche Bauzeitung 1875, S. 375.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da jedes Fundament in einer gewissen Richtung Widerstand leisten muß, so kann der Fall vorkommen, daß man die Pfähle eines Rostes nicht vertikal, sondern geneigt einrammen muß, wenn nämlich die Richtung der Resultierenden aus den auf das Fundament wirksamen Pressungen nicht vertikal ist, denn es ist einleuchtend, daß die Pfähle den größten Widerstand leisten werden, wenn sie in der Richtung dieser Resultierenden eingerammt sind. Diese Betrachtung wird besonders in dem Falle wichtig, in welchem nur die Pfähle *mit ihren Spitzen* den festen Boden erreichen und mit ihrer übrigen Länge in einem weichen, nachgebenden Grunde stecken. Bei Hochbauten werden die erwähnten Rücksichten selten zu nehmen sein, indem die Resultierende aus den Pressungen auf das Fundament in den meisten Fällen vertikal gerichtet, oder so wenig von dieser Richtung abweichend sein wird, daß sie unbedenklich als vertikal angenommen werden kann. Bei Wasser-, namentlich Brücken- und Uferbauten, kommt es dagegen nicht selten vor, daß die Rostpfähle unter einer Neigung gegen die Vertikale eingerammt werden und auch der Rostbelag geneigt angeordnet wird.

Bei der Anwendung des Pfahlrostes ist die Anordnung einer Spundwand sehr gewöhnlich. Ihr Zweck ist hier im wesentlichen der, eine Verminderung des Wasserzudranges während des Baues und ein Zusammenhalten des Erdkörpers unterhalb des Rostes zu bewirken. Da hier ein Einsinken des Rostes durch Kompression des Baugrundes nicht vorausgesetzt werden kann (wie dies bei dem liegenden Roste der Fall ist), so ist eine innige Verbindung der Spundwand mit dem Roste nicht nachteilig, und man hat dadurch den wichtigen Vorteil, daß das Durchdringen vorhandener Wasseradern wirksam verhindert wird. Die Anordnung *mehrerer*, dann meist paralleler Spundwände kommt fast nur bei Wasserbauwerken, namentlich bei Schleusen und Wehren vor. Im Hochbau kommen die Spundwände nur als Umfassungen des Rostes vor, und finden alsdann die passendste Stelle *vor* der äußersten Pfahlreihe, weil sie so den Zweck, den Rost zu schützen, am vollständigsten erfüllen. In vielen Fällen wird es nur vorteilhaft sein, die Spundwand nicht zu nahe an die Pfahlreihe zu stellen, um das Eindringen der Pfähle dieser Reihe nicht zu erschweren, denn früher als diese Pfähle muß die Spundwand jedenfalls eingerammt werden, weil ihre Herstellung noch mehr erschwert werden würde, wenn der Boden durch das Einrammen der Rostpfähle bereits komprimiert wäre. Bei solcher Stellung der Spundwand kann man dieselbe zuweilen bis 1 m über den Rost hinaufreichen lassen und — indem man einen Thonschlag dahinter bringt — sie zugleich als einen niedrigen Fangedamm für die Baugrube benutzen. Fig. 53 zeigt ein Beispiel solcher Anordnung; es reichen die Zangen und der Belag des Rostes bis dicht an die Spundwand, so daß hierdurch die eingeschlossene Erde, der Thonschlag und auch wohl die in den Rostfeldern angebrachte Ausmauerung bedeckt und geschützt werden. Unsere Figur zeigt zugleich statt des gewöhnlichen Holmes zwei schwächere Zangen, welche mit den (schwachen) Spundpfählen verbolzt sind und von denen das innere auf dem Belage des Rostes liegt.

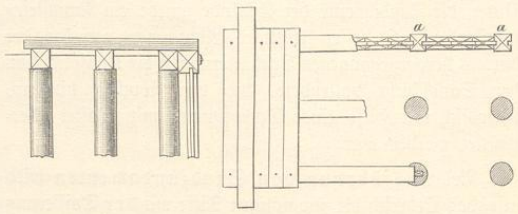
Fig. 53.



Da die Spundwand und der Rost immer vom Grundwasser bedeckt bleiben sollen, so wird man die beschriebene Konstruktion nur in dem Falle anwenden können, wenn der Wasserspiegel in der Baugrube so weit gesenkt werden kann, daß der Rost die tiefere Lage erhält. Die Spundwand kann übrigens nach Aufführung der Fundamente bis zur Höhe des niedrigsten Wasserstandes abgeschnitten werden. Geht dies nicht an, oder besteht die Spundwand aus stärkeren Pfählen, bei denen man den starken Holm nicht gern entbehrt, so legt man diesen hart an die vordere Langschwelle des Rostes und bolzt ihn mit dieser zusammen. Die Zangen und der Bohlenbelag reichen dann über den Holm der Spundwand hinweg, dürfen aber in dem Falle, daß die Spundwand dem fließenden Wasser ausgesetzt ist, nicht überstehen. Während die Zangen mit den Rostschwellen verkämmt sind, liegen sie auf dem Holme mit einem Blatte stumpf auf, weil man den Holm nicht gern durch die Einschnitte der Kämme schwächt (Fig. 54).

Eine *Abweichung* von der bisher erörterten Konstruktion bildet die bei den Franzosen übliche Anordnung, die Spundwand in die erste Reihe der Rostpfähle zu setzen, wobei die eigentlichen Rostpfähle a (Fig. 55) Spundpfähle

Fig. 54. Fig. 55.



sind und ebenso tief eingerammt werden müssen, als die übrigen Rostpfähle, während die Zwischenräume mit schwächeren Spundpfählen ausgefüllt werden. Diese Anordnung ist *nicht* zu empfehlen, denn die Spundwand soll die Rostpfähle schützen, und diesen Zweck verfehlt sie bei

der ersten Reihe, welche jedenfalls des Schutzes am bedürftigsten ist, durchaus; außerdem wird die Ausführung einer solchen Spundwand, bei welcher einzelne stärkere Pfähle tiefer herabreichen als die ihrigen, außerordentlich schwierig.

Eine weitere Abweichung besteht darin, die Zangen über den Rostschwellen ganz fortzulassen, wie solches in England, Frankreich und Holland ganz gewöhnlich zu geschehen pflegt. Die Zangen eines Pfahlrostes haben nämlich einen ganz anderen Zweck als die Unterlagen oder Querschwellen des liegenden Rostes. Letztere sollen den Langschwellen eine Unterstützung gewähren und den Druck auf dieselben gleichmäßig verteilen helfen, die Zangen aber haben nur den Zweck, die Langschwellen, über welche sie gekämmt sind, in ihrer Lage zu erhalten und ein Ausweichen derselben nach der Seite, wenn ein solches Bestreben vorhanden sein sollte, zu verhüten. Denn die Langschwellen des Pfahlrostes werden durch die Pfähle überall hinreichend unterstützt. Da nun bei Hochbauten fast immer das Bestreben, die Langschwellen seitwärts zu verschieben, fehlt, so rechtfertigt sich das Fortlassen der Zangen in solchen Fällen vollkommen, da die Lage der Langschwellen außerdem durch den festgenagelten Dielenbelag angemessen gesichert ist.

In England, wo das Holz hoch im Preise steht, geht man noch weiter, und läßt auch den Bohlenbelag fort, doch ist dies bei dem Pfahlroste gefährlicher als bei dem liegenden, weil schon die ersten Schichten des Mauerwerkes, wenn sie auf keinem Dielenbelage ruhen und der Boden nachgiebig ist, in den Rostfeldern sich senken, wodurch der Verband des Mauerwerkes gestört werden würde.

Dagegen wird diese Methode da mit Vorteil angewendet, wo der Pfahlrost nur den Zweck hat, bei eintretenden Unterspülungen des an sich tragfähigen, aber leicht beweglichen Bodens die Last des Bauwerkes auf tiefere Schichten zu übertragen und so im Notfalle als Reserve zu dienen.

Wo, wie in Deutschland, das Holz einen so hohen Preis noch nicht erreicht hat, da behält man den Rostbelag am besten bei, die Zangen aber können unbedenklich fortgelassen werden.

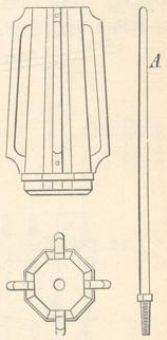
Ausführung der Rammarbeiten.

§ 18.

Nicht nur bei den Fundierungen auf Rost, sondern auch in manchen anderen Fällen wird das Einschlagen von Pfählen bis auf eine bedeutende Tiefe auf den Baustellen nötig. Bekanntlich bedient man sich zu dieser Arbeit der Ramme. Der Hauptteil derselben ist der Rammklotz, Rammbär, eine Eisenmasse oder ein schwerer Holzklotz, welcher stoßweise auf den Pfahl wirkt und ihn dadurch in den Boden treibt. Das Heben des Rammklotzes, um den Stoß ausüben zu können, wird auf verschiedene Weise bewirkt, und hiernach unterscheidet man: Handrammen, Zugrammen, Kunstrammen, Dampframmen und in neuester Zeit auch Pulverrammen.

1) Die einfachste Ramme ist die Handramme, sie besteht nur aus dem Rammklotz, welcher unmittelbar und aus freier Hand durch Arbeiter gehoben und auf den Pfahl herabgestoßen wird. Zu diesem Zwecke sind an demselben — in der Regel vier — Bügel angebracht, welche als Handhaben dienen und gewöhnlich so lang sind, als der Klotz, damit die Arbeiter in verschiedenen Höhen angreifen können. Das Gerät besteht ganz aus Holz; die Form ist meistens eine abgerundete, achtseitige Pyramide, die sich ohne großen Holzverlust aus einem runden Stammabschnitte bilden läßt. Fig. 56 zeigt eine solche Handramme im Grundriß und Aufriß. Unten wird der Klotz mit einem starken eisernen Ringe beschlagen, den man „handwarm“ von oben auftreibt, bevor die Bügel befestigt sind. Eine Befestigung des Ringes durch Nägel oder eiserne Krampen ist nicht zweckmäßig, weil diese durch die Erschütterung lose werden und beim Eintrocknen des Klotzes den Ring am weiteren Herabsinken hindern würden, was geschehen muß, wenn der Ring immer fest schließen und den Klotz dadurch am Zerspringen hindern soll. Aus diesem Grunde soll auch recht trockenes Holz verwendet und der Ring so angebracht werden, daß er anfänglich 16 bis 18 cm vom unteren Ende des Klotzes entfernt bleibt. Das zweckmäßigste Material zu einem Rammklotze ist Eichen- oder Rüsternholz.

Fig. 56.

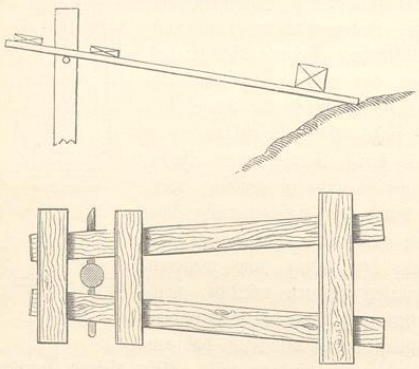


Der Gebrauch der Handramme setzt immer kräftige und eingeübte Arbeiter voraus. Man darf hierbei etwa 12,5 kg Gewicht des Klotzes bei 1 m Hubhöhe auf jeden Arbeiter rechnen, und da sich deren nicht mehr als vier anstellen lassen, so beschränkt sich das ganze Gewicht des Rammklotzes auf etwa 50 kg. So lange der Pfahl noch hoch steht, muß der Klotz sehr hoch gehoben werden, wobei die Arbeiter ängstlich werden. Um diesen Übelstand zu beseitigen und den Effekt der Ramme zu erhöhen, sucht man die Richtung des Klotzes dadurch zu fixieren, daß man auf dem Pfahle eine schmiedeeiserne Stange anbringt, welche den Klotz führt. Fig. 56 zeigt bei A eine solche von 1,5 m Länge und 4 cm Durchmesser. Sie ist am unteren Ende mit einem Gewinde und dicht darüber

mit einem vier- oder sechseckigen Ansatz versehen, um sie mit einem Schlüssel fassen zu können. Nun wird möglichst genau in der Achse des Pfahles ein passendes Loch vorgebohrt und in dieses die Stange so eingeschraubt, daß sie in die Verlängerung der Pfahlachse fällt. Auch der Rammklotz muß in der Richtung seiner Achse durchbohrt werden, so daß er mit hinreichendem Spielraum an der eisernen Stange auf und nieder gleiten kann; an seiner Unterfläche erhält er eine Vertiefung, damit er nicht auf den eckigen Ansatz der Stange auftößt. Da die Arbeiter hierbei ein Herabfallen des Klotzes nicht mehr zu fürchten haben, arbeiten sie dreister und mit mehr Kraft. Die eiserne Stange kann nach dem Einrammen des Pfahles wieder ausgeschraubt und von neuem gebraucht werden.

Um das Einrammen mittels der Handramme noch mehr zu erleichtern, kann man, nach Fig. 57, ein kleines Gerüst

Fig. 57.



anwenden, auf welchem die Arbeiter stehen, und hier nicht nur durch ihr eigenes Gewicht den Effekt der Arbeit erhöhen, sondern dieselbe auch dadurch erleichtern, daß sie den Kopf des Pfahles immer in derselben zweckmäßig gewählten Höhe vor sich behalten. Das Gerüst ruht nämlich mit dem vorderen Ende auf einer durch den Pfahl gesteckten, starken, eisernen Stange, so daß es sich bei tieferem Einsenken des Pfahles samt den darauf stehenden Arbeitern senkt.

§ 19.

2) Zu größeren Rammarbeiten bedient man sich der Zugramme, bei welcher der Rammklotz an dem Rammtau hängt, welches über eine, auf besonderem Gestelle befestigte Rolle, die Rammscheibe, geht und von den Arbeitern mittels an dem Rammtau befestigter Leinen stoßweise in die Höhe geschnellt wird. Der Rammklotz findet Führung an dem Gestell selbst, so daß er sicher den Pfahl treffen muß.

Die Einrichtung der Zugrammen ist in den verschiedenen Gegenden ebenfalls verschieden. Fig. 1, Taf. 71, stellt eine in Norddeutschland übliche Ramme dar, die sich durch die Menge starker Hölzer und ihr daraus sich ergebendes großes Gewicht auszeichnet. Dies sichert ihr zwar einen festen Stand, erschwert aber auch ihr Aufstellen und den Transport von einem Pfahle zum anderen (das sogenannte „Verfahren").

Die Ramme besteht aus einem Schwellwerk, auf dem die Ruten und Streben aufstehen. Die Rute a zur Leitung des Rammklotzes nimmt oberhalb die Rammscheibe auf, über welche das Rammtau geht, und wird durch die beiden Seitenstreben bb gehalten; diese drei Hölzer bilden mit der Schwelle c die Vorderwand der Ramme, die durch die Hinterstreben dd in ihrer vertikalen Stellung gehalten wird. Letztere tragen einen einfachen Hornhaspel, der als Winde dient, mit welcher — mittels des Pfahltaues e — die einzurammenden Pfähle aufgerichtet werden. Dieses Pfahltau läuft über zwei feste Rollen, in einem auf der Rute befestigten Holze, dem sogenannten „Triezkopfe" t.

Die Verbindung der genannten Hölzer wird, um sie leicht herstellen und lösen zu können, durch Zapfen und eiserne Überwürfe bewirkt. Eine Ausnahme machen die Streben, welche an ihrem oberen Ende in die Läuferrute mit Versatzung eingelassen und durch einen Bolzen mit Splint befestigt sind. Eine der Streben in der vorderen Wand ist mit Sprossen versehen, um als Leiter zum Aufsteigen zu dienen.

Das Aufstellen einer solchen Ramme geschieht in der Art, daß man die vordere Wand in horizontaler Lage zusammensetzt, dann — während sie flach auf dem Boden liegt — die übrigen Verbandstücke an den zugehörigen Stellen befestigt. Hierauf wird am oberen Teile der Läuferrute ein Tau befestigt und mittels einer Winde oder eines Flaschenzuges angezogen, wobei man durch Anheben dem Aufrichten der Vorderwand zu Hilfe kommt. Bald muß aber der Zug an dem Taue gemäßigt werden, und endlich sucht man durch ein zweites, an dem Kopfe der Ramme angebrachtes Stopftau, an welchem man einige Arbeiter anstellt, ein zu heftiges Aufschlagen der Verschwellung auf den Boden zu verhüten. Beim Niederlegen ist das Verfahren das umgekehrte. Hat man mehrere Rammen aufzurichten, so wird man nur bei der ersten das beschriebene Verfahren anzuwenden haben und sich dieser dann zum Aufrichten der übrigen mit Vorteil bedienen können. Dasselbe gilt beim Niederlegen der Rammen.

Das Verstellen der Rammen auf der Baustelle, das sogenannte „Verfahren", geschieht nicht durch Zerlegen, sondern sie werden nur stehend, mit Hilfe von Hebebäumen auf untergelegten Walzen u. s. w., verschoben, wobei

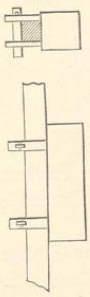
man übrigens große Vorsicht anzuwenden hat, um ein Umschlagen hoher Rammen zu verhüten.

3) Fig. 2, Tafel 71, zeigt eine, nach ganz gleichen Prinzipien konstruierte, Winkelramme. Sie unterscheidet sich von der vorigen nur durch die abweichende Verschwellung und dient zum Einpfählen in Winkeln und Ecken der Baugrube, wo man mit der vorbeschriebenen Ramme etwa nicht zukommen kann. Sie ist schwierig aufzurichten und man wird daher, wenn beide Arten von Rammen auf der Baustelle sind, die Winkelrammen zuletzt und mit Hilfe der übrigen aufrichten.

§ 20.

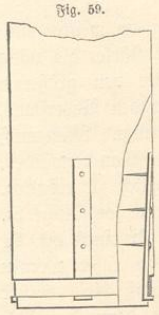
Bei beiden Rammen hat der Rammklotz dieselbe Gestalt und die Einrichtung, welche Fig. 58 zeigt. Er hat vier Arme, welche seitwärts an der Läuferrute vorbeigehen und von denen je zwei hinter derselben durch einen Riegel verbunden sind. Hierbei kann sich der Klotz nicht sicher gegen die ziemlich schmale Fläche der Läuferrute lehnen und schwankt daher etwas, was immer zunimmt, wenn durch den Gebrauch sich die scharfen Kanten der Hölzer abgerundet haben.

Fig. 58.



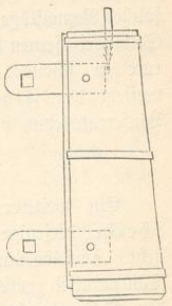
Der Klotz besteht gewöhnlich aus Holz, häufig auch aus Eisen; sein Gewicht schwankt zwischen 300 und 400 kg, je nach dem leichteren oder schwereren Eindringen der Pfähle, und man pflegt als Regel anzunehmen, daß der Klotz wenigstens nicht leichter sein dürfe, als der einzurammende Pfahl. Hölzerne Rammklötze werden gewöhnlich aus Eichenholz angefertigt, und ist dazu gesundes und trockenes Holz auszusuchen, um das Aufreißen, Zersplittern resp. Stumpfschlagen des Rammklotzes zu verhüten. Der heftigen Stöße wegen muß letzterer mit einigen eisernen Ringen beschlagen werden. Meistens gestaltet man den Klotz prismatisch und seinen Querschnitt quadratisch. Ober- und unterhalb erhält er einen etwa 1,5 cm tiefen Einschnitt zum Einlegen der eisernen Ringe. Diese Einschnitte sind nötig, weil an der der Läuferrute zugekehrten Seite Beschlagteile nicht vorstehen dürfen. Jeder Ring wird zwar durch Nägel befestigt, meistens aber noch durch eiserne, hakenförmige Schienen festgehalten, welche man auf den Mitten der Seiten des Rammklotzes einläßt und festnagelt, durch die umgebogenen Ecken wird dann der Ring festgehalten, wie Fig. 59 mit Ansicht und Durchschnitt verdeutlicht.

Fig. 59.

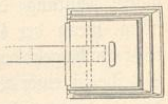


Durch solche Befestigung werden die Ringe zwar vor dem Herabfallen geschützt, nicht aber vor dem Loswerden, wenn das Holz des Klotzes zusammengetrocknet ist. Man thut daher besser, den Klotz pyramidal zu bearbeiten, so daß er sich an drei Seiten nach oben stark verjüngt und nur an der vierten Seite, welche sich an die Läuferrute lehnt, senkrecht zur Grundfläche bleibt. Die Ringe haben nämlich das Bestreben, infolge der starken Stöße an dem Klotze herunterzugleiten, und werden daher bei einer pyramidalen Form desselben durch das Rammen selbst immer wieder fest aufgetrieben, wenn sie durch das Eintrocknen des Holzes lose geworden sind. Die Ringe müssen, namentlich der untere, wenigstens 1,5 cm dick und 5 cm breit gemacht werden. Sie stehen allerdings auf allen Seiten des Rammklotzes um ihre Stärke vor, und damit sie die Läuferrute nicht beschädigen, wird auf dieser Seite ein glatt gehobeltes eichenes Brett, welches passende Einschnitte für die Ringe hat, an den Klotz genagelt. Alle Nägel u. s. w. fallen nun natürlich fort, und damit der unterste Ring auch wirklich an dem Klotze herabgleiten kann, muß er in seiner Weite so bemessen werden, daß er anfänglich gegen 16 bis 18 cm von der Unterfläche entfernt bleibt. Die Ringe werden des festeren Schließens wegen „handwarm" aufgetrieben.

Fig. 60.



Der in Fig. 60 gezeichnete Rammklotz zeigt die hier beschriebene Anordnung. Derselbe gehört zu der in Fig. 3 auf Tafel 71 dargestellten Ramme und hat nur zwei Arme, doch läßt er sich auch leicht so umformen, daß er zu den Rammen Fig. 1 und 2 derselben Tafel gebraucht werden kann.



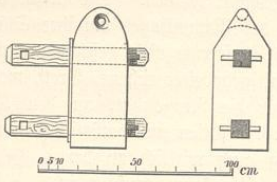
Die Befestigung der Arme am Rammklotz erfordert ebenfalls Aufmerksamkeit. Es ist ratsam, dieselben mit ihrem ganzen Querschnitte in den Klotz einzulassen und durch einen 1,5 cm starken Bolzen, der durch den ganzen Klotz geht, festzuhalten, wie dies Fig. 59 andeutet. Oft sieht man die äußersten Enden der Arme mit eisernen Ringen beschlagen; diese werden bei den heftigen Stößen lose und können das Aufspringen der Arme auch nicht verhindern, sondern fallen herab und können dadurch den Arbeitern, welche unter der Ramme stehen, gefährlich werden. Sind an den hinteren Enden der Arme Riegel nötig, wie in Fig. 58, so müssen 5 bis 7 cm im Quadrat große Löcher in die Arme gestemmt werden; die ebenso starken Riegel haben dann auf einer Seite einen vorstehenden Kopf, so daß sie sich nicht durchziehen können

und erhalten auf der anderen am besten einen gewöhnlichen, eisernen Vorstecknagel.

Zur Befestigung des Rammtaues erhält der Klotz eine Öse aus Schmiedeeisen, welche so in der Oberfläche des Klotzes befestigt wird, daß sie sich in der Schwerlinie des Klotzes befindet, was das Rammen sehr erleichtert. Die aus 3 bis 4 cm starkem Rundeisen geschmiedete Öse muß aber im kalten Zustande eingetrieben werden.

Gußeiserne Rammklötze sind bei Zugrammen verhältnismäßig selten, und da nicht im Gebrauche, wo das Holz mäßig im Preise steht, denn sie zerschlagen die Köpfe der Pfähle leicht, und diese müssen daher bei Anwendung

Fig. 61.



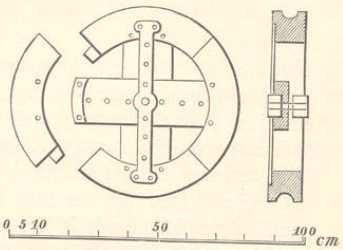
solcher Rammklötze mit eisernen Ringen beschlagen werden. Selbst bei eisernen Rammklötzen macht man, um die Läuferrute zu schonen, die Arme gewöhnlich von Holz und versieht die Fläche des Klotzes, welche sich gegen die Läuferrute lehnt, mit einem „Holzfutter". Vergl. Fig. 61.

§ 21.

Ein weiterer Teil der Ramme ist die Rammscheibe, diejenige feste Rolle, über welche das Rammtau geht. Dieselbe muß so angebracht werden, daß sie das Tau parallel zur Läuferrute führt, d. h. es muß eine aus dem Schwerpunkte des Rammklotzes parallel zur Läuferrute gezogene Linie die Rammscheibe tangieren. Eine solche Führung des Rammtaues wird besonders dann nötig, wenn der Klotz wie beim „Setzen" eines Pfahles recht hoch gehoben werden muß. Ferner soll sich die Scheibe in einer Vertikalebene befinden, welche die Mitte der Läuferrute schneidet, um die Reibung zu verringern. Auch darf die Scheibe keinen zu kleinen Durchmesser bekommen, weil dadurch die Widerstände, welche aus der Steifigkeit des Taues und aus der Zapfenreibung entstehen, so bedeutend vermehrt werden, daß man z. B. bei einem 600 kg schweren Klotze und 4 cm starken Taue die Kraft zum Aufziehen des Klotzes um 50 kg vermindern kann, wenn man den Durchmesser der Scheibe von 26 auf 72 cm bringt. In England will man sogar die Erfahrung gemacht haben, daß der fünfte Teil der Mannschaft entbehrt werden kann, wenn statt der üblichen Scheiben von 25 cm solche von 1,2 m Durchmesser angewendet werden. Diese Scheiben haben dann aber die verbesserte Konstruktion, daß die Achse sich mit ihren Zapfen in Pfannen dreht, während sonst die Scheibe gewöhnlich um einen, im Rammgerüst befestigten, Bolzen ihre Umdrehung macht.

Die Scheiben bestehen in der Regel aus Weißbuchenholz oder Birkenholz; zu kleinen Scheiben kann das feste Pockholz verwendet werden. Kleine Scheiben werden aus dem vollen Holze gedreht, größere aus Felgen und Armen radartig zusammengesetzt, wie Fig. 62 zeigt. Die Arme

Fig. 62.



sind überblattet und in die Felgen verzapft; zwei eiserne, in das Holz eingelassene Schienen bilden die Buchsen, mit denen die Scheibe den Bolzen, der ihr als Drehachse dient, umfaßt.

Die Scheibe findet ihre Befestigung in einem Schlitze der Läuferrute, und als Drehachse wirkt ein durch die Läuferrute gesteckter Splindbolzen (siehe Fig. 3, Tafel 71).

Die „Rille" für das Tau ist in der Scheibe gewöhnlich nur flach eingeschnitten, und damit das Tau nicht herausspringen kann, versieht man die Läuferrute an beiden Seiten mit breiten Backenstücken, welche dies verhindern.

Gußeiserne Rammscheiben haben außer einer größeren Festigkeit und Dauer den Vorzug, daß sie durch den Gebrauch sehr glatte Rillen bekommen, wodurch das Rammtau geschont wird.

Das Rammtau ist der Abnutzung am meisten ausgesetzt, und aus diesem Grunde wird es stärker als nötig genommen. Ein stärkeres Tau ist aber von größerem Durchmesser und Gewicht und vermehrt den Widerstand, der aus der Steifigkeit des Seiles entspringt. Man muß daher das beste Material zu einem solchen Tau verwenden, um den Durchmesser so klein als möglich zu erhalten. Wenn dies der Fall und die Arbeit eine sorgfältige ist, so genügt eine Stärke von 3 bis 3,5 cm für einen 600 kg schweren Rammklotz. Wird das Tau in einer eisernen Öse an dem Rammklotze befestigt, so muß diese vorher einige Zoll dick mit Hanf bewickelt werden, damit das Tau eine weiche Unterlage bekommt, auch nicht zu scharf gebogen zu werden braucht.

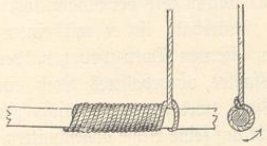
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Am anderen Ende des Rammtaues werden die Zugleinen, an denen die Arbeiter ziehen, angesteckt; deren müssen so viele sein als Arbeiter. Die Leinen sind etwa nur 1,5 cm stark, sollen aber ausreichend lang sein, damit sie weit oben an dem Rammtau angesteckt werden können und keinen zu schrägen Zug veranlassen, wodurch ein großer Teil der Zugwirkung verloren ginge. Am besten ist es, die Leinen alle an einem gemeinschaftlichen Taue a (Fig. 63),

Fig. 63.



Fig. 64.



dem sogenannten Kranztaue, einzuschlingen und dieses auf die in der Figur angegebene Art an dem Rammtaue zu befestigen („anzustecken").

Es kommt darauf an, daß die Enden der Zugleinen, an welchen die Arbeiter mittels Knebeln angreifen, immer in der richtigen Höhe sich befinden, und zwar vor den Augen der Arbeiter, wenn der Rammklotz auf dem Pfahle auffitzt. Da die Zugleinen aber mit dem tieferen Eindringen des Pfahles sich in Beziehung auf den Standpunkt der Arbeiter verkürzen, so können dieselben auch nur immer für eine kurze Zeit die richtige Länge behalten, und man muß daher im stande sein, die Länge leicht zu verändern, was am einfachsten erreicht wird, wenn man nach Fig. 64 die Leine mehrere Male um den, etwa 4 cm starken und 40 cm langen, hölzernen Knebel umschlingt und die letzte Windung verkehrt aufsteckt; dreht man nun den Knebel nach der Richtung des Pfeiles, so verlängert sich die Zugleine von selbst.

§ 22.

Die vorbeschriebenen Rammgerüste sind in Deutschland zwar sehr gebräuchlich, aber, wie schon erwähnt, auch beschwerlich. Um den Gegenstand jedoch nicht über Gebühr auszudehnen, wird es genügen, noch eine Ramme zu beschreiben, die sich durch ihre Einfachheit auszeichnet und zugleich den Vorteil gewährt, daß sich mit derselben Pfähle auch in schräger Richtung einschlagen lassen und sie als Kunstramme gebraucht werden kann. Hagen, dessen Werke wir hier folgen, nennt diese (in Fig. 3, Taf. 71, dargestellte) Ramme die Stützenramme und bemerkt, daß sie hauptsächlich in den Ostseehäfen im Gebrauche sei. Sie besteht außer der verschwellten Vorderwand nur aus der Stütze A, gegen welche erstere sich lehnt. Zwei Taue, die am oberen Ende der Rute befestigt und unten um eingeschlagene Pfähle geschlungen sind, sichern den Stand der Ramme noch mehr, sollen aber nur nötig sein, wenn die Ramme eine nahezu senkrechte Stellung bekommt. Eine Windevorrichtung ist nicht vorhanden, und statt des sonst üblichen Trietzkopfes ist an dem vorderen Ende der Stütze ein starker Haken angebracht, in welchem der obere Block eines Flaschenzuges hängt, der zum Setzen der Pfähle benutzt wird.

Eine solche Ramme läßt sich sehr schnell zusammensetzen, leicht auf unebenem Boden aufstellen und ebenso leicht „verfahren"; zu letzterer Arbeit sind, selbst wenn die Ramme gegen 11 bis 12 m hoch ist, nur sechs bis acht Mann erforderlich. Sie steht zwar nicht so fest als eine mit vollständiger Verschwellung versehene Ramme, auf welcher außerdem noch die Bedienungsmannschaft steht, doch verhüten ein Paar mit Umsicht angebrachte Kopftaue das Umschlagen vollständig. Die Schwelle liegt nur an drei Punkten, da wo die Streben und die Läuferrute auf ihr aufstehen, auf dem Boden, um beim Verfahren der Ramme die Schwelle unten mit Brechstangen fassen zu können.

Diese Ramme gehört zu den sogenannten Scherenrammen, indem die Läuferrute einen Schlitz hat, durch welchen die beiden Arme des Rammklotzes hindurchgreifen und durch einen Riegel gehalten werden. Diesen Schlitz kann man dadurch bilden, daß man aus der stärkeren Läuferrute eine 4 bis 5 cm starke Diele herausschneidet; doch bleibt es immer vorzuziehen, die Rute aus zwei Hölzern zusammenzusetzen. Man kann diese Ramme auch so aufstellen, daß der einzuschlagende Pfahl sich hinter der Schwelle befindet, wozu man den Klotz nur von der anderen Seite mit seinen Armen durch die Läuferrute zu stecken braucht.

Mit der an der Ramme Fig. 1, Taf. 71, angebrachten Winde kann man zwar das Setzen der Pfähle sehr sicher vornehmen, doch geht diese Arbeit, weil an der Winde nur wenige Mann Platz haben, langsam, und da es an Arbeitern selten fehlt, so kommt man mit einem Flaschenzuge, bei dem sich mehr Leute anstellen lassen, rascher zum Ziele.

§ 23.

Die Zahl der Arbeiter bei einer Zugramme wird nach dem Gewichte des Rammklotzes bestimmt, und man rechnet dabei 14 bis höchstens 15 kg auf den Mann. Im Durchschnitt wird man dann auf eine Hubhöhe von 1,4 bis 1,5 m rechnen können.

Hat man eine große Anzahl Pfähle, namentlich Grundpfähle, d. h. solche, die ganz im Grunde stecken, einzu-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schlagen, so bedient man sich mit Vorteil zweier verschiedener Rammen, einer mit einem leichteren, 150 bis 200 kg schweren Klotze, die dann mit 12 bis 16 Mann zu besetzen ist, und einer mit einem schwereren Klotze und zahlreicherer Mannschaft. Mit der ersten Ramme wird der Pfahl gesetzt, und erst wenn die Schläge des leichteren Klotzes ohne erhebliche Wirkung bleiben, rückt man mit der ersten Ramme weiter und rammt mit dem schwereren Klotze den Pfahl völlig fest. Die zweite Ramme findet den Pfahl immer schon in bedeutender Tiefe und bedarf daher keiner großen Höhe.

Der Platz, welchen die Arbeiter an den Zugleinen einnehmen, heißt die Rammstube, und diese muß so groß sein, daß sie für jeden Arbeiter 0,4 bis 0,6 qm Raum gewährt. Die Arbeiter dürfen nicht so dicht stehen, daß sie sich gegenseitig hindern, aber doch so nahe zusammen als thunlich, damit der Zug der an der äußeren Peripherie des Haufens Stehenden kein zu schiefer wird.

Die Rammarbeit ist eine so anstrengende, daß die Arbeiter sehr häufig ruhen müssen. Es werden jedesmal 20 bis 25 Schläge rasch hintereinander gemacht, was man eine „Hitze" nennt, und dann tritt eine Pause von zwei bis drei Minuten ein. Ein zuverlässiger Arbeiter, der bei den übrigen Autorität genießt, leitet die Arbeit durch seinen Zuruf, er führt keine Zugleine, sondern das untere Ende des Rammtaues. Dieses nennen die Arbeiter an manchen Orten das Schwanztau, und daher führt jener Arbeiter den Namen Schwanzmeister.

Fig. 65.



Ein anderer Arbeiter, am besten ein Zimmermann, leitet das Aufrichten der einzurammenden Pfähle, das „Setzen" derselben, und sorgt für die Einhaltung der richtigen Stellung des Pfahles, indem er denselben fortwährend beobachtet und durch Anbinden mit Stricken oder Abspreizen an der Läuferrute oder anderen durch die Lokalität gebotenen Gegenständen in der gehörigen Richtung zu erhalten sucht, bis der Pfahl so tief eingedrungen ist, daß man ein Verdrehen desselben nicht mehr zu befürchten hat. Dieser Arbeiter führt den Namen Pfahlmeister.

Soll ein Pfahl gesetzt werden, so wird er an das Windetau, welches von dem Trietzkopfe herabhängt, oder an ein Tau, welches an dem unteren Blocke des Flaschenzuges befestigt ist, „angeflohrt", d. h. so befestigt, wie es Fig. 65 zeigt, und in die Höhe gezogen, bis er frei vor der Läuferrute schwebt. Alsdann wird er in die Lage gebracht, in welche er eingerammt werden soll, und man kommt hierbei leichter und sicherer zum Ziel, wenn man den Pfahl langsam herabläßt, aber durch Drehen im Grunde zu befestigen sucht, als wenn man denselben von einiger Höhe herabfallen („einschießen") läßt, wobei er leicht die Richtung verliert und aufs neue gehoben werden muß.

Soll ein Pfahl so tief eingerammt werden, daß der Kopf desselben tiefer zu stehen kommt als die Schwelle der Ramme, und hat man hierzu keine besonders eingerichtete Scherenramme, so muß man sich eines sogenannten Aufsetzers bedienen. Ein solcher besteht aus einem eichenen Klotze, welcher oberhalb mit einem oder zwei Armen, ähnlich wie der Rammklotz, sich an die Läuferrute lehnt. Unterhalb ist er mit einem etwa 15 cm langen, starken, eisernen Dorn versehen, der in ein in den Kopf des Pfahles vorgebohrtes Loch eingreift. Vorher wird der Pfahl, welcher gewöhnlich „stumpf" geschlagen ist, senkrecht auf seine Achse abgeschnitten, und man muß dafür sorgen, daß das Loch für den Dorn des Aufsetzers genau in der Achse des Pfahles eingebohrt wird. Ohne Not darf man einen solchen Aufsetzer nicht anwenden, denn es wird durch dieselben die Wirkung des Rammklotzes bedeutend geschwächt (nach angestellten Versuchen um ein Drittel).

§ 24.

Bei weitem vorteilhafter als die vorbeschriebene Zugramme ist die „Kunstramme", die sich von der ersteren im wesentlichen dadurch unterscheidet, daß der Bär nicht direkt durch Menschenkraft, sondern mit Hilfe einer Winde gehoben wird, an deren Kurbel die Arbeiter wirken. Bei der Zugramme findet nämlich eine sehr unzweckmäßige Verwendung der Arbeitskraft statt, weil auf eine sehr große Anstrengung der zahlreichen Mannschaft während 40 bis 60 Sekunden stets eine Ruhepause von zwei bis drei Minuten eintreten muß; auch ist der Fleiß einer größeren Anzahl dicht gedrängt stehender Arbeiter schwer zu kontrollieren. Rechnet man auf eine Hitze mit Einschluß der Erholungspausen vier Minuten Zeit, so giebt dies pro Stunde 15 Hitzen und in einem Tage von 10 Arbeitsstunden 150 Hitzen. Rechnet man ferner vom Gewicht des Rammklotzes 15 kg pro Mann bei 1,5 m Hubhöhe und 20 Hübe in einer Hitze, so findet man das mechanische Moment eines Arbeiters während eines Tages $= 150 . 15 . 1{,}5 . 20 = 67500$ Meterkilogramm.

Während hiernach bei einem 600 kg schweren Bär 40 Arbeiter an der Zugramme nötig sind, genügen zum Aufwinden eines Bärs von gleichem Gewicht an der Kunstramme vier Arbeiter, und ein Schlag der Kunstramme bewirkt bei schwer durchdringbarem Boden oft ein tieferes Eindringen des Pfahles als eine mehrstündige Arbeit an der Zugramme. Ein Vergleich der Betriebskosten beider Ramm-Methoden, der beim Bau der steuerfreien Nieder-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

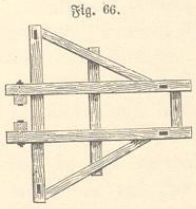
lage in Harburg angestellt wurde, ergab: daß eine Zugramme zwar zweimal so schnell arbeitet als die Kunstramme, daß sie aber viermal so teuer ist, als jene, und neunmal soviel Arbeiter erfordert.

Dies Ergebnis fand annähernd auch bei den direkten, von Vauvillier angestellten Versuchen zur Vergleichung der Leistungen der Zugramme und jener der Kunstramme Bestätigung.

Während bei vielen Bodenarten die schnelle Aufeinanderfolge der einzelnen Schläge der Zugramme vorteilhaft für das Eindringen der Pfähle ist, zeigt sich der Vorteil der Kunstramme erst dann am deutlichsten, wenn die Pfähle schon tief eingedrungen sind und der Widerstand gegen weiteres Eindringen ein größerer ist. Man pflegt daher das Setzen des Pfahles und das anfängliche Einstoßen mit der Zugramme und einem leichten Bär zu bewirken und erst hinterher die Kunstramme mit großer Hubhöhe wirken zu lassen.

Die Konstruktion des Gerüstes der Kunstramme weicht im wesentlichen nicht von demjenigen ab, welches wir bei der Zugramme kennen lernten, nur muß für solide Befestigung der Winde auf dem Schwellwerk Sorge getragen werden, damit sie im stande ist, den Bär zu heben. Fig. 66 stellt den Grundriß einer in England sehr gebräuchlichen Kunstramme dar, die Fig. 67 und 68 zeigen dieselbe in Vorder- und Seitenansicht. — Die Schwellen, die mit Bolzen an ihnen befestigten Läuferruten und die beiden eingezapften Hinterstreben bilden ein festes Trapez, auf dem die Rammscheibe Auflager findet. Auf diesen Schwellen kann nun auch die Winde sicher mit Bolzen befestigt werden.

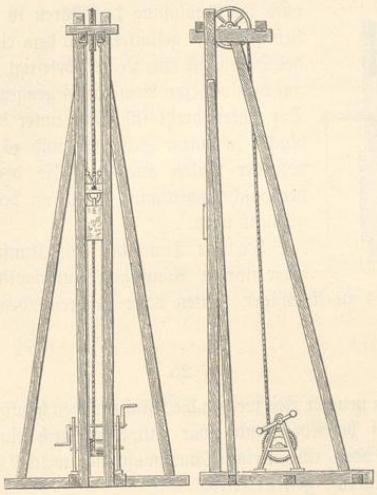
Fig. 66.



Der Rammbär der Kunstramme wird stets aus Eisen hergestellt und erhält ein Gewicht bis zu 600 kg; darüber hinaus geht man nicht gern, wenn der Bär noch durch vier Mann mit einer gut konstruierten Winde gehoben werden soll. Die Fallhöhe des Bären beträgt 6 bis 8 m bei einer Höhe des Rammgerüstes von 8 bis 10 m. Bei der hier dargestellten Kunstramme bewegt sich der Bär zwischen den Läuferruten, wobei die letzteren unter das Schwellgerüst hinabreichen können, wenn der Pfahlkopf tiefer als diese eingestoßen werden soll. Der gußeiserne Bär ist mit ausgehobelten Nuten versehen, in welche glatt bearbeitete quadratische Eisenschienen, welche an der Innenseite der Ruten befestigt sind, eingreifen. An diesen Schienen findet der Bär eine sichere Führung.

Der wichtigste Teil des Apparates ist der am Rammtau befestigte Haken, welcher den Rammklotz faßt; er muß eine solche Einrichtung erhalten, daß er den Bär sicher faßt, in der bestimmten Höhe ihn losläßt, ihm dann folgt und von neuem faßt. Für die in Fig. 67 und 68

Fig. 67. Fig. 68.



dargestellte Ramme ist zu diesem Zwecke ein zangenförmiger Doppelhaken angebracht. Diese Zange (Fig. 69) trägt an ihren oberen Armen gußeiserne, mit Nuten versehene Rollen und hat ihren Drehpunkt in einem Gußstück, dem sogenannten Fallblock, welches den Zweck hat, die Kette wieder herunterzuziehen, wenn der Bär ausgelöst worden ist. Die beiden Haken haben unten abgerundete Flächen, die beim Aufstoßen auf die Öse des Bären zurückweichen und dadurch das Eingreifen der Haken in die Öse gestatten; die inneren Flächen sind Kreisbögen, deren Mittelpunkt in der Drehachse der Haken liegt, damit die Öse des Bären leicht wieder herausgleiten kann, wenn die Zange geöffnet wird.

Fig. 69.



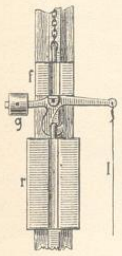
Befindet sich nun der Bär unten, der Fallblock mit Zange oben und wird das Vorgelege ausgerückt, so fällt der Fallblock hinab, während das Gewicht der Rollen die Zange schließt; sie stößt aber im Fallen auf die Öse des Bären, öffnet sich dabei, nimmt die Öse auf und schließt sich sofort wieder durch das Gewicht der Rollen. Hierauf wird das Vorgelege der Winde wieder eingerückt und der Bär emporgezogen, wobei sich die Rollen an den Führungsschienen der Ruten entlang bewegen. Oberhalb verengen sich aber die Schienen, die Rollen der Zange nähern sich also, die Zange öffnet sich und läßt den Bär fallen. — Beim Ausrücken des Vorgeleges der Winde bewegt sich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auch der Fallblock abwärts und wickelt die Kette von der Windetrommel ab.

Die Windetrommel ist mit einer Bremse versehen, durch welche man den Fallblock in jeder Höhe festhalten kann. Fig. 70 zeigt eine Vorrichtung, die auch die Auslösung des Bären in jeder beliebigen Höhe gestattet. An dem einen Arm des Hakens ist eine Leine l befestigt, während auf dem anderen Arm ein Gegengewicht sitzt. Der Haken dreht sich dicht unter den Fallblock k in einem Scharnier und es ist klar, daß der Haken aus der Öse des Bären herausschnappen muß, sobald an der Leine l gezogen wird.

Fig. 70.



Da die Taue bei den Kunstrammen einer starken Abnutzung unterworfen sind, so ist es zweckmäßiger, Ketten dazu zu verwenden.

§ 25.

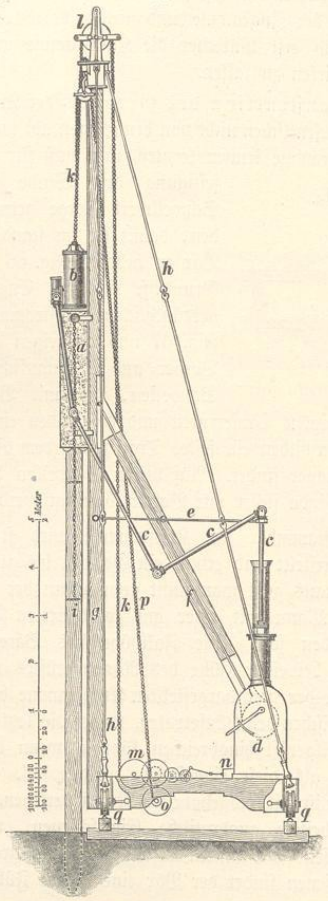
In neuerer Zeit werden die Kunstrammen häufig mittels Dampf betrieben, und zwar entweder durch eine Lokomobile oder eine kleine Dampfmaschine, welche auf das Schwellgerüst gestellt wird.

Da aber die Anschaffung der Nasmyth'schen Dampframme ein sehr bedeutendes Kapital erfordert, so wird sich für Fälle, wo die Ausgabe von 25000 Mark nicht lohnend ist, auch die Verwendung einer Ramme mit Pferdebetrieb empfohlen. Eine solche Einrichtung ist von dem Ingenieur Laferrère benutzt und im „Portefeuille économique des machines“ 1875, S. 66, mitgeteilt worden. Als Göpelwelle wurde die Achse eines Erdtransportwagens benützt; sie wird von einem Halslager umfaßt. Der Göpelbaum, an dessen Enden je ein Pferd wirkt, ist an den Speichen des Rades festgeschraubt und im ganzen 7,0 m lang. Abbildung und Beschreibung findet der Leser auch in Klasen, Handbuch der Fundierungen, S. 81.

Eine eigentümliche Ramme ist in Holland angewendet worden, die von Booy & Co. in Luik ausgeführte „Wippramme“. Die Kunstrammen haben nämlich den Übelstand, daß die Pausen zwischen den einzelnen Schlägen zu lang sind, wodurch die Schlagwirkung des Bären — namentlich im Triebstande — abgeschwächt wird, indem das umgebende Erdreich Zeit gewinnt, umso fester an den Pfahl zu adhärieren, je längere Zeit zwischen den einzelnen Pausen vergeht. Mittels der Wippramme soll ein Pfahl mit halb so viel Schlägen auf dieselbe Tiefe wie mit der Zugramme eingeschlagen werden können und die Kostenersparnis 34 Proz. betragen. In diesem Falle dürfte die Wippramme gute Dienste leisten. Dieselbe ist zur Darstellung gebracht im Jahrg. 1869 der Deutschen Bauzeitung S. 631.

Die Dampfkraft wurde zuerst im Jahre 1844 zum Heben des Bären in Anwendung gebracht, dieselbe ist von Nasmyth erfunden und arbeitet mit kleiner Hubhöhe, aber schnell auf einander folgenden Schlägen; denn es ist zuweilen vorteilhaft, einen Rammbär von größerem Gewicht auf geringere Höhe zu heben, dafür aber die Anzahl der Schläge zu vergrößern. Diese Erfahrung ist namentlich im Moorboden Hollands gemacht worden. Wenn hier die Schläge der Rammen schnell auf einander folgten, blieb der Boden in Schwingungen und der Pfahl konnte sich mit der umgebenden Erde nicht fest verbinden, was nach Verlauf einiger Stunden zu geschehen pflegt.

Fig. 71.



In Fig. 71 ist eine beim Grundbau der Weichselbrücke in Dirschau angewendete Nasmyth'sche Dampframme in

der Seitenansicht dargestellt. Auf der hinteren Seite des 4,50 m langen und 4,0 m breiten Schwellenwerkes der Ramme, welche mittels Rädern auf einem Schienengleis verschiebbar ist, steht der Dampfkessel d, während in der Mitte der vorderen Seite die 14,0 m hohe Läuferrute aufgestellt ist. Im Rammgehäuse a befindet sich der Bär, b ist der Dampfcylinder, c die Dampfleitung, e eine Stange zur Befestigung des Dampfrohres, f eine Strebe zum Absteifen der Läuferrute gegen den Dampfkessel. Der Kopf der Läuferrute ist mittels vier eiserner Zugstangen h mit dem Schwellwerk der Ramme verbunden. Der einzurammende Pfahl ist mit i bezeichnet und k ist die Kette, woran die Rammvorrichtung hängt. Dieselbe ist über die Rolle l im Triezkopf nach der Trommel m geführt, die durch eine kleine Dampfmaschine n getrieben wird.

Zum Aufziehen der einzurammenden Pfähle dient die Trommel o und die Kette p, die Umdrehung der Trommel o wird durch die Dampfmaschine n besorgt, welche auch den Dampfkessel mit Speisewasser versieht und die Ramme mittels der Laufräder q auf dem Schienengleise verschiebt.

Um die Ramme in Thätigkeit zu setzen, zieht man an der schwachen Kette, die von der Steuerungsstange nach dem Fußboden des Rammgerüstes hinabgeführt ist; dadurch wird eine Sperrklinke ausgelöst, so daß nunmehr der Dampf aus dem Kessel durch die 7 cm weite Rohrleitung in den Schieberkasten des Dampfcylinders und in den oberhalb befindlichen Cylinder strömt und dieser den mit ihm verbundenen Schieber heben kann. Jetzt hebt auch der Dampf den Kolben und den mit ihm verbundenen Rammbär; letzterer erfaßt, ehe er seinen Lauf beendet, den Winkelhebel c, der den Dampfschieber in seinen tiefsten Stand zurückzieht, wobei der Dampfzufluß gehemmt wird und der Dampf durch Kanäle ins Freie gelangt.

Bei der hier getroffenen Einrichtung hat die Maschine keine bestimmte Hubhöhe, was sehr wichtig ist; die größte Hubhöhe ist 89 cm, der Dampfzufluß wird schon bei 63 cm abgesperrt und das Entweichen des Dampfes findet bei 65 cm Hub statt.

Darstellung und Beschreibung der Dampframme sind zuerst publiziert in Försters Bauzeitung, Jahrg. 1850. Das Gewicht des Rammbären, der Kolbenstange und des Kolbens beträgt 1400 kg, das des Dampfcylinders und des Rammgehäuses etwa 2000 kg. Die Ramme macht in der Minute 60 bis 70 Schläge und wurden die Pfähle in den sandigen, mit Lehm vermischten Boden 5 bis 6 m tief eingeschlagen. Das Einschlagen eines Pfahles war mit etwa 600 Schlägen, d. h. in durchschnittlich 10 Minuten beendet.

Die erste Anwendung der Dampframme geschah bei den Hafenbauten in Devonport im Jahre 1845; 18 bis 20 m lange Pfähle sollen hier in 2 bis 3 Minuten 10 bis 12 m tief eingerammt worden sein. Zum Einrammen von Spundpfählen hat sie sich dagegen gar nicht bewährt, weil das Verstellen der Ramme großen Zeitaufwand verursacht und die starken Erschütterungen Beschädigungen der Maschine hervorrufen, wodurch im günstigsten Falle mindestens ein Viertel der Zeit mit den Reparaturen der Maschine verloren geht.

Kunstrammen mit indirekt wirkender Dampfkraft, bei welchen der Bär durch eine kontinuierlich bewegte Kette ohne Ende erfaßt und gehoben wird, um am Ende des Hubes abzufallen, sind von R. Scott und von Sissons und White konstruiert und beim Umbau der Westminsterbrücke mit Erfolg angewendet worden. Eine Dampframme nach dem System Sissons-White mit einigen neueren Verbesserungen vom Ingenieur Reden ist im „Praktischen Maschineningenieur“ 1873, S. 115, dargestellt.

In Deutschland werden Dampframmen nach verschiedenen Systemen von der Maschinenfabrik Menck & Hambrock in Ottensen ausgeführt, und zwar nach Tafel 72, Fig. 1. Dampframmen mit rücklaufender Kette, deren Gerüst auf Walzen steht, so daß es sich gut fortbewegen läßt und für enge Baugruben eignet. Das Gerüst ist ganz aus Eisen hergestellt und die Läuferrute besteht aus 2 eisernen Flachschienen, welche mit einem kiefernen Balken verbolzt sind, so daß dadurch eine sichere Führung für den Bär entsteht. Die beiden Flachschienen sind durch ausgehobelte schmiedeeiserne Querstöcke derartig verbunden, daß sie ihre gegenseitige Lage nicht verändern können, wodurch die Wirkung der seitlichen Prellschläge des Rammbärs auf den Holzbalken aufgehoben wird. Zur weiteren Sicherung gegen das Aufspalten des Balkens ist derselbe noch in der üblichen Weise durch eiserne Schrauben und Klammern gebunden.

Für hölzerne Handzugrammen bewährt sich ebenfalls das System der rücklaufenden Kette am besten. Rammgerüst und Läuferruten bestehen aus Holz. An Stelle der Dampfwinde tritt eine Handwinde, wie solches Fig. 4, Tafel 72 veranschaulicht.

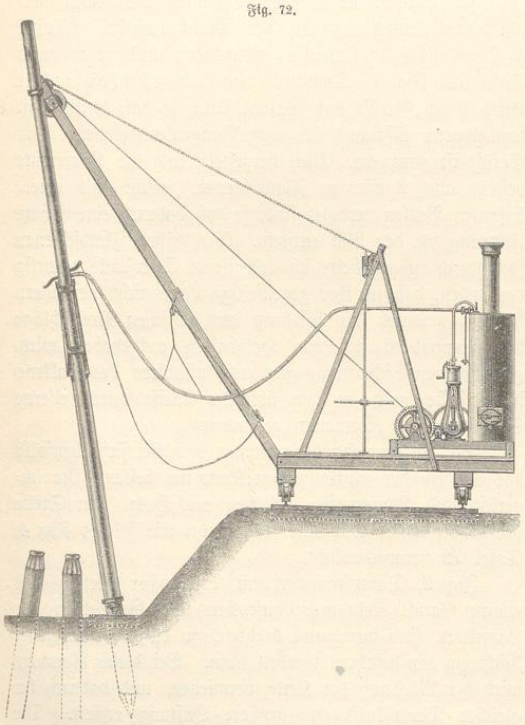
Fig. 2, Dampframmen mit endloser Kette; das eiserne Gerüst steht auf Laufrollen und die Achsen der Laufräder sind horizontal drehbar, so daß es nach jeder Richtung hin befahren werden kann. Bei diesen Rammen wird der Rücklauf der Kette vermieden, und dadurch bei gleicher Dampfkraft eine größere Leistung erzielt. Die Maschinenleistung derselben ist gleich gut bei kleinen und großen Fallhöhen, man kann also bei weichem wie bei hartem Boden mit gleichbleibender Leistung leichte und

schwere Schläge abgeben. Die Läuferruten stehen auf dem Fußrahmen, weshalb die Pfähle nicht ganz eingeschlagen werden können, sondern circa $^1/_2$ m über dem Erdboden stehen bleiben. Die Läuferruten sind wiederum aus Eisen und Holz zusammengesetzt.

Fig. 3, Dampframmen mit direkt wirkendem Bär. Hier wird der Bär nicht durch ein Windewerk und Kette gehoben, sondern der Dampf hebt direkt den Bär und durch das Abstellen des Dampfes wird er auch zum Fallen gebracht. Derselbe ist nämlich als Dampfcylinder mit einer nach oben durchgehenden hohlen Kolbenstange konstruiert, durch welche der Dampf in den Bär gelangt. Die Maschine ruht hiernach auf dem Pfahlkopf und sinkt mit dem Pfahl in dem Maße, wie dieser in den Boden sinkt.

Diese Rammen mit dem direkt wirkenden Bär geben die besten Leistungen von dem genannten System, aber jede solche Ramme hat wegen ihrer beschränkten Fallhöhe nur eine begrenzte Schlagkraft; die Zahl der Schläge in der Minute schwankt zwischen 40 und 30.

Fig. 72.



Menck & Hambrock bauen auch Dampframmen nach dem System Lacour. Der Rammbär ist hier — wie der vorbeschriebene — als Dampfcylinder konstruiert, die Kolbenstange geht aber nicht nach oben, sondern nach unten aus dem Bären heraus, wo sie mit ihrem Ende auf den Pfahlkopf stößt und dadurch den Stützpunkt für den Bären abgiebt. Auf dem Bären befindet sich der Dreiwegehahn für den Dampf-Ein- und Austritt, welcher durch einen Gummischlauch mit dem Kessel verbunden ist. Da der Schlauch die Schläge des Bären mitmachen muß, so findet infolge der Wirkung des heißen Dampfes auf den Schlauch starker Verschleiß desselben statt. Ein Übelstand des Lacour'schen Bären ist auch das Austreten heißen Kondensationswassers aus dem Bären, wodurch der darunter stehende Pfahlkopf aufgeweicht wird und häufig abgeschnitten werden muß.

Fig. 73.

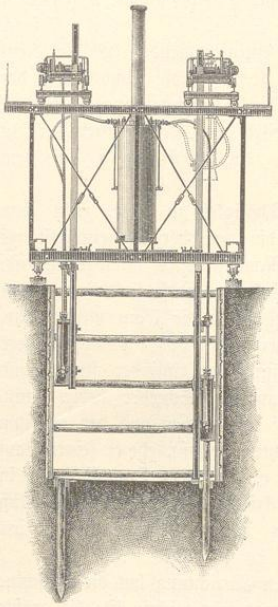


Fig. 74.

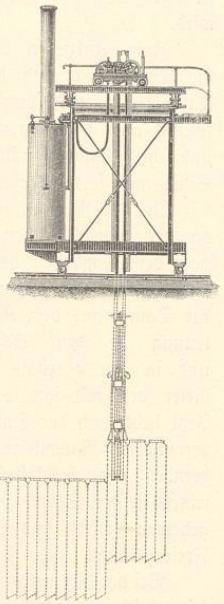


Fig. 72 veranschaulicht ein von Menck & Hambrock dargestelltes Rammgerüst mit direkt wirkendem Bär. Die Läuferruten hängen hier an einem fahrbaren Krahn, der zugleich die Dampfwinde trägt. Die Ausladung des Krahnes läßt sich verändern und nach jeder Richtung schräg stellen, was dann von Vorteil ist, wenn die Ramme nicht neben oder über den einzuschlagenden Pfählen gestellt werden kann. Für die Fundierung langer Futtermauern stellt man die Ramme auf einen Unterwagen und dieser läuft auf einem Gleise in der Richtung der Mauer.

Zum Einschlagen paralleler Spundwände oder Bohlenwände für Kanalisationsarbeiten in wasserführendem Boden sind auch die in Vorder- und Seitenansicht dargestellten

Doppeldampframmen von Menck & Hambrock (Fig. 73 und 74) zu empfehlen. Die Rammgerüste überspannen die Baugrube und laufen auf Schienen, welche über die Baugrube gelegt werden, nachdem die Erdwände abgesteift sind. Die Läuferruten können bis auf den Boden der Baugrube hinabgelassen, aber auch so hoch gehoben werden, daß ihre Unterkante mit Terrainhöhe abschneidet und man mit der Ramme über die Absteifungen der Baugrube hinwegfahren kann. Das Gewicht des Bären beträgt 600 kg und die Dampfzuführung erfolgt durch Schläuche.

Auch die von dem Amerikaner Mr. Shaw erfundene Pulverramme hat sich in vielen Fällen vorteilhaft bewährt. Als bewegende Kraft des Rammbären wird hier ein starker Druck in dem Mörser oder der Kanone erzeugt, die direkt über dem einzudrückenden Pfahl aufsteht. In diesen Mörser wird die Patrone geworfen, die sich durch den Schlag des herabfallenden Bären entzündet, wodurch der Bär wieder emporgeschleudert wird. Zum Eintreiben wirkt einerseits das Mörsergewicht, andererseits das Gewicht des Bären und der Rückschlag beim Explodieren. Detaillierte Zeichnungen der von der „American Dredging Company“ für die Ausstellung in Philadelphia erbauten Pulverramme findet man in „Engineering“ 1876, S. 408.

Nachdem die Pulverramme sich in Amerika gut bewährt hat, wird dieselbe jetzt auch in Deutschland gebaut (von Riedinger in Augsburg). Bei der größeren Sorte haben Bär und Mörser ein Totalgewicht von zusammen 2000 kg; die kleinere Sorte ist für 6 m Tiefgang des Pfahles bei einem Gewicht des Mörsers von 300 kg und des Bären von 700 kg berechnet. Sie wurde beim Bau der Elbbrücke zu Dresden angewendet, worüber Ingenieur Kuhn[1]) berichtet. Zur Bedienung waren sechs bis acht Mann und ein Vorarbeiter zum Dirigieren der Bremse erforderlich, ein zweiter besorgte das Einwerfen der Patronen in den Mörser. Die Ramme wurde auf einem Schiffe postiert, die Detonationen beim Betriebe aber waren so bedeutend, daß für Fuhrwerke in der Nähe Schwierigkeiten entstanden.

Obwohl die Leistung eine recht erhebliche war (das Einrammen eines Pfahles in festgelagertem Kies auf 2 bis 2,5 m Tiefe erforderte nur 25 bis 30 Minuten Zeit), dürfte sich doch die Pulverramme weniger als die Dampfkunstramme für Fundierungen[2]) empfehlen, da die Anschaffungskosten etwas größer sind als bei der Pulverramme und die Kosten des Einrammens pro Pfahl unter ziemlich gleichen Verhältnissen sich verhielten wie 6,1 : 8,75 Mk.

1) Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1875, S. 443.

2) Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieurvereins 1868, S. 27.

Übrigens dürfen in der Nähe vorhandener Gebäude Dampfkunstrammen mit großen Fallhöhen und schwerem Bär auch nicht angewendet werden, weil durch die starken Erschütterungen bei der Arbeit des Einrammens in den Nachbargebäuden Risse entstehen. (Vergl. Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1877, S. 110.)

§ 26.

Arbeitsleistung bei verschiedenen Rammen. Kosten des Rammens.

Die tägliche Leistung eines Arbeiters an der Zugramme wurde oben (§ 24) zu 67500 mkg berechnet, wobei noch 5 Proz. für Seilwiderstand und Reibung in Abzug zu bringen sind.

Die tägliche Leistung an der Kurbel der Kunstramme beträgt dagegen 150000 bis 180000 mkg, von denen 75 bis 80 Proz. als Nutzwirkung auf den Rammbären übertragen werden, also überhaupt 110000 bis 140000 mkg.

Bei den durch Dampfkraft betriebenen Kunstrammen ist der Effekt meist nicht so günstig wegen der entstehenden großen Reibungswiderstände; aber die geringeren Kosten der Dampfkraft machen ihre Anwendung doch vorteilhaft für alle umfangreicheren Arbeiten, weil sich hier die konstanten Kosten für Maschine und Zubehör verteilen. Die Kosten des Rammens setzen sich zusammen aus den Kosten der Arbeitsleistung und denjenigen der Geräte (Maschinen), Gerüste und Zubehör und ihrer Reparatur.

a) Bei den durch Menschen betriebenen Kunstrammen rechnet man die Anschaffungskosten pro Stück zu 8 bis 900 Mark, bei Zugrammen 5 bis 700 Mark. Das Anlagekapital und dessen Verzinsung ist also gering.

b) Über die Anschaffungskosten verschiedener Arten von Dampframmen und deren Leistung bei den Hellingsbauten für den Kriegshafen in der Kieler Bucht verweisen wir auf die Tabelle von Franzius in der Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieurvereins 1876, S. 69. Es betrugen die Anschaffungskosten:

1) der Nasmyth'schen Ramme . . . 25000 Mk.
2) „ Schwartzkopf'schen Dampfzugramme . . . . . 14000 „
3) „ Dampframme von Sissons und White (mit Kette ohne Ende) 6000 „
4) „ Dampfkunstramme Nr. 1 . . . 4000 „
5) „ Dampfkunstramme Nr. 2 . . . 3000 „

Die Reparaturen bei den Zugrammen beruhen hauptsächlich auf dem schnellen Verbrauch der Taue und Zugleinen. Nach Köpke[1]) stellten sich die Kosten des

1) Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieurvereins 1860, S. 292.

Tauwerkes beim Bau der steuerfreien Niederlage in Harburg pro Meter Rammtiefe auf 12 Pf.

Bei den Kunstrammen kommen solche Kosten nicht vor, aber der Verbrauch an eisernen Ringen für die Pfahlköpfe, welche wegen des harten Schlages des Bären leicht springen, ist größer als bei Anwendung von Zugrammen. Die Kosten betrugen bei dem eben genannten Bau pro Meter Rammtiefe fast 20 Pfennig.

Als Anhaltspunkt für die Vergleichung sei endlich bemerkt, daß bei einem und demselben Bau[1]) die Arbeitsleistung pro Meter eingerammten Rostpfahl

für die Handzugramme . . . . . 7,00 Mk.
„ „ Kunstramme mit Menschenbetrieb 2,75 „
„ „ „ „ Dampfbetrieb rot. 1,00 „

betrug, doch sind in der letztgenannten Zahl die Kosten des Vor- und Unterhaltens der Ramme nicht inbegriffen. Die gewöhnliche Zugramme arbeitet also sehr unökonomisch und sollte daher nur zum Einrammen leichter Hölzer verwendet werden.

Wo die Anwendung der Dampfkraft aus örtlichen Gründen oder sonstwie ausgeschlossen ist, empfiehlt sich daher in den meisten Fällen die Kunstramme mit Menschenbetrieb. Die Dampframme arbeitet schnell und vorteilhaft, wenn der Umfang der Arbeiten groß genug ist, um die Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitales zu rechtfertigen.

§ 27.

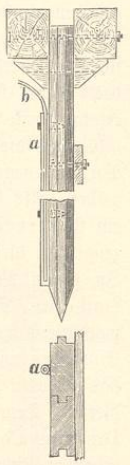
Verfahren zum Einspülen von Pfählen und Spundwänden mittels Druckwasser.

Wir haben im § 3 gelegentlich der Besprechung neuerer Bohrmethoden erwähnt, daß die Anwendung des Ventilbohrers im Schwemmsand mit Schwierigkeiten verbunden ist, da dieser seine Dienste hierbei versagt. Es wurde hervorgehoben, daß zur Vermeidung dieser Übelstände ein ursprünglich von Fouvelle für Felsbohrungen angewendetes Verfahren, nämlich die „Einspülung mittels Druckwasser," zur Verwendung gelange.

Außer älteren Versuchen, die in England und Amerika in den Jahren 1853 und 1862 stattfanden, von welchen letzteren der Jahrgang 1874, Seite 62, berichtet, nehmen wir Bezug auf die Mitteilungen der Deutschen Bauzeitung, Jahrg. 1873, S. 92, aus welchen hervorgeht, daß im Niederhafen zu Hamburg bei ziemlich erheblicher Wassertiefe (2,50 bis 6,50 m) Pfähle in ähnlicher Weise in Sandboden eingespült wurden und gute Resultate ergaben.

Beim Bau der Posen-Belgarder Eisenbahn wurden ebenfalls Spundwände ohne Rammen mittels Druckwasser in den Sand eingetrieben. Die anstehende Torfschicht war 2,7 m stark und lagerte auf Triebsand von großer Mächtigkeit.[1]) Es wurde eine 5,5 m lange, 21 cm breite kieferne Bohle mit einem Gasrohr a (Fig. 75) von 36 mm Außengewinde so verbunden, daß sich dasselbe nicht nach oben schieben konnte. In dasselbe wurde ein engeres Rohr lose hineingesteckt und mit dem Schlauch einer Druckpumpe in Verbindung gebracht. Die am oberen Ende der Bohle angebrachten, auf Knacken ruhenden und verbolzten Querhölzer dienten zur Aufnahme der Belastung.

Fig. 75.



Eine Belastung von 700 kg drückte die Bohle bequem durch das Torflager, jetzt wurde die Pumpe in Thätigkeit gesetzt und die Bohle sank bis zu 3,50 m Tiefe. Durch Vermehrung der Belastung auf 790 kg sank sie ferner auf 3,75 m und nachdem die Belastung bis auf 1100 kg gesteigert und die Pumpe abwechselnd zur Anwendung gekommen war, erreichte die Bohle eine Tiefe von 4,50 m.

Nach Entfernung der Belastung gab man der Bohle noch 70 Schläge mit einer 50 kg schweren Handramme, wodurch sie im Verlauf von 37 Minuten vollständig feststand und 2,0 m tief im Sand steckte. Als Hauptsache beim Senken ergab sich die Lehre, das innere Rohr immer in richtiger Höhe zu halten, damit der Wasserstrahl immer voll zur Wirkung kam.

Beim Neubau des Gerichtsgebäudes zu Braunschweig, in den Jahren 1879 bis 1882 konnte ein großer Teil der Rostpfähle mit Rücksicht auf die Nähe der Gebäude nicht mit der Ramme niedergetrieben werden und wurden dieselben nach der in Fig. 76 dargestellten Methode eingespült (vergl. Centralblatt d. Bauverw. 1882, S. 467). Zu beiden Seiten des Pfahles wurden 5 cm weite eiserne Druckrohre mit Krampen befestigt und nach der Spitze des Pfahles zu gebogen. Oberhalb waren dieselben durch Gummispiralschläuche mit den Hydranten der städtischen Wasserleitung verbunden. Der Druck in der Leitung betrug im Maximum vier Atmosphären.

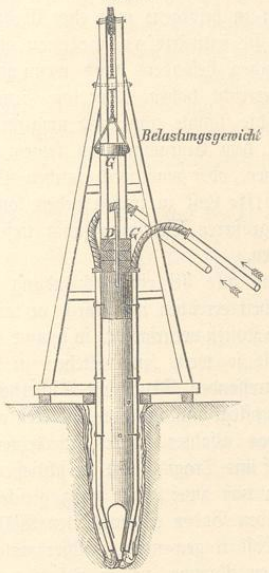
In dem Kopf der Pfähle wurde ein 1 m langer eiserner Dorn d eingesetzt, über welchen die gußeisernen Belastungsgewichte geschoben wurden, wenn der Pfahl zu schwimmen anfing. Das Auflegen der Gewichte erfolgte von einem leichten Rammgerüst aus mittels Bockwinde. — Die 6 m langen, 30 cm starken Pfähle wurden bis auf 5 m eingespült und nur das letzte Sechstel mit einem

1) Bau der Elbbrücke bei Pirna.

1) Vergl. Zeitschrift des Ingenieurvereins Hannover, Jahrgang 1877.

700 kg schweren Rammbären nachgerammt. Im ganzen sind 263 Pfähle mit Wasser eingespült worden und brauchte jeder Pfahl durchschnittlich 10 Minuten.

Fig. 76.



Die Kosten für das Einspülen und Nachrammen eines Pfahles betrugen an

Arbeitslohn	4,00	Mk.
Wasser	1,14	„
Gerät	1,90	„
Reparatur u. s. w.	0,46	„
zusammen	7,50	Mk.

Die übrigen Pfähle sind mit Dampframmen von Menck & Hambrock eingerammt, doch wurde des Vergleiches wegen auch ein Teil der Pfähle mit der gewöhnlichen Kunstramme eingetrieben, wobei sich die nachstehenden Kosten für den 6 m langen Pfahl bei beiden Methoden herausstellten:

	Kunstramme	Dampframme
Anschaffungskosten	1,665 Mk.	2,65 Mk.
Betriebskosten	7,000 „	4,00 „
zusammen	8,665 Mk.	6,65 Mk.

d. h. das Einspülen stellte sich teurer als das Einrammen mit der Dampframme.

§ 28.

Von den Holzpfählen.

Obwohl die Konstruktion der Roste und Spundwände im vierten und fünften Kapitel des zweiten Teiles der Allgemeinen Baukonstruktionslehre besprochen worden ist, müssen wir hier doch auf einen wichtigen Bestandteil derselben, die Pfähle, ausführlicher eingehen. Die unter der Ramme einzutreibenden Pfähle werden als Spitz- und Spundpfähle unterschieden. Erstere sind stets mit einer Spitze versehen, letztere haben gewöhnlich eine Zuschärfung in Form der Schneide und, als charakteristisches Merkmal, die Spundung. Unter den Spitzpfählen unterscheidet man wieder Lang- und Grundpfähle, je nachdem sie nur zum Teil oder auf ihre ganze Länge eingetrieben werden. Zu den letzteren oder Grundpfählen gehören gewöhnlich die Rostpfähle, obgleich sie auch, aber nur unter Wasser, als Langpfähle vorkommen können.

Was das Material anbelangt, so haben wir hier zunächst das Holz im Auge, obgleich auch eiserne Pfähle angewendet werden.[1]) Da es eine Hauptbedingung ist, daß der einzurammende Stamm einen recht geraden Wuchs hat, so sind es vorzüglich die Nadelhölzer, welche zu Grundpfählen benutzt werden, und von diesen besonders wieder das Kiefernholz, weil dasselbe, seines reichen Harzgehaltes wegen, der abwechselnden Nässe und Trockenheit am besten widersteht. Auch Eichen-, Buchen- und Ellernholz wird zu Pfählen verwendet, die letztgenannten Arten namentlich in England. Man kann übrigens fast alle Hölzer zu Pfählen gebrauchen, mit alleiniger Ausnahme der ganz weichen Hölzer, wie Pappeln und Weiden u. s. w.

Was die Stärke der Rostpfähle betrifft, so ist diese allerdings von ihrer Länge abhängig, doch kommen auch noch andere Umstände in Betracht, welche auf die Stärke von Einfluß sind, so die Beschaffenheit des Grundes, der Umstand, ob sie Grund- oder Langpfähle sind, ob sie in letzterem Falle stark strömendem Wasser ausgesetzt sind, ob sie einen schiefen Druck zu ertragen haben u. dergl. m., worauf wir hier nicht näher eingehen. Im allgemeinen dürften Pfähle von 22 bis 25 cm Durchmesser, wie sie in England und Frankreich ganz allgemein angewendet werden, hinreichen, auch die größten Lasten sicher zu unterstützen. Nach Perronet's Regel sollen 5 bis 6 m lange Pfähle eine mittlere Stärke von 26 mm erhalten, und auf jede Zunahme der Länge um 2 m eine Stärkezulage um 50 mm; doch bemerkt er dabei, daß bei langen Pfählen, welche zum größten Teile im Grunde stecken, auch eine Stärkezunahme von 25 mm auf je 2 m Mehrlänge genügen werde.

Die Pfähle müssen vor dem Einrammen von der Rinde befreit werden; das Abhauen des Splintes ist nicht nötig, denn wenn dieser auch wenig Dauer gewährt, so giebt er doch einen schützenden Mantel für das Kernholz ab.

1) In neuester Zeit sind derartige Konstruktionen wenig angewandt, weil Gründungen auf pneumatischem Wege und Fundierungen „auf Brunnen" größere Vorteile bieten.

Sehr wichtig ist die Bestimmung der Länge der Rostpfähle, und besonders schwierig wird diese, wenn die Pfähle den festen Baugrund nicht erreichen, sondern nur durch die Widerstände, welche sich an ihrer runden Oberfläche in dem umgebenden Erdreich finden, die Last tragen sollen. Ist ein fester Untergrund zu erreichen, so läßt sich durch eine sorgfältige Untersuchung mittels Erdbohrer oder Visitiereisen die notwendige Länge der Pfähle hinreichend genau ermitteln, wenn man die Untersuchungen auf mehrere Stellen des Bauplatzes ausdehnt. Tritt aber der zuerst erwähnte Fall ein, so dürfte nichts anderes übrig bleiben, als mehrere Pfähle zur Probe einzurammen und aus der notwendigen Länge dieser auf die der übrigen zu schließen; daß man hierbei die Probepfähle natürlich gleich an solchen Stellen einschlagen wird, an denen man sie später stehen lassen und benutzen kann, versteht sich von selbst. Man schlage indessen lieber einige Probepfähle mehr und an den verschiedensten Orten des Bauplatzes ein, um ein möglichst genaues Resultat in Beziehung auf die Länge zu erhalten. Denn wählt man diese zu groß, so wird der Preis ein höherer und das Setzen derselben beschwerlicher. Wählt man dagegen die Länge zu gering, so muß man die Pfähle „pfropfen", wodurch aber, wie bei der Konstruktion der Roste[1]) bemerkt wurde, keine große Sicherheit erlangt wird. Zuweilen kann man sich dadurch helfen, daß man die Pfähle näher aneinander stellt und so bei einer gleichmäßig verteilten Belastung die auf den einzelnen Pfahl treffende verringert. Immer bleiben aber zu kurze Pfähle ein Übelstand, und man wird daher gut thun, dieselben lieber etwas zu lang als zu kurz zu wählen.

Die häufig erörterte Frage, ob man die Pfähle mit dem Stamm- oder Wipfelende nach unten einrammen soll, wird sich nach Perronet dahin beantworten lassen, daß man an die Stelle des Pfahles, welche den meisten Angriffen ausgesetzt ist, den größten Querschnitt desselben bringt. Diese Stelle befindet sich bei Langpfählen da, wo sie den Grund verlassen. Rostpfähle wird man immer mit dem Wipfel nach unten einrammen, besonders dann, wenn sie den festen Grund nicht erreichen und nur vermöge der Reibung an ihrer Oberfläche tragen sollen.

Die Vorsichtsmaßregeln, welche man bei dem Anschneiden der Spitze an die Pfähle zu beobachten hat, sowie die Frage der Zweckmäßigkeit und Gestalt der eisernen Schuhe sind bereits im zweiten Teile der Allgemeinen Baukonstruktionslehre abgehandelt, so daß wir hier nur noch Einiges über die Tragfähigkeit der Pfähle anführen wollen.

1) Vergl. auch Allgemeine Baukonstruktionslehre, II. Teil, Seite 83.

§ 29.

Tragfähigkeit der Pfähle.

Daß Pfähle unter ihrer Belastung zerdrückt werden, ist nicht leicht zu besorgen; weit eher ist die Gefahr vorhanden, daß sie seitwärts ausweichen oder tiefer eingedrückt werden, besonders dann, wenn sie keinen festen Untergrund erreicht haben. Der lose Grund, welcher in diesem Falle die Pfähle trägt und umgiebt, läßt sie sehr oft schon bei dem Einrammen zu keinem absolut festen Stande kommen, aber man wird solchen Pfählen immerhin eine gewisse Last zu tragen geben können, wenn sie unter einer größeren Belastung auch tiefer eingetrieben werden könnten.

Will man also bei einer Gründung auf Rost die nötige Sicherheit erreichen und durch zu langes Rammen nicht unnötige Kosten verursachen, so kommt es nur darauf an, die Pfähle so weit „zum Stehen zu bringen", daß sie dem sie treffenden Druck mit Sicherheit widerstehen können. Man pflegt nun aus dem leichteren oder schwereren Eindringen des Pfahles unter den letzten Hitzen des Rammens auf ihre Tragfähigkeit zu schließen, indem man annimmt, daß von zwei unter ganz gleichen Umständen und in denselben Boden eingerammten Pfählen derjenige die größere Last tragen wird, welcher unter den letzten Hitzen derselben Ramme am wenigsten „gezogen hat". Stoß und Druck sind aber in ihren Wirkungen auf einen eingerammten Pfahl zu verschieden, als daß sie eine Vergleichung zuließen, wenn sie auch zuweilen gleiche Wirkungen hervorbringen.

Die Beziehungen, welche zwischen der Tragfähigkeit und dem Maße des Eindringens der Rostpfähle unter den letzten Schlägen des Rammbären stattfinden, lassen sich theoretisch aus der Lehre vom Stoß fester Körper ableiten. Auf diese näher einzugehen, ist hier nicht der Ort, es wird vielmehr genügen, die Resultate der Entwickelung mitzuteilen. Bezeichnet P das Gewicht des Rammbären, Q das des Pfahles, h die Fallhöhe des Rammbären, e das Maß, um welches der Pfahl unter dem letzten Schlage eingedrungen ist, dann ist die Last L, welche der Pfahl tragen kann:

$$L = \frac{h \,.\, P^2 \,.\, Q}{e\,(P + Q)^2}$$

Da aber der volle Stoß des Bären beim Eindringen des Pfahles in die Erde nie zur Wirkung kommt (am meisten noch im Sandboden), so pflegt man den Pfahl nie so stark zu belasten, sondern rechnet die zulässige Belastung e gleich einem Viertel der theoretischen, so daß

$$L = {}^1/_4 \cdot \frac{h \,.\, P^2 \,.\, Q}{e\,(P + Q)^2} \text{ und daraus } e = {}^1/_4 \cdot \frac{h \,.\, P^2\, Q}{L\,(P + Q)^2}.$$

Die in der Praxis üblichen Regeln bezwecken oft noch größere Sicherheit. So stellt Perronet die Regel auf, daß 19 bis 20 cm starke Rundpfähle nur mit 25000 kg und solche von 28 cm Stärke mit nicht mehr als 50000 kg zu belasten seien. — In Bezug auf das Eindringen beim Rammen sagt Perronet, daß ein Rostpfahl nur dann als feststehend anzusehen sei, wenn derselbe während mehrerer Hitzen von 25 bis 30 Schlägen mit einem 300 bis 350 kg schweren Bär und 1,25 m Hubhöhe nur ein bis zwei Linien (2 bis 4 mm) tief eindringt. Bei weniger belasteten Langpfählen soll man sich mit sechs bis zwölf Linien begnügen können.

Anm. Das Maß des Eindringens der Pfähle, welches sich aus vorstehender Perronet'schen Regel ergiebt, ist nur $^1/_4$ bis $^1/_5$ des Wertes, der sich aus der Formel für e berechnen läßt, d. h. $^1/_{16}$ bis $^1/_{20}$ des theoretischen.

Nach Perronet sind bei der Brücke über die Seine bei Neuilly die, 0,32 m im Durchmesser starken, Pfähle jeder mit 52850 kg, die der Brücke zu Orleans mit 52450 kg belastet worden. Sie wurden so lange gerammt, bis sie unter einem 500 kg schweren Rammklotze, während 16 aufeinander folgenden Hitzen von 30 Schlägen, nur noch 4,5 mm in der Hitze zogen. Bei der Brücke zu Orleans wurden die äußeren Pfähle jedes Pfeilers als feststehend angesehen, wenn sie bei einer Hitze von 25 Schlägen mit dem 450 kg schweren Klotze noch 3,4 mm zogen, und die mittleren Pfähle durften sogar noch 6,75 mm ziehen. Der siebente Pfeiler dieser Brücke senkte sich aber um 0,48 m.

Nach Sganzin haben die Erfahrungen bei größeren und bedeutenden Bauten gezeigt, daß ein Pfahl als gehörig feststehend zu betrachten und eine dauernde Belastung von 25000 kg zu tragen im stande ist, wenn er bei der Anwendung einer Kunstramme in der Hitze von 10 Schlägen mit einem 600 kg schweren Bär, welcher 3,6 m hoch herabfällt, nur noch 1 cm tief eindringt; oder — bei Anwendung der Zugramme — ebenso tief in einer Hitze von 30 Schlägen mit demselben Rammklotze und einer Fallhöhe desselben von 1,2 m.

In Holland, wo der weiche Grund es sehr selten erlaubt, die Pfähle so weit einzurammen, daß sie unter den letzten Hitzen nur noch wenige Linien ziehen sollten, belastet man dieselben noch weit geringer, etwa nur mit 10000 kg, ja mitunter nur mit 5500 kg.

Beim Bau der Junction Docke in Hull, wo einzelne Pfähle bis zu 27000 kg belastet sind, rammte man dieselben so lange, bis sie unter 80 Schlägen von 1,83 m Höhe mit einem 590 kg schweren Rammklotze nicht tiefer als 38 cm eindrangen.

Man sieht, daß die Annahmen über die Tragfähigkeit der Pfähle und die hin und wieder gemachten Erfahrungen sehr voneinander abweichen, und daß es daher nicht wohl thunlich ist, allgemein giltige Regeln in dieser Beziehung aufzustellen, sondern daß man mit der größten Aufmerksamkeit alle Umstände erwägen und die verschiedenen Erscheinungen bei der Rammarbeit sorgfältig notieren muß, um mit einiger Wahrscheinlichkeit das Richtige zu treffen. Ganz besondere Vorsicht erfordert immer der Thonboden, weil sich in diesem die durch die eingerammten Pfähle hervorgebrachte Spannung später ausgleicht. Überhaupt gewährt die Führung eines genauen Rammregisters vielfachen Nutzen; es giebt dem ausführenden Architekten die Mittel an die Hand, sein Verfahren nötigenfalls rechtfertigen zu können, und schärft im allgemeinen die Aufmerksamkeit, wodurch manchen unangenehmen Folgen vorgebeugt werden kann, wenn sich die erzeugenden Ursachen schon während des Baues zu erkennen geben und in ihrer wahren Größe gemessen werden können.

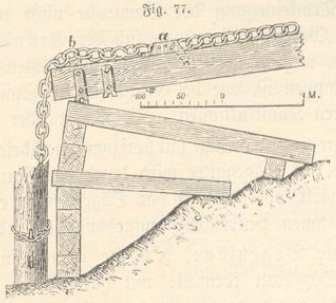
Bei wichtigen Rammarbeiten, namentlich für Pfahlroste, ist es üblich, einen „Pfahlriß" anzufertigen, aus welchem die Stellung der einzelnen Pfähle und die Nummer zu ersehen ist, welche sie im Rammregister erhalten. Ein solches Register erhält folgende Rubriken: 1) das Datum des Einrammens; 2) Zahl der Arbeiter an der Ramme; 3) die Nummer des Pfahles im Pfahlriß; 4) die ganze Länge desselben; 5) die Länge im Boden; 6) die mittleren Pfahldurchmesser; 7) das Gewicht des Bären; 8) die Fallhöhe des Bären; 9) das Maß des Eindringens während der letzten Hitzen oder Schläge.

§ 30.

Ausziehen und Abschneiden der Pfähle unter Wasser.

Wenn Pfähle schief oder unrichtig eingeschlagen worden sind und wieder entfernt werden sollen, so dienen dazu, wenn einfache Mittel nicht ausreichen: der Wuchtebaum, Windevorrichtungen, Schraubenvorrichtungen und der hydrostatische Druck.

Fig. 77.



Einen Wuchtebaum, mit dem bedeutende Wirkungen erzielt werden konnten, beschreibt Hagen im Handbuch der Wasserbaukunst II, S. 223. Derselbe bestand aus

Kiefernholz, war 11,0 m lang und mit zwei Drehlagern versehen, die von dem Ende 31 resp. 62 cm entfernt waren. Zunächst wurde das vordere Lager benutzt und mit dem Wuchtebaum an sich ein Zug von 14000 kg ausgeübt. Sobald aber das hintere Ende mit einem 375 kg schweren Bär belastet wurde, wurde die Zugkraft des Hebels doppelt so groß.

Die um den Pfahl B geschlungene Kette lag am vorderen Ende des Wuchtebaumes in einer durch eiserne Balken hergestellten Vertiefung. Sie konnte bei a mittels eines durchgesteckten Bolzens festgehalten werden, wenn der Wuchtebaum den Pfahl anzog.

Näheres im Hagen'schen Werke.

Hölzerne oder eiserne Schrauben werden fast stets paarweise angewendet (zwei Stück bilden einen „Satz") und gleichzeitig gedreht, sie erhalten dann einen gemeinsamen Spurbalken.

Bei Pfählen, die im tiefen Wasser stehen, benutzt man wohl auch Schiffe, die zunächst durch Belastung beschwert, also eingetaucht, dann mit dem Pfahl fest verbunden und hierauf entlastet werden. Der in solcher Art auf den Pfahl wirkende starke Zug, in Verbindung mit einer, durch das Bedienungspersonal erzeugten, wiegenden Bewegung des Schiffes, genügt häufig zum Ausziehen des Pfahles.

Wo eine größere Anzahl von Pfählen ausgezogen werden soll und es lohnend ist, hierzu besondere Maschinen anzuschaffen, da dürfte sich die in der „Deutschen Bauzeitung", Jahrg. 1877, Seite 334, dargestellte Maschine empfehlen. Sie fand auf einem 16 m langen und 16 m breiten Prahm Aufstellung. Die Mitte des Prahms nahmen der stehende Röhrenkessel und die horizontale Dampfmaschine von 20 Pferdekräften ein. Am Ende des Prahms ist ein Ausleger aus zwei Rundhölzern errichtet, an welchem ein vierrolliger Flaschenzug hängt.

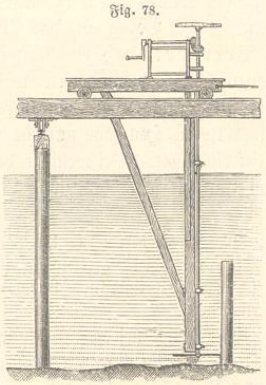
Zum Abschneiden der Pfähle an solchen Orten, wo eine Trockenlegung der Baugrube nicht zulässig ist, also unter Wasser, bedient man sich der Grundsäge, besonders da, wo eine größere Anzahl von Pfählen in gleicher Höhe zu kappen ist, wie bei Grundpfählen, Spundwänden und anderen Konstruktionen. Sie ist entweder

a) eine gerade Säge mit horizontal geführtem Sägeblatt, und das Sägegatter wird durch das Anziehen von Seilen bewirkt, oder es wird das Sägeblatt in einem dreieckigen Rahmen pendelartig aufgehängt (Pendelsäge);

b) eine Bogensäge, d. h. sie erhält ein segmentförmiges Sägeblatt ebenfalls mit horizontaler Führung;

c) auch Kreissägen wendet man zum Abschneiden der Pfähle an; sie können mittels Handkurbel und konischen Rädern von einer horizontalen Welle aus durch zwei Arbeiter in Bewegung gesetzt werden. Fig. 78 zeigt diese Anordnung. Der Wagen, auf dem die Vorrichtung ruht, wird durch ein Seil, welches um die Trommel einer Winde

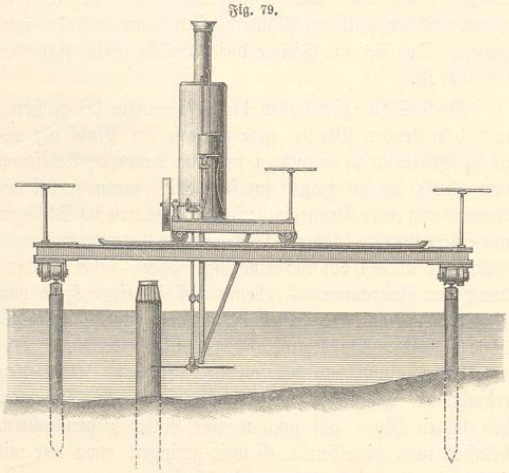
Fig. 78.



gelegt sein kann, regelmäßig angezogen. Durch entsprechende Einrichtung der Apparate b und c ist es möglich, Pfähle bis zu 6 m Wassertiefe abzuschneiden.

Die neuere Wasserbautechnik verwendet zum Abschneiden von Pfählen unter Wasser vielfach transportable Dampfmaschinen mit Kreissägen (Fig. 79).

Fig. 79.



Dieselben ruhen auf einem eisernen Unterwagen mit darauf laufendem Oberwagen. Die Kreissäge sitzt am unteren Ende einer vertikalen Welle, die unter den Wasserspiegel reicht und die Pfähle bis 40 m unterhalb der Laufschienen des Wagens abschneidet.

Zwecks Fortbewegung des Wagens sind Antriebsmechanismen für Handbetrieb vorhanden. Das Abschneiden

geschieht schnell und sicher. Der Preis eines derartigen Apparates nebst Unterwagen von 7,0 m Länge, nebst Dampfmaschine von vier Pferdekräften, ist 4000 Mark.

Die Beton- und Mörtelmaterialien.

§ 31.

Bereits in § 4 dieses Abschnittes wurde der Gründung auf Beton gedacht, einer Methode, welche hauptsächlich bei Wasserbauten zur Anwendung kommt, und zwar da, wo es schwierig erscheint, eine wasserfreie Baugrube herzustellen. Dieselbe findet auch bei Hochbauten vielfach Anwendung.

Geschichtliches. Unter „Beton“ (Konkret, Gußmauerwerk) versteht man ein unter Wasser erhärtendes Gemenge aus Mörtel und Steinstücken. Schon im Altertum finden sich Spuren dieser Gründungsweise, und Vitruv und Plinius sprechen davon unter dem Namen „Signinum opus“. Nach Vitruv wurden 5 Teile reinen Sandes mit 2 Teilen Kalk gemengt und zu diesem Gemenge noch Steinstücke hinzugefügt, deren Gewicht ein Pfund nicht überschreiten durfte. Plinius schreibt vor, daß der Mörtel aus 5 Teilen feinen Sandes und Kieses und 2 Teilen besten Kalkes bestehen solle, zu dem dann 9 Teile Steine zu mengen seien. Dieses Gußmauerwerk wurde insbesondere zur Darstellung von Cisternen und zum Bau römischer Heerstraßen verwendet.

Die Gründung auf Beton erfordert immer nur geringe konstruktive Anordnungen, dagegen die Auswahl geeigneter Materialien und zweckmäßiger Vorrichtungen zum Bereiten und Versenken des Betons. Diese in neuerer Zeit vielfach angewendete Fundierungsmethode ist für die Praxis von so hervorragender Bedeutung, daß sie eine eingehendere Besprechung erheischt.

Bei Bereitung des Betons kommt es in erster Linie auf die Beschaffung eines geeigneten Mörtels an; wir haben daher die Materialien, aus denen dieser bereitet wird, vorerst zu behandeln. Derselbe soll hydraulisch sein, d. h. die Eigenschaft haben, im Wasser zu erhärten, im Gegensatz zum Luftmörtel, der zu seiner Erhärtung den Hinzutritt von Luft erfordert.

Luftmörtel ist nun eine Mischung von Kalkhydrat mit einem Zusatz von Sand; die Verbindung beider ist rein mechanisch und die Erhärtung des Gemenges erfolgt durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft. Beim hydraulischen Mörtel ist der Prozeß dagegen ein rein chemischer, und es ist dazu das Vorhandensein von Kieselerde, welche dem Kalk natürlich oder künstlich beigemischt ist, erforderlich. Unter Zutritt des Wassers bildet sich dann ein Kalkerdesilikat, und der Prozeß wird erleichtert, wenn die Kieselerde in Verbindung an andere Mineralkörper gebunden vorkommt. Dies ist nun der Fall beim Thon, der die Kieselerde chemisch und mechanisch gebunden enthält und durch das Brennen zu einem bindefähigen Körper wird. Weitere Beimischungen, welche Einfluß auf die Bildung des Wassermörtels ausüben, sind Eisen- und Manganoxyd, auch Bittererde. Zuweilen kommen diese Stoffe in der Natur im richtigen Verhältnisse gemischt vor, sie bilden dann gebrannt und gelöscht den natürlichen hydraulischen Kalk,[1]) oder es wird eine künstliche Mischung vor dem Brennen vorgenommen, wobei künstlicher hydraulischer Kalk (Cement) als Produkt entsteht.

Der in der Natur vorkommende kohlensaure Kalk ist nun entweder reiner Kalkstein (wie der Marmor und die meisten dichten Kalksteine), oder es kommen darin mannigfache Verunreinigungen an Kieselerde, Thonerde, Talkerde, Eisen- und Manganoxyd vor, welche bis 50 Proz. der Masse betragen können. Kalksteine, in denen diese Nebenbestandteile nicht mehr als 8 Proz. ausmachen, ergeben beim Brennen den sogenannten fetten Kalk, der durch das Löschen sein Volumen erheblich vermehrt und einen starken Sandzusatz verträgt. Dagegen liefern die Kalksteine mit einer größeren Menge von Nebenbestandteilen einen mageren Kalk, der nicht, wie der fette, in Gruben, sondern durch Besprengen mit Wasser gelöscht wird, wobei er zu Pulver zerfällt. Diese Kalke vergrößern ihr Volumen nicht beim Löschen, sie „gedeihen“ nicht, sind durch Thon- und Bittererde dunkler gefärbt und vertragen keinen so starken Sandzusatz, wie der fette Kalk.

Die hydraulischen Eigenschaften eines Kalkes werden nun vorzugsweise durch das Vorherrschen der Thonerde bedingt. 10 Proz. Thon und Bittererde geben einen schwach hydraulischen Mörtel; sind 20 bis 30 Proz. beigemischt, so löscht er sich noch gut und ist als Wasserkalk auch unpulverisiert noch zu brauchen. Er verträgt einen starken Sandzusatz.

Beträgt der Thonerdegehalt einschließlich der chemisch gebundenen Kieselerde 30 bis 40 Proz., so muß das Gestein in der Regel schon künstlich zerkleinert, d. h. gemahlen werden. Steigt der Thonerdegehalt endlich über 50 Proz., so bedarf solch magerer Kalk zur Bildung von Mörtel sogar der Beimischung von fettem Kalk.

§ 32.

Romancement. Portlandcement.

Hydraulische Kalke giebt es an verschiedenen Orten, von besonderer Güte ist aber der in § 31 erwähnte, aus England bezogene und in Norddeutschland vielfach angewendete Romancement — in Frankreich „Ciment naturel“

1) Die von dem Engländer Parker 1796 im London-Clay entdeckten und zu Romancement verarbeiteten Kalksteinnieren gehören beispielsweise zu den natürlichen hydraulischen Kalken.

oder „Ciment Romain“. — Er wird aus Lesesteinen (Mergelnieren), welche in der Nähe der Insel Sheppey und an der Themsemündung im sogenannten London clay gefunden werden, gebrannt. Nach dem Brennen wird er gemahlen und kommt als ein braunes, sehr sorgfältig in Tonnen verpacktes Pulver in den Handel. Derselbe ist vor der Berührung mit der Luft zu schützen, wenn er nichts von seiner Bindekraft verlieren soll. Man kann ihn zwar ohne Sandzusatz verwenden, doch will man die Bemerkung gemacht haben, daß der Cement rascher erhärtet, wenn man ihm etwas reinen, scharfen Sand zusetzt. Ein Zusatz von mehr als der Hälfte Sand scheint die Güte des Mörtels nicht zu beeinträchtigen. Den Mörtel aus diesem Cement darf man nur unmittelbar vor seiner Verwendung bereiten, denn er erhärtet noch weit rascher als der aus Traß bereitete hydraulische Mörtel.

Ein guter Romancementmörtel ist nicht nur undurchdringlich für das Wasser, sondern er hält sich ebenso gut an der Luft, wo er abwechselnd naß wird und den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, eine Probe, die der Traßmörtel nicht besteht. In Hamburg sind ganze Häuserfassaden mit Romancement geputzt worden und gewähren bei guter Ausführung große Dauer.

Das von Parker eingeschlagene Verfahren der Cementbereitung durch Zerkleinern, Brennen und nachheriges Pulverisieren des natürlichen Kalksteines hat bekanntlich eine große Nachahmung gefunden, indem die dafür geeigneten Kalksteine auch an anderen Orten vorkommen. So fand Lesage, sechs Jahre nach Parkers Entdeckung, in den Geröllen am Strande von Boulogne ein Material, welches dem Sheppeystone in der Zusammensetzung ähnlich war und einen vortrefflichen Romancement lieferte. — Bekannt sind auch der Romancement von Pilsberge bei Osnabrück, von Kufstein in Tirol u. a. m.

Da die Kalksteinarten, welche den Romancement liefern, jedoch nicht so allgemein verbreitet sind, wie Thon und kohlensaurer Kalk, lag es nahe, daß man Versuche anstellte, um durch künstliche Mischung beider Materialien einen Cement herzustellen, der dem Romancement an Güte gleichkäme. Solche Versuche unternahmen Vicat 1818, Chambers 1821, Frost 1822, doch ohne sonderliche Erfolge.

Im Jahre 1824 ließ sich John Aspdin in Leeds ein Patent auf einen Cement geben, den er durch Brennen einer Mischung aus gelöschtem Kalk und Thon gewann. Er hatte im Aussehen und in der Härte einige Ähnlichkeit mit dem in London als Baustein gebräuchlichen Portlandstein und erhielt daher von dem Erfinder den Namen **Portlandcement**, der seitdem für die künstlich hergestellten Cemente allgemein angenommen ist; in Frankreich heißt er „Ciment Portland“. Es verging jedoch noch längere Zeit und gehörten mancherlei Erfahrungen dazu, ehe es gelang, einen so vorzüglichen Cement zu erzeugen, wie er jetzt von den renommierten Fabriken geliefert wird.

Bei der Fabrikation werden die Rohmaterialien, nämlich kohlensaurer Kalk und kieselsaurer Thon, meist im Verhältnis von 70 : 30 (im trockenen Zustande) gemahlen und geschlämmt und durch nochmaliges Schlämmen oder durch mechanische Mittel innig gemischt. (Zur Sicherstellung des Verhältnisses zwischen Thon und Kalk ist eine chemische Analyse unerläßlich.) Aus der Schlämme fließt der Rohcement in die Ablagerungsbassins, wo er so lange steht, bis das Wasser verdunstet; nun wird die teigartige Masse ziegelförmig herausgestochen, getrocknet und dann in Brennöfen gebrannt. Die Hitze muß so groß sein, daß die kieselsaure Thonerde aufgeschlossen und die Kohlensäure des Kalkes vollständig ausgetrieben wird. — Alkaliarmen Rohmaterialien muß noch ein Flußmittel (zur Beförderung des Zusammensinterns) zugesetzt werden.

Das gar gebrannte Material kommt zunächst auf die Zerkleinerungsmaschine (Hartgußwalzen) und dann auf die Mahlgänge, wo es so fein als möglich gemahlen und zum Schluß gesiebt wird.

Das fertige Fabrikat ist ein scharfes, krystallinisches Pulver von grünlichgrauer Farbe; sein schnelles oder langsameres Binden hängt von der Zusammensetzung und dem Grade des Brennens ab. Im allgemeinen gelten die langsam bindenden Cemente für geeigneter zur Herstellung eines festen Mörtels, als die schnell bindenden.

Lose gemessen wiegt ein Hektoliter Portlandcement 120 kg; bei der Verpackung in Tonnen wird die Masse im Verhältnis von 5 : 4 verdichtet.

Für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement sind im Jahre 1877 auch für Deutschland giltige „Normen“ aufgestellt worden. Wir geben untenstehend die mittels Erlaß vom 10. November 1878 vom Königl. Preußischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten aufgestellten Normen.[1])

1) **Normen** für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement, aufgestellt von dem königl. preußischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mittels Erlaß vom 10. November 1878.

I. Das Gewicht der Tonnen und Säcke, in welchen Portlandcement in den Handel gebracht wird, soll ein einheitliches sein; es sollen nur Normaltonnen von 180 kg brutto und 170 kg netto, halbe Tonnen von 90 kg brutto und 83 kg netto, sowie Säcke von 60 kg Bruttogewicht von den Fabriken gepackt werden.

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 Proz. nicht beanstandet werden.

Die Tonnen und Säcke sollen die Firma der betreffenden Fabrik und die Bezeichnung des Bruttogewichtes mit deutlicher Schrift tragen.

II. Je nach der Art der Verwendung ist Portlandcement langsam oder rasch bindend zu verlangen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Portlandcement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockener, zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft.

Die Bindekraft soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt und mit richtig konstruierten Zerreißungsapparaten vorgenommen werden. Sehr umfangreiche Versuche über die Festigkeit der Cemente hat Dr. Michaelis in Berlin angestellt (siehe dessen Broschüre „Zur Beurteilung des Cementes". Berlin 1876). Die größte Zugfestigkeit, die er beim besten Cement ohne Sandzusatz beobachtete, betrug circa 100 kg pro Quadratcentimeter Querschnitt nach einem Jahre Erhärtung unter Wasser, und man darf jeden Cement, der in diesem Alter 70 kg pro Quadratcentimeter trägt, als vorzüglich bezeichnen.

Beim Mörtel aus Portlandcement und Sand ist die Hauptsache der Erhärtung in 3 Monaten abgewickelt, sie nimmt nach 6 Monaten nicht mehr wesentlich zu und ist mit Jahresfrist so weit beendet, daß ein Zuwachs fast nicht mehr nachzuweisen ist. Über das Mischungsverhältnis der Cementmörtel hat Dr. Michaelis Verhältniszahlen ermittelt. Danach kann man noch eine Mischung von Portlandcement mit 8 Teilen Sand anwenden, aber er fällt zu „kurz" aus, es fehlt ihm die Plasticität. Diese kann jedoch durch Zusatz von etwas gelöschtem Kalk erreicht werden. Am besten ist es dabei, die trockene Mischung von Cement und Sand mit Kalkmilch abzuarbeiten und der Kalkmilch nur so viel Kalkbrei zuzusetzen, als notwendig ist, um den Mörtel bildsam zu machen.

Cementmörtel soll nach Dr. L. Erdmenger so trocken wie möglich verarbeitet werden, weil die Festigkeit mit der Verringerung des Wasserzusatzes zunimmt, indem der Cement sich dann dichter ablagert.

§ 33.

Puzzolane. Traß- und Traßmörtel.

Bei den künstlichen Cementen werden die Stoffe, welche die zu einem hydraulischen Mörtel erforderlichen Elemente enthalten, vor dem Brennen beigemischt, dann gemeinschaftlich gebrannt und hierauf zu Pulver zerkleinert. Im Gegensatz dazu ist das Verfahren bei der Darstellung sogenannter hydraulischer Mörtel ein abweichendes, indem hierbei gewöhnlicher fetter Kalk verwendet und dieser durch Beimischung gewisser Bestandteile geschickt gemacht wird, unter Wasser zu erhärten. Solche Zusätze sind: die Puzzolane, die Santorinerde und der Traß, ferner Ziegelmehl, auch Asche und Schlacken von Steinkohlen.

Die Puzzolane ist ein vorzüglicher vulkanischer Tuff, welcher in Italien am Abhange des Apennin, an den Ufern der Tiber, vorzugsweise aber am Fuße des Vesuv (bei Puzzuoli) gefunden wird und schon von den Römern statt des Sandes als Zusatz zum Mörtel benutzt wurde. Sie ist eine zerreibbare, meistens gelbbraune Masse und besteht aus 44,5 Kieselerde; 15 Thonerde; 8,8 Kalk; 4,7 Magnesia; 1,4 Kali; 4,1 Natron; 12,0 Eisen- und Titanoxyd; 9,2 Wasser.

Die Santorinerde ist ebenfalls ein vulkanisches Produkt (von der griechischen Insel Santorin), welches dort gegraben und ohne weiteres zur Mörtelbereitung benutzt wird. Sie ist hell graugelb oder rötlich und hat

---

Für die meisten Zwecke kann langsam bindender Cement angewandt werden, und es ist diesem dann wegen der leichteren und zuverlässigeren Verarbeitung und wegen seiner höheren Bindekraft immer der Vorzug zu geben.

Als langsam bindend sind solche Cemente zu bezeichnen, welche in einer halben Stunde oder in längerer Zeit erst abbinden.

III. Portlandcement soll volumenbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein dünner, auf Glas oder Dachziegel ausgegossener Kuchen von reinem Cement unter Wasser gelegt auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder keine Kantenrisse zeigen darf.

IV. Portlandcement soll so fein gemahlen sein, daß eine Probe desselben auf einem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter höchstens 20 Proz. Rückstand hinterläßt.

V. Die Bindekraft von Portlandcement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt werden. Daneben empfiehlt es sich, zur Kontrolle der gleichmäßigen Beschaffenheit der einzelnen Lieferungen, auch die Festigkeit des reinen Cementes festzustellen. Die Prüfung soll auf Zugfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen und mittels Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Zerreißungsapparaten. Die Zerreißungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche vorzunehmen.

VI. Guter, langsam bindender Portlandcement soll bei der Probe mit 3 Gewichtsteilen Normalsand auf ein Gewichtsteil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimalzugfestigkeit von 10 kg pro Quadratcentimeter haben.

Bei einem bereits geprüften Cement kann die Probe, sowohl des reinen Cements als des Cements mit Sandmischung, als Kontrolle für die gleichmäßige Güte der Lieferung dienen.

Der Normalsand wird dadurch gewonnen, daß man einen möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro Quadratcentimeter siebt, dadurch die gröbsten Teile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen pro Quadratcentimeter noch die feinsten Teile entfernt.

Die Probekörper müssen sofort nach der Entnahme aus dem Wasser geprüft werden.

Cement, welcher eine höhere Festigkeit als 10 kg pro Quadratcentimeter zeigt (siehe oben), gestattet in den meisten Fällen einen größeren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie wegen seiner größeren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Bei schnell bindenden Portlandcementen ist die Zugfestigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere als die oben angegebene.

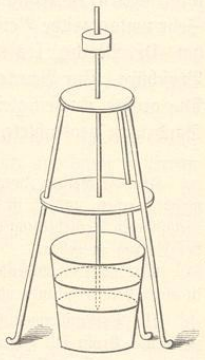
bei den Hafenbauten zu Triest und Fiume ausgedehnte Anwendung gefunden.

Der Traß wird aus dem festen vulkanischen Tuffstein gewonnen, dessen weitaus größtes Lager sich im Nettethal bei Andernach a. Rhein befindet, während im Brohlthal nur noch relativ geringe Massen von festem Tuffstein ausgebeutet werden; dagegen werden von Brohl aus große Quantitäten von sogenanntem Brohler Bergtraß (Tuffasche, welche zu beiden Seiten des Thales in mächtigen Lagern vorkommt) in den Handel gebracht. Der beste Traß kommt in den untersten Lagen vor und muß durch Sprengung mit Pulver gewonnen werden. Er wird zur Mörtelbereitung verwendet und ist ein gesuchter Handelsartikel. Die oberen Lagen des Trasses haben einen viel geringeren Wert und werden jetzt meistens zum Ausmauern der Fachwerkswände verwendet. Eine dritte Art des Vorkommens ist die in Form von Sand, also im schon zerkleinerten Zustande. Der feste, zuerst erwähnte Traß ist der beste und heißt deshalb auch „echter Traß", während die oberen, weichen Sorten und der erwähnte Sand, welche auch wohl hie und da zur Mörtelbereitung verwendet werden, aber ein bei weitem geringeres Material liefern, „wilder Traß" genannt wird.

Der Traß enthält vielfach andere Materialien eingesprengt, namentlich Thonschieferstücke von verschiedener Größe, Bimsstein und Holzkohle. Die Farbe variiert vom Grauen ins Braune und geht oft in ein helles Blau über, letzteres jedoch nur, wenn die Stücke vorher ganz ausgetrocknet waren. Um den Traß mit einiger Sicherheit beurteilen zu können, darf er noch nicht pulverisiert sein, sondern man muß ganze Stücke der Prüfung unterwerfen. Die Stücke müssen, wenn der Traß das Prädikat gut erhalten soll, möglichst fest sein, sich namentlich an den Ecken und Kanten nicht leicht abbrechen, noch weniger dürfen sich aber kleine Stücke zwischen den Fingern zerreiben lassen; auch muß er rein von den genannten Einsprengungen sein und sich „scharf" anfühlen. Häufig giebt man dem grauen Traß den Vorzug vor dem braunen und schätzt den hellblauen am höchsten; aber die Farbe allein ist kein sicheres Kennzeichen. Hat man pulverisierten Traß zu untersuchen, so beurteilt man denselben nach dem Niederschlage im Wasser und hält den für den besten, der sich rasch und vollständig niederschlägt und keine verschiedenen Schichtungen erkennen läßt. Doch auch diese Probe ist wenig zuverlässig, weil auch der wilde Traß, wenn er sonst nur rein ist, sich kaum von dem echten unterscheiden läßt.

Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses bleiben immer direkte Versuche über seine Bindekraft, wenn man ihn als Mörtel verarbeitet. Die in Frankreich übliche Methode der Prüfung besteht im folgenden: man füllt mit einer Quantität des frisch bereiteten Mörtels ein gewöhnliches Trinkglas etwa bis zur Hälfte und schüttet dann vorsichtig Wasser darüber. Zur Vornahme der eigentlichen Probe dient der Apparat Fig. 80, bestehend aus einem kleinen, dreibeinigen Bocke mit zwei parallelen horizontalen Böden, und aus einem zu diesen Böden vertikal geführten, etwa 3 mm starken Stahlstift, der unten zugespitzt und oben mit einem Gewicht von 0,5 kg beschwert ist. Nach Verlauf von 24 Stunden, nachdem man den Mörtel, wie beschrieben, in das Glas gefüllt hat, wird derselbe der ersten Probe unterworfen, indem man das Glas unter den Bock bringt und die Stahlspitze auf die Oberfläche des Mörtels wirken läßt, und aus der Geschwindigkeit und Tiefe des Eindringens derselben auf die Güte des Mörtels schließt. Ein „vorzüglicher" Mörtel läßt schon nach dieser kurzen Zeit die Nadel gar nicht mehr eindringen. Braucht er 48 Stunden Zeit, um diesen Widerstand zu leisten, so heißt er nicht mehr „stark hydraulisch", und wenn er einen Monat gebraucht, um zu erhärten, so nennt man ihn „schwach hydraulisch", und bleibt er endlich nach dieser Zeit noch weich, so fehlt ihm die Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten, in dem gewöhnlichen Sinne ganz, und er wird nicht mehr zu den hydraulischen Mörteln gerechnet. Diese Prüfungsmethode giebt jedenfalls ein Mittel an die Hand, die Güte verschiedener Mörtel gegenseitig zu beurteilen und bei der Bereitung das beste Verhältnis der Mischung auszumitteln.

Fig. 80.



Bei dem im Jahre 1877 für die Harburger Hafenschleuse gelieferten Traß ist als Bedingung vorgeschrieben worden, daß Druckproben mit Würfeln von 10 cm Seite aus 2 Volumteilen Traß und 1 Volumteil Fettkalk nach 40tägiger Erhärtungsdauer (1 Tag in der Luft und 39 Tage im Wasser) die Festigkeit von 1700 kg (17 kg pro Quadratcentimeter) bei 15° R. aufweisen sollten.[1])

Der echte Traß wird in größeren Stücken gebrochen und dann in Stampfwerken oder zwischen Mühlsteinen zerkleinert. Das Zerkleinern muß immer unter genauer Kontrolle geschehen, damit die Güte des Materiales außer Zweifel ist. Man geht daher am sichersten, wenn man bei bedeutenden Bauten, wo eine große Quantität gebraucht wird, das Zerkleinern auf der Baustelle selbst vornehmen läßt. Die Arbeit ist aber sehr beschwerlich, weil der Traß außerordentlich hart ist, doch wird in Holland, wo man sehr

1) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1878, S. 273.

viel von diesem Material verbraucht, derselbe nur in Stücken eingeführt.

Zum reinen Traßmörtel, der keinen Zusatz von Sand erhält, nimmt man gewöhnlich auf eine Kubikeinheit Kalkbrei zwei Kubikeinheiten pulverisierten Traß; doch hängt das jedesmalige Mischungsverhältnis von der Güte des Kalkes ab, und man geht am sichersten, wenn man dieses Verhältnis durch direkte Versuche ermittelt. Versuche haben ergeben, daß der gute Traßmörtel einen geringen Zusatz von reinem scharfen Sande sehr wohl vertragen kann, und wenn das damit aufzuführende Mauerwerk nicht immer unter Wasser bleibt, so versetzt man den Traß zur Hälfte mit Sand; und solchen Mörtel, den man wohl verlängerten Traßmörtel nennen kann, hält man zu Mauerwerk über Wasser für noch geeigneter als den reinen Traß ohne Sandzusatz.

§ 34.

Die Bereitung des Traßmörtels geschieht auf die Art, daß man zuerst, nachdem Kalk und Traß in dem bestimmten Verhältnis abgemessen sind, auf einem dichten Dielenboden eine Lage Kalkbrei ausbreitet und dann den Traß unter fortwährendem Durcharbeiten mit der Kalkkrücke nach und nach zusetzt. Den besten Mörtel erhält man, wenn bei der Bereitung möglichst wenig Wasser zugesetzt wird, doch ist alsdann die Arbeit sehr beschwerlich und ermüdend, während ein größerer Wasserzusatz dieselbe erleichtert.

Wenn sehr große Mörtelmengen zu bereiten sind, wie dies bei Betonbereitung gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, so bedient man sich häufig der Mörtelmaschinen. Im allgemeinen haben diese gegenüber der Bereitung aus freier Hand den Nachteil, daß bei den Maschinen mehr Wasser zugesetzt werden muß, wodurch der Mörtel leicht an Güte und besonders leicht an der Eigenschaft verliert, in sehr kurzer Zeit unter Wasser zu erhärten. Die Mörtelmaschinen bestehen gewöhnlich aus hohlen Cylindern von Holz oder Eisenblech, welche um ihre Achse gedreht werden oder auch feststehen und innerhalb eine bewegliche Achse haben. Die Mischung des Kalkes mit dem Traßpulver wird dann durch bewegliche und feststehende Messer im Innern des Cylinders bewirkt, zwischen welchen die Masse hindurchgetrieben wird. Näher auf diese Maschinen hier einzugehen, verbietet der Raum, und wir verweisen in dieser Beziehung auf das Hagen'sche Werk, in welchem mehrere derselben beschrieben sind.

Der fertige Mörtel wird möglichst rasch verarbeitet, weil er schon wenige Stunden nach seiner Bereitung merklich zu erhärten anfängt.

Man hat häufig Versuche gemacht, den immer ziemlich teuren Traß durch Surrogate zu ersetzen, und am meisten Ziegelmehl benutzt, zuweilen aber auch besonders feine Thonerde zu diesem Zwecke eigens gebrannt; doch bleiben dergleichen Versuche immer gewagt, und bis jetzt hat es noch nicht gelingen wollen, den Traß durch ein anderes Material bei der Bereitung von hydraulischem Mörtel aus gewöhnlichem fetten Kalke zu ersetzen.

§ 35.

Nächst der Mörtelbereitung erfordert auch die Auswahl der Steine, welche man zum Beton verwenden will, große Aufmerksamkeit. Sie sollen eine möglichst rauhe Oberfläche zeigen und möglichst scharfkantig sein, doch werden diese Eigenschaften nicht als notwendig zur Erhärtung erachtet, da man in England den Beton gewöhnlich aus Flußkies darstellt, dessen Steine, wie alle Flußgeschiebe, mehr oder weniger sphärische Gestalten zeigen. Endlich müssen die Steine an sich eine hinlängliche Festigkeit besitzen, um ein festes Mauerwerk zu geben. Vor der Vermengung werden die Steine stark mit Wasser genäßt, um dem Mörtel das zum Erhärten nötige Wasser nicht zu entziehen. Diese Vorsicht ist besonders dann nötig, wenn die Steine das Wasser begierig einsaugen, wie z. B. Backsteine und einige Sandsteinarten. Letztere eignen sich besonders gut zur Betonbereitung, doch sind auch Granit, Grauwacke und die festeren Arten Kalkstein brauchbar. Man hat auch Backsteine zu diesem Zwecke besonders scharf brennen und dann in passende Stücke schlagen lassen. Wenn man den Mörtel abgesondert bereitet, so werden die Steine gewöhnlich in möglichst gleicher Größe (nicht über 5 cm im Durchmesser) verlangt, obgleich die Engländer gerade umgekehrt es als eine Bedingung der Brauchbarkeit des Kieses aufstellen, daß die Steine von möglichst großer Verschiedenheit in Beziehung auf ihre Größe sein müssen. Bei letzterem Material muß der Kies aber auch den Sand zum Mörtel ersetzen, was bei der obigen Bereitungsart nicht nötig ist, weshalb bei dieser die Bedingung der gleichen Größe der Steine immer ratsam bleiben möchte, um nicht zu kleine, leicht zerbröckelnde Steine in die Masse zu bekommen.

Um das richtige Verhältnis der Steine zum Mörtel zu bestimmen, kann man auf die bekannte Weise die Größe des kubischen Inhaltes der Zwischenräume zwischen einer bestimmten Qualität Steine ausmitteln und diesen als Maß des hinzuzusetzenden Mörtels annehmen. Bei den Betonfundierungen der Schleusen an der Ruhr hat man zu 12 Kubikeinheiten Steinbrocken 6 Kubikeinheiten Mörtel hinzugesetzt und daraus 13 Kubikeinheiten Beton erhalten. Hiernach wären z. B. zu 100 cbm Beton 94 cbm Steine und 46 cbm Mörtel erforderlich. Bei dem Schleusenbau zu St. Valery an der Somme nahm man zu einem Kubikmeter Beton 0,87 cbm Steine und 0,45 cbm Mörtel.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In London benutzt man zur Betonbereitung, wie schon erwähnt, den aus der Themse gebaggerten Kies aus kleineren und größeren Stücken unter Zusatz von hydraulischem Kalk. Ein häufiger vorkommendes Mischungsverhältnis ist das von 5 Teilen Themsekies auf 1 Teil hydraulischen Kalk, doch geht man auch darunter.[1]) Als beste Mischungsart hat man dort folgende anerkannt: Man mischt den gemahlenen Kalk trocken mit dem Kiese recht sorgfältig und schüttet dann die erforderliche Menge Wasser zu; dann schippt man die Masse zwei bis dreimal um und verbraucht sie sofort. Sobald der frisch bereitete Beton in die Baugrube geworfen ist, tritt durch das Löschen des Kalkes eine Bewegung der Masse ein, so daß Kalk und Wasser nicht mehr Raum einnehmen, als der Kalk allein, wodurch ein dichteres Lagern des Kieses bewirkt wird. Der Wasserzusatz soll auch bei den hydraulischen Kalken so gering als möglich sein.

Als Beispiele von Betonmischungen in Deutschland führen wir folgende an:

Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn: 1 Raumteil (Stettiner) Portlandcement, 3 Raumteile scharfer Mauersand, 5 Raumteile Steinschlag. (Zeitschrift für Bauwesen 1876.)

Hellingsbauten in Kiel: 100 Teile Schotter, 43,6 Teile Mörtel, bestehend aus 1 Teil Cement, 1,4 Teilen Sand.

Rheinbrücke bei Wesel: Zu 1 cbm Beton sind verwendet 0,75 cbm Steinschlag, 0,19 cbm Kies, 0,456 cbm Mörtel aus 1 Teil Kalkpulver, 1 Traß, 1 1/2 Sand.

In der Regel rechnet man auf 2 Raumteile Steinbrocken 1 Teil Mörtel; die Betonmasse wird dann etwa 1/10 größer als das Volumen der Steinbrocken. 1 cbm Beton erfordert also 0,90 cbm Steine und 0,45 cbm Mörtel.

Die Festigkeit des Betons wird etwa derjenigen des Mörtels gleichgesetzt, doch nimmt man sie auch geringer als diese an, zu etwa 5 kg pro Quadratcentimeter.

§ 36.

Das Mischen des Betons.

Der Beton kann auf zweierlei Weise bereitet werden. Entweder mengt man, wie in England häufig geschieht, Kalk, Sand und Steine gleichzeitig und verarbeitet sie gemeinschaftlich unter Zusatz von Wasser, oder man stellt zunächst den Mörtel her und mengt diesen dann mit Steinstücken. Die letztere Methode ist auf dem Kontinent gebräuchlicher, bietet auch größere Sicherheit für die Güte des Betons, weil dabei eine innige Mischung der Materialien zu erreichen ist.

a) Das Mörtelmischen geschieht entweder mit der Hand oder durch Mörtelmaschinen.

Mörtelmaschinen sind entweder nach Art der Thonschneider konstruiert, welche aus einer vertikalen Trommel von Holz oder Eisen bestehen, worin die Mörtelmaterialien durch eine mit Messern oder Armen versehene vertikale Welle gemischt werden. Man hat dergleichen mit Pferde- und Maschinenbetrieb. Oder es werden eiserne Rechen in einer horizontalen ringförmigen Grube um eine vertikale Achse bewegt. Endlich hat man Einrichtungen in Form der Mahlgänge, bei denen bewegliche Mühlsteine angewendet werden, die durch Druck wirken und so die Mischung der Sandkörner mit den Kalkteilen befördert.

Größere Aufmerksamkeit als der Kalkmörtel erfordert die Anfertigung der Cementmörtel, denn hier muß die Mengung eine besonders innige sein, auch das vorgeschriebene Verhältnis zwischen Cement und Sand genau innegehalten werden. In Frankreich wird bei kleineren Verbrauchsmengen der Cement und der Sand auf kleinen, mit seitlichem Rande versehenen Tischen ausgebreitet und mit einer Mauerkelle gut bearbeitet. Hierbei kann die Mischung in kurzer Zeit geschehen, ehe das Binden des Cementes beginnt. Der so fertig gemischte Mörtel fällt dann in einen untergestellten Eimer und wird zum Verwendungsort getragen.

b) Auch die Bereitung des Betons aus gehörig präpariertem Mörtel und Steinbrocken wird vielfach durch Handarbeit bewirkt, weil viele Ingenieure dieser Bearbeitungsmethode den Vorzug vor der Mischung in Betonmaschinen geben. Kleinere Mengen Beton werden stets durch Handarbeit bereitet, indem auf einem Bretterboden die vorher angefeuchteten Steine in Portionen von 0,3 bis 0,4 cbm regelmäßig ausgebreitet werden, so daß sie eine niedrige Schichte bilden; auf diese wird der Mörtel dann in kleineren Portionen nachgeworfen und mit Schaufeln oder eisernen Rechen so lange durchgearbeitet, bis die Steine vollständig mit Mörtel umhüllt sind. Diese Arbeit ist schwierig, weil dem Mörtel nur wenig Wasser zugesetzt werden darf, um dessen Bindekraft und Erhärtungsfestigkeit nicht zu verringern, namentlich in Fällen, wo Cementmörtel zur Anwendung kommt.

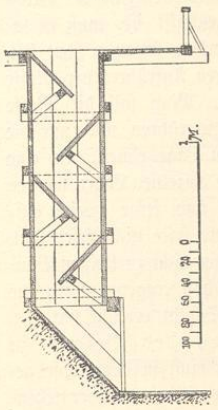
Eine ältere Methode der Bearbeitung ist diejenige in sogenannten Fallwerken (Fig. 81), d. h. hölzernen Gerüsten, in welchen schräg gestellte Bretterwände übereinander angebracht sind, in solcher Anordnung, daß die oben eingebrachten Materialien von der ersten auf die zweite, dritte u. s. w. Abteilung fallen und unten fertig gemischt ankommen.

Zur Anfertigung großer Betonmassen bedient man sich der Maschinen, und zwar pflegt in der Regel mit der

1) So hat man beim Bau des Zuchthauses in Westminster mit 8 Teilen Kies und 1 Teil Kalk noch ein gutes Resultat erzielt, obgleich die 7 (engl.) Fuß mächtige Betonlage noch unter der höchsten Flut lag.

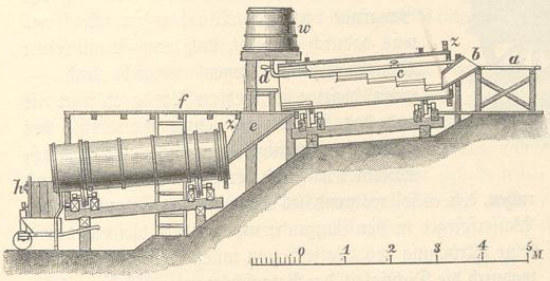
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 81.



Mörtelmaschine eine Betonmaschine verbunden zu sein. In ersterer wird der Beton aus den Rohmaterialien (Cement und Sand) gemischt und fällt unmittelbar in die damit verbundene Betonmaschine, wo dann nur die gehörig genäßten Steinbrocken zugesetzt werden. Eine solche Einrichtung wurde schon bei der Fundierung der Schleuse des Ihlekanals mit Erfolg angewendet (vergleiche Hagens Handbuch der Wasserbaukunst I. 2, S. 327). Diese Anlage ist in Fig. 82 dargestellt.

Fig. 82.



Hier bestand die Mörtel- wie die Betonmaschine aus einer hölzernen Trommel von 94 cm Weite und 3,77 m Länge. Sie waren gegen den Horizont um $^1/_{12}$ geneigt. Die Wandungen beider Trommeln bestanden aus 5 cm starken Stäben, und zwar diejenigen der Betontrommel aus Eichenholz. Sie wurden — wie die Fässer — durch starke eiserne Reifen zusammengehalten. Jede Trommel hatte zwei solche Reifen, die auf Friktionsrollen umliefen, während die Trommeln selbst durch Triebwerke in Bewegung gesetzt wurden und in der Minute sechs Umdrehungen machten.

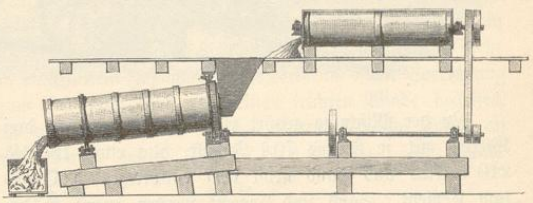
Der in der oberen Trommel bereitete Cementmörtel wurde gemischt aus 3 Teilen Portlandcement und 1 Teil Sand. Zum Abmessen dienten flache Kästen; diese wurden auf den Tisch a, Fig. 82, gestellt und von einem Arbeiter in den Trichter b geschüttet. Zunächst wurden Sand und Cement trocken gemischt und wenn die Mischung die Hälfte der Trommellänge durchlaufen hatte, ließ man Wasser aus dem Behälter w durch ein Rohr mit Hahn in die Trommel einströmen und bei c auf die Mischung niederträufeln. Der Wasserzutritt wurde durch einen Arbeiter, je nach der Konsistenz des austretenden Mörtels, reguliert.

Dem auf die geneigte Ebene e fallenden Mörtelgemisch wurde hier der nötige Steinschlag zugesetzt und die Steine in Handkarren herangefahren, nachdem vorher alle erdigen Bestandteile durch Auswaschen unter einer Pumpe entfernt worden waren. Diese Karren enthielten je 60 l Inhalt, wurden auf die Rüstung f gehoben, der halbe Karreninhalt (30 l) periodisch auf die geneigte Ebene a gestürzt und dem aus der oberen Trommel fließenden Mörtel zugesetzt. Mörtel und Steine vermengten sich beim Durchlaufen der unteren Trommel vollständig, so daß die Betonmasse eine durchaus gleichmäßige war.

Aus der unteren Trommel endlich fiel der Beton auf eine drehbare Klappe h und von dieser in einen darunter gestellten Schubkarren. Bei regelmäßigem Gange lieferte die Maschine stündlich 11 cbm fertigen Beton.

Da ein sehr starker Verschleiß der eichenen Trommeln stattfindet, empfiehlt es sich, die Trommeln statt aus Holz aus Gußeisen oder Eisenblech zu konstruieren.

Fig. 83.



Die bekannte Firma Bünger & Leyrer in Düsseldorf fertigt seit Jahren derartige Betonbereitungsmaschinen an. Die Anordnung ist verwandt und in Fig. 83 zur Darstellung gebracht.

Die Mörtelmaschine steht auf der oberen Plattform und so hoch, daß der darin hergestellte Mörtel durch den im Durchschnitt angedeuteten Trichter beständig in die darunter aufgestellte Betontrommel fällt, wobei gleichzeitig Steinschlag (Kies) unter entsprechendem Wasserzufluß aufgegeben werden muß. Hierbei rotiert die Betontrommel um ihre Längsachse und am unteren Ende der Trommel fließt der fertige Beton in bereitgehaltene Transportgefäße, wie dies durch vorstehende Figur veranschaulicht wird.

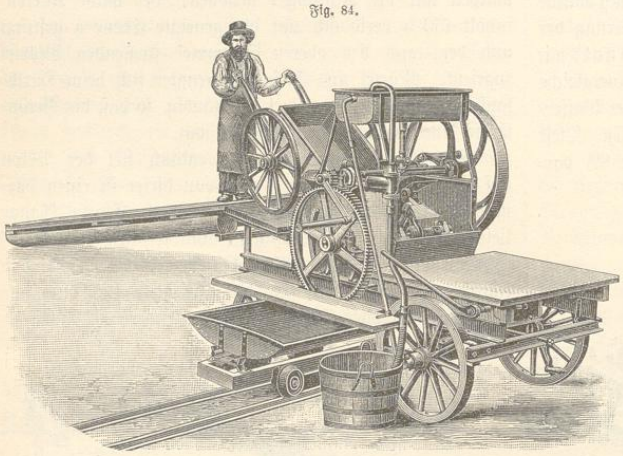
Die Betriebsmaschine wird in der Regel auf der unteren Plattform aufgestellt.

Diese Betonbereitungsmaschinen liefern pro Tag 120 bis 140 cbm fertigen Beton und die Kosten der kompletten Anlage belaufen sich auf 1500 Mark.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 84 zeigt endlich die der Firma Bünger & Leyrer in Düsseldorf patentierte, fahrbare und stationäre Beton- und Mörtelmischmaschine. Diese Maschinen werden auf das Solideste gebaut, und da die Mischung auf mechanischem Wege geschieht, ist man dabei unabhängig von der Verläßlichkeit der Arbeiter. — Zur Bedienung der Maschine wird nur ein Mann erfordert, wobei das Einfüllen mittels Schubkarren geschieht, die sich nach vorn überstürzen lassen.

Fig. 84.



Zu der Mischung gehört etwa der Inhalt von drei Karren mit je 60 bis 70 l Inhalt, also etwa 180 bis 210 l Kies und Sand nebst dem entsprechenden Quantum Cement. Sand und Cement werden zuerst in der Trommel trocken gemischt und darauf erst der Kies (Steinschlag) in dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis und das nötige Wasser zugesetzt. Der fertige Beton fällt aus der Mischtrommel direkt in einen darunter gestellten Betonwagen und geschieht die Abfuhr am besten mittels drehbarer Mulden-Kippwagen. Zwecks regelmäßiger Zufuhr der Betonmaterialien und Abfuhr des Betons empfiehlt sich die Anlage von Gleisen (und Drehscheiben), wie aus Fig. 84 zu ersehen.

Diese Maschine liefert bei bester Mischung nur ein mäßiges Quantum Cement, nämlich pro Stunde 6 bis 8 cbm.

§ 37.

Nach der Darstellung der Betonmasse kommt es darauf an, dieselbe auf die Sohle der Baugrube zu bringen, wenn nicht etwa die Bereitung auf dieser selbst geschieht. Die Engländer pflegen den Beton auf Dielen oder in Rutschen, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben, in diese hinabzuwerfen, damit durch die Erschütterung des Fallens die einzelnen Teile näher aneinander getrieben werden und die Masse kompakter wird. Sobald der Beton an den Ort seiner Verwendung geschafft ist, muß er sogleich ausgebreitet und geebnet werden, bevor er Zeit hat, sich zu setzen, weil aus einem späteren Aufrühren der Masse große Nachteile erwachsen können. Man soll die Masse überhaupt so wenig als möglich umrühren und nur die Oberfläche der zuletzt aufgebrachten Lage ebnen, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Die einzelnen Lagen werden 18 bis 26 cm stark und keine zweite aufgebracht, bevor sich die erste nicht gesetzt hat, was übrigens bei einer nicht zu kleinen Baugrube in der Regel schon eingetreten ist, ehe man das Ende der Schicht erreicht hat.

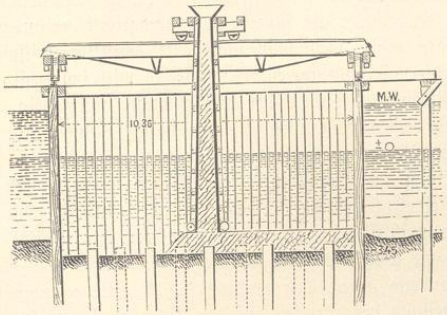
Das Versenken des Betons zu einem Fundamentbett muß in der Weise geschehen, daß der Beton mit dem darüber stehenden Wasser möglichst wenig in Berührung tritt und jede Strömung von ihm abgehalten wird, so lange er nicht erhärtet ist. Es kommt daher zunächst darauf an, in der Baugrube ruhiges Wasser zu schaffen, was dadurch geschieht, daß man sie mit festen Wänden (Fangedämmen) umgiebt und — wenn dieselbe im festen Lande eröffnet ist und das Wasser nur durch die Sohle der Baugrube eindringt — müssen die Schöpfmaschinen während der Versenkung des Betons ruhen, d. h. es soll während des Schüttens der Betonmasse der Wasserspiegel in der Baugrube unverändert bleiben, damit keine Strömung des Wassers von unten nach oben eintritt, wodurch die Dichtigkeit der Betonschüttung gefährdet würde. Liegt die Baugrube aber in einem fließenden Gewässer, so muß sie wenigstens mit einer leichten Spundwand umgeben werden, die das heftige Strömen des Wassers verhindert.

Da das freie Hinabschütten des Betons durch tiefes Wasser aus dem oben angeführten Grunde unzulässig ist, kann man ihn entweder durch eine Art Trichter, welcher bis zu der betreffenden Schicht hinabreicht, oder mittels Kästen, die langsam hinabgelassen und unten umgekippt oder auf andere Weise entleert werden, versenken.

Der Trichter wird aus Holz oder aus Eisenblech angefertigt und je nach der Beschaffenheit der Baustelle entweder auf einer über Wasser angebrachten Rüstung mittels Schlitten oder Wagen bewegt oder bei größerer Breite der Baustelle zwischen zwei Kähnen aufgestellt. Fig. 85 zeigt die Anordnung eines hölzernen Trichters mit seiner Schiebebühne; derselbe bleibt während der Betonierung bis über Wasser gefüllt, und indem er langsam vorgerückt wird, fließt unten die Betonmasse aus, die

am oberen Ende durch Nachschütten entsprechend ergänzt werden muß. Zum Zweck des leichteren Entleerens konstruiert man den Trichter mit parallelen Wänden oder besser mit geringer Erweiterung nach unten. Der Trichter

Fig. 85.



ruht auf einem Wagen, der sich rechtwinkelig zur Bahn der Schiebebühne verrücken läßt; es muß ferner dafür gesorgt sein, daß er höher und tiefer gerückt werden kann. Der frisch geschüttete Beton wird durch am Trichter angebrachte Walzen geebnet.

Das Betonfundament wird hierbei aus einzelnen Streifen gebildet, die zusammen eine Schicht von $^2/_3$ bis 1 m Dicke ausmachen. Um das Fundament möglichst dicht zu erhalten, pflegt man gewöhnlich mehrere Schichten, und zwar so anzuordnen, daß die Fugen derselben sich decken. Zweckmäßig ist es, mit der Richtung der Streifen abzuwechseln, diese also kreuzweise anzubringen.

sich auch nach der Höhe einstellen. Die unterhalb angebrachten Walzen dienen zum Ebnen des Betons.

Die Versenkung des Betons mittels Trichter hat mancherlei Nachteile und Unbequemlichkeiten. Dahin gehört der Umstand, daß die ganze Betonmasse aus vielen schmalen Streifen und dünnen Schichten besteht, die alle an ihren Oberflächen mit dem Wasser in Berührung gewesen sind, wodurch die Mörtelmasse ausgewaschen und Mörtelschlamm abgesetzt wird, der die Verbindung mit den nächsten Streifen hindert. Ferner ist die Unterbrechung der Arbeit am Abend mit der Unbequemlichkeit verbunden, daß, wenn man den Trichter so weit vorschiebt, daß er sich ganz entleert, Wasser in denselben tritt, oder wenn man ihn mit Beton gefüllt stehen läßt, dieser während der Nacht erhärtet und am Morgen hinabgestoßen werden muß. Letzteres kann man vermeiden, wenn man den Trichter während der Nacht durch den Wächter einigemal vorschieben läßt, wodurch der Beton in Bewegung kommt. Es ist indessen das Leeren des Trichters vorzuziehen, weil man die erste Füllung desselben wegen des in demselben stehenden Wassers mittels Kästen vornehmen kann. Außerdem ist die Bewegung des Trichters bei großen Wassertiefen schwierig.

Das Versenken des Betons mittels Kästen hat den Vorteil, daß derselbe weit weniger mit dem Wasser in Berührung kommt und überhaupt die Masse desselben mehr in ungestörtem Zusammenhange verbleibt. Die Vorrichtung zum Versenken kann aus einer leichten Winde bestehen, an welcher der circa 0,2 cbm Beton fassende Kasten an zwei Tauen hängt (Fig. 87, 87 a und 88). Die Winde

Fig. 86. Fig. 87. Fig. 87a. Fig. 88.

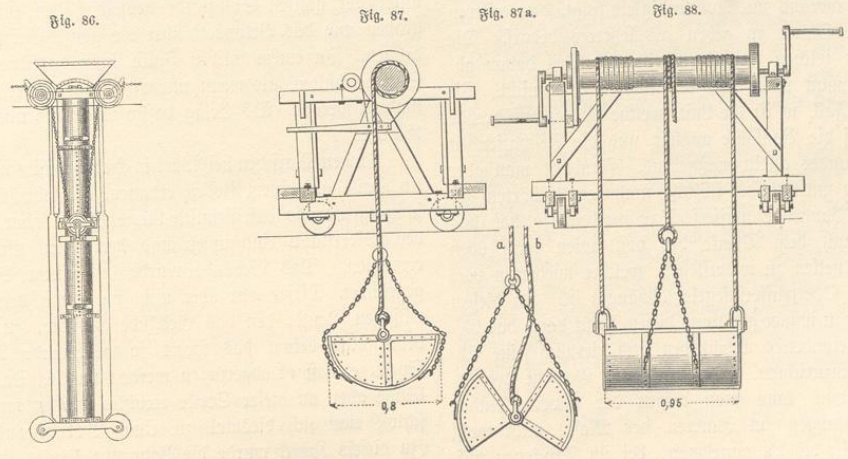


Fig. 86 stellt einen eisernen Trichter zum Versenken von Beton dar; derselbe wird durch Ketten und Winden auf einem hergerichteten Gleise verschoben und läßt muß sich auf dem früher erwähnten Gerüste oder auf einer schwimmenden Rüstung leicht über jede Stelle der Baugrubensohle bringen lassen, um an dieser den gefüllten

Kasten versenken zu können. Ist derselbe vorsichtig bis auf die Sohle der Baugrube oder bis auf die bereits versenkte Betonschicht hinabgelassen, so wird die Welle der Winde um circa 90° gedreht, wodurch der Kasten wieder so weit gehoben wird, daß er mittels der in den Figuren sichtbaren Leine umgekippt oder wie in Fig. 87[a] durch Öffnen des Bodens geleert werden kann. Die obere Fläche einer auf diese Weise gebildeten Betonlage muß dann noch ausgeebnet werden, wozu man sich einer an Stangen befestigten gußeisernen Platte bedienen kann, welche man aber mehr drückend als stampfend anwendet, um das Wasser nicht zu stark zu bewegen. Letzteres muß vermieden werden, um das Auswaschen des Kalkes aus den oberen Teilen der Betonlage zu verhüten. Eine vollkommene Abebnung ist auch nicht gerade erforderlich, weil ein Betonbett doch immer noch übermauert wird.

Der zu schüttende Beton verlangt stets eine feste Umgrenzung, und wird er unter Wasser versenkt, so wird man diese Umschließung durch eine Spundwand darstellen, deren Holm über das Wasser reicht und benutzt werden kann, um die Rüstung für die Versenkungsvorrichtung zu tragen. Hat man eine wasserfreie Baugrube, so wird man leichte Pfähle einschlagen und durch an diese genagelte Bretter oder Dielen die Umschließung bilden, welche man, wenn der Beton erhärtet ist, wieder fortnimmt.

§ 38.

Jede Betonschüttung kann als eine Art Gußmauerwerk[1]) angesehen werden, welches weniger Festigkeit zeigt, als ein mit denselben Materialien regelmäßig hergestelltes Mauerwerk, woraus mit Notwendigkeit folgt, dem ersteren eine größere Stärke zu geben als letzteres bedarf. Die Stärke eines solchen Betonbettes ist zum Teil davon abhängig, ob man unter Wasser fundiert oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist die Last, welche das aufzuführende Gebäude auf die Bausohle ausübt, und die Beschaffenheit des Untergrundes allein maßgebend. Fundiert man aber unter Wasser und hat die Absicht, nach dem Erhärten des Betons die Baugrube wasserfrei zu machen, so hat das Betonbett auch dem Drucke der von unten nach oben wirkenden Quellen zu widerstehen, welcher wiederum vom Stande des Oberwasserspiegels abhängig ist. In diesem Falle wird man immer gut thun, diesen Druck durch das Gewicht des Betonbettes aufzuheben und hiernach seine Abmessungen einzurichten. Das spezifische Gewicht des erhärteten Betons kann man wegen der unvermeidlichen kleinen Höhlungen im Inneren der Masse nicht wohl größer als 1,5 bis 1,8 annehmen, bei im Trockenen aufgeführtem und zusammengerammtem Beton aber vielleicht gleich 2 setzen. Der Beton ist aber ein kostbares Material und man schränkt seine Abmessungen daher gern nach Möglichkeit ein.

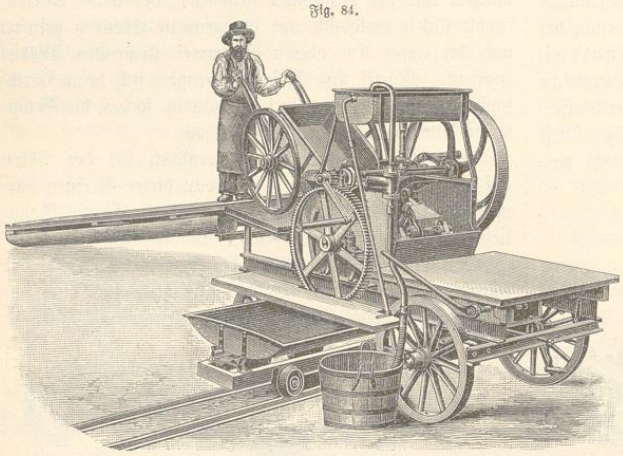
Hat man keinen Wasserdruck zu befürchten, so wird die Stärke des Betonbettes von der Last des zu tragenden Gebäudes und der Beschaffenheit des Baugrundes abhängen, und da letzterer als schlecht oder nachgebend vorausgesetzt werden muß, weil man sonst eine derartige kostspielige Fundierung nicht anwenden würde, so wird immerhin eine so bedeutende Stärke der Betonbettung nötig sein, daß durch dieselbe eine etwaige ungleiche Belastung durch das Bauwerk ausgeglichen oder übertragen werden kann. Die Wirkung des Betonbettes wird sich in diesen Fällen mit der eines liegenden Rostes vergleichen lassen, und um diese noch sicherer zu erreichen, dürfte eine Stärke von 0,75 bis 1 m das geringste Maß sein, welches man einem Betonbette geben darf, wenn dasselbe eine gleichmäßige Verteilung des Druckes auf den Untergrund bewirken soll. Die vorteilhafte Wirkung größer zusammenhängender Mauermassen bei Fundierungen auf schlechtem Boden hat sich durch die Erfahrung herausgestellt und eine solche wird in den berührten Fällen durch eine hinlänglich starke Betonbettung am sichersten erreicht. Da die Tragfähigkeit eines nachgebenden Baugrundes durch Vergrößerung der drückenden Fläche ebenfalls vergrößert wird, so ist es nötig, das Betonbett immer bedeutend breiter anzulegen, als die darauf zu setzende Mauer, und man hat bis jetzt ziemlich allgemein angenommen, daß diese größere Breite bei kleineren Bauwerken etwa 0,75 m betragen müsse. Ist das Gebäude aber ausgedehnt und der Baugrund schlecht, so muß man unter der ganzen Sohlfläche desselben den Grund ausgraben und das Betonbett über die ganze Baugrube ausdehnen. In einem solchen Falle kann dasselbe geringere Stärke erhalten, als wenn nur einzelne Mauern auf Beton fundiert werden. Als Belag dafür möge folgendes Beispiel dienen:

In den Marschen bei Warl in Hertfordshire wollte man ein Haus auf einem Boden erbauen, der sehr schlecht und sumpfig war, so daß ziemlich lange Pfähle ohne bedeutenden Widerstand eindrangen und den festen Grund nicht erreichten. Das Gebäude wurde auf einem Schwellrost gegründet. Dieser war aber nicht im stande, den ungleichmäßigen Druck, den das Gebäude ausübte, zu verteilen, demzufolge bekam das Haus so bedeutende Risse und Sprünge, daß es abgetragen werden mußte. Da das Gebäude aber an dieser Stelle errichtet werden mußte, entschloß man sich diesmal zu einer Betonfundierung. Zu diesem Zweck wurde die Baugrube 1,80 m breiter und länger als das 15 m im Geviert messende Gebäude, und zwar bis zu 2,13 m Tiefe — welche durch den starken Wasserzudrang bedingt war — ausgehoben und auf die

1) Vergl. den I. Teil der Allgemeinen Baukonstruktionslehre.

Fig. 84 zeigt endlich die der Firma Bünger & Leyrer in Düsseldorf patentierte, fahrbare und stationäre Beton- und Mörtelmischmaschine. Diese Maschinen werden auf das Solideste gebaut, und da die Mischung auf mechanischem Wege geschieht, ist man dabei unabhängig von der Verläßlichkeit der Arbeiter. — Zur Bedienung der Maschine wird nur ein Mann erfordert, wobei das Einfüllen mittels Schubkarren geschieht, die sich nach vorn überstürzen lassen.

Fig. 84.



Zu der Mischung gehört etwa der Inhalt von drei Karren mit je 60 bis 70 l Inhalt, also etwa 180 bis 210 l Kies und Sand nebst dem entsprechenden Quantum Cement. Sand und Cement werden zuerst in der Trommel trocken gemischt und darauf erst der Kies (Steinschlag) in dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis und das nötige Wasser zugesetzt. Der fertige Beton fällt aus der Mischtrommel direkt in einen darunter gestellten Betonwagen und geschieht die Abfuhr am besten mittels drehbarer Mulden-Kippwagen. Zwecks regelmäßiger Zufuhr der Betonmaterialien und Abfuhr des Betons empfiehlt sich die Anlage von Gleisen (und Drehscheiben), wie aus Fig. 84 zu ersehen.

Diese Maschine liefert bei bester Mischung nur ein mäßiges Quantum Cement, nämlich pro Stunde 6 bis 8 cbm.

§ 37.

Nach der Darstellung der Betonmasse kommt es darauf an, dieselbe auf die Sohle der Baugrube zu bringen, wenn nicht etwa die Bereitung auf dieser selbst geschieht. Die Engländer pflegen den Beton auf Dielen oder in Rutschen, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben, in diese hinabzuwerfen, damit durch die Erschütterung des Fallens die einzelnen Teile näher aneinander getrieben werden und die Masse kompakter wird. Sobald der Beton an den Ort seiner Verwendung geschafft ist, muß er sogleich ausgebreitet und geebnet werden, bevor er Zeit hat, sich zu setzen, weil aus einem späteren Aufrühren der Masse große Nachteile erwachsen können. Man soll die Masse überhaupt so wenig als möglich umrühren und nur die Oberfläche der zuletzt aufgebrachten Lage ebnen, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Die einzelnen Lagen werden 18 bis 26 cm stark und keine zweite aufgebracht, bevor sich die erste nicht gesetzt hat, was übrigens bei einer nicht zu kleinen Baugrube in der Regel schon eingetreten ist, ehe man das Ende der Schicht erreicht hat.

Das Versenken des Betons zu einem Fundamentbett muß in der Weise geschehen, daß der Beton mit dem darüber stehenden Wasser möglichst wenig in Berührung tritt und jede Strömung von ihm abgehalten wird, so lange er nicht erhärtet ist. Es kommt daher zunächst darauf an, in der Baugrube ruhiges Wasser zu schaffen, was dadurch geschieht, daß man sie mit festen Wänden (Fangedämmen) umgiebt und — wenn dieselbe im festen Lande eröffnet ist und das Wasser nur durch die Sohle der Baugrube eindringt — müssen die Schöpfmaschinen während der Versenkung des Betons ruhen, d. h. es soll während des Schüttens der Betonmasse der Wasserspiegel in der Baugrube unverändert bleiben, damit keine Strömung des Wassers von unten nach oben eintritt, wodurch die Dichtigkeit der Betonschüttung gefährdet würde. Liegt die Baugrube aber in einem fließenden Gewässer, so muß sie wenigstens mit einer leichten Spundwand umgeben werden, die das heftige Strömen des Wassers verhindert.

Da das freie Hinabschütten des Betons durch tiefes Wasser aus dem oben angeführten Grunde unzulässig ist, kann man ihn entweder durch eine Art Trichter, welcher bis zu der betreffenden Schicht hinabreicht, oder mittels Kästen, die langsam hinabgelassen und unten umgekippt oder auf andere Weise entleert werden, versenken.

Der Trichter wird aus Holz oder aus Eisenblech angefertigt und je nach der Beschaffenheit der Baustelle entweder auf einer über Wasser angebrachten Rüstung mittels Schlitten oder Wagen bewegt oder bei größerer Breite der Baustelle zwischen zwei Kähnen aufgestellt. Fig. 85 zeigt die Anordnung eines hölzernen Trichters mit seiner Schiebebühne; derselbe bleibt während der Betonierung bis über Wasser gefüllt, und indem er langsam vorgerückt wird, fließt unten die Betonmasse aus, die

Kasten versenken zu können. Ist derselbe vorsichtig bis auf die Sohle der Baugrube oder bis auf die bereits versenkte Betonschicht hinabgelassen, so wird die Welle der Winde um circa 90° gedreht, wodurch der Kasten wieder so weit gehoben wird, daß er mittels der in den Figuren sichtbaren Leine umgekippt oder wie in Fig. 87[a] durch Öffnen des Bodens geleert werden kann. Die obere Fläche einer auf diese Weise gebildeten Betonlage muß dann noch ausgeebnet werden, wozu man sich einer an Stangen befestigten gußeisernen Platte bedienen kann, welche man aber mehr drückend als stampfend anwendet, um das Wasser nicht zu stark zu bewegen. Letzteres muß vermieden werden, um das Auswaschen des Kalkes aus den oberen Teilen der Betonlage zu verhüten. Eine vollkommene Abebnung ist auch nicht gerade erforderlich, weil ein Betonbett doch immer noch übermauert wird.

Der zu schüttende Beton verlangt stets eine feste Umgrenzung, und wird er unter Wasser versenkt, so wird man diese Umschließung durch eine Spundwand darstellen, deren Holm über das Wasser reicht und benutzt werden kann, um die Rüstung für die Versenkungsvorrichtung zu tragen. Hat man eine wasserfreie Baugrube, so wird man leichte Pfähle einschlagen und durch an diese genagelte Bretter oder Dielen die Umschließung bilden, welche man, wenn der Beton erhärtet ist, wieder fortnimmt.

§ 38.

Jede Betonschüttung kann als eine Art Gußmauerwerk[1]) angesehen werden, welches weniger Festigkeit zeigt, als ein mit denselben Materialien regelmäßig hergestelltes Mauerwerk, woraus mit Notwendigkeit folgt, dem ersteren eine größere Stärke zu geben als letzteres bedarf. Die Stärke eines solchen Betonbettes ist zum Teil davon abhängig, ob man unter Wasser fundiert oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist die Last, welche das aufzuführende Gebäude auf die Bausohle ausübt, und die Beschaffenheit des Untergrundes allein maßgebend. Fundiert man aber unter Wasser und hat die Absicht, nach dem Erhärten des Betons die Baugrube wasserfrei zu machen, so hat das Betonbett auch dem Drucke der von unten nach oben wirkenden Quellen zu widerstehen, welcher wiederum vom Stande des Oberwasserspiegels abhängig ist. In diesem Falle wird man immer gut thun, diesen Druck durch das Gewicht des Betonbettes aufzuheben und hiernach seine Abmessungen einzurichten. Das spezifische Gewicht des erhärteten Betons kann man wegen der unvermeidlichen kleinen Höhlungen im Inneren der Masse nicht wohl größer als 1,5 bis 1,8 annehmen, bei im Trockenen aufgeführtem und zusammengerammtem Beton aber vielleicht gleich 2 setzen. Der Beton ist aber ein kostbares Material und man schränkt seine Abmessungen daher gern nach Möglichkeit ein.

Hat man keinen Wasserdruck zu befürchten, so wird die Stärke des Betonbettes von der Last des zu tragenden Gebäudes und der Beschaffenheit des Baugrundes abhängen, und da letzterer als schlecht oder nachgebend vorausgesetzt werden muß, weil man sonst eine derartige kostspielige Fundierung nicht anwenden würde, so wird immerhin eine so bedeutende Stärke der Betonbettung nötig sein, daß durch dieselbe eine etwaige ungleiche Belastung durch das Bauwerk ausgeglichen oder übertragen werden kann. Die Wirkung des Betonbettes wird sich in diesen Fällen mit der eines liegenden Rostes vergleichen lassen, und um diese noch sicherer zu erreichen, dürfte eine Stärke von 0,75 bis 1 m das geringste Maß sein, welches man einem Betonbette geben darf, wenn dasselbe eine gleichmäßige Verteilung des Druckes auf den Untergrund bewirken soll. Die vorteilhafte Wirkung größer zusammenhängender Mauermassen bei Fundierungen auf schlechtem Boden hat sich durch die Erfahrung herausgestellt und eine solche wird in den berührten Fällen durch eine hinlänglich starke Betonbettung am sichersten erreicht. Da die Tragfähigkeit eines nachgebenden Baugrundes durch Vergrößerung der drückenden Fläche ebenfalls vergrößert wird, so ist es nötig, das Betonbett immer bedeutend breiter anzulegen, als die darauf zu setzende Mauer, und man hat bis jetzt ziemlich allgemein angenommen, daß diese größere Breite bei kleineren Bauwerken etwa 0,75 m betragen müsse. Ist das Gebäude aber ausgedehnt und der Baugrund schlecht, so muß man unter der ganzen Sohlfläche desselben den Grund ausgraben und das Betonbett über die ganze Baugrube ausdehnen. In einem solchen Falle kann dasselbe geringere Stärke erhalten, als wenn nur einzelne Mauern auf Beton fundiert werden. Als Belag dafür möge folgendes Beispiel dienen:

In den Marschen bei Warl in Hertfordshire wollte man ein Haus auf einem Boden erbauen, der sehr schlecht und sumpfig war, so daß ziemlich lange Pfähle ohne bedeutenden Widerstand eindrangen und den festen Grund nicht erreichten. Das Gebäude wurde auf einem Schwellrost gegründet. Dieser war aber nicht im stande, den ungleichmäßigen Druck, den das Gebäude ausübte, zu verteilen, demzufolge bekam das Haus so bedeutende Risse und Sprünge, daß es abgetragen werden mußte. Da das Gebäude aber an dieser Stelle errichtet werden mußte, entschloß man sich diesmal zu einer Betonfundierung. Zu diesem Zweck wurde die Baugrube 1,80 m breiter und länger als das 15 m im Geviert messende Gebäude, und zwar bis zu 2,13 m Tiefe — welche durch den starken Wasserzudrang bedingt war — ausgehoben und auf die

1) Vergl. den I. Teil der Allgemeinen Baukonstruktionslehre.

immer noch weiche und nachgiebige Sohle eine 1,80 m starke Betonschicht gebracht, deren Seitenwände Dossierung erhielten. Einen Monat lang ließ man den Beton sich setzen und dann führte man das Mauerwerk des Gebäudes auf. Obgleich die Umfassungsmauern bedeutend stärker lasteten als die Scheidewände im Innern, hat das Gebäude sich doch gut erhalten und keine ungleichen Senkungen wahrnehmen lassen.

Bei der Betonfundierung für den Bau des Neuen Museums in Berlin handelte es sich darum, die Säulenhalle eines eingeschlossenen Hofes zu gründen. Wegen der umgebenden, tief fundamentierten Gebäude war ein seitliches Ausweichen des übrigens ganz morastigen Grundes nicht zu befürchten. Diese Gebäude waren auf einem Pfahlroste fundamentiert. In gleichem Niveau mit dem Bohlenbelag dieses Pfahlrostes wurde zur besseren Verteilung des Druckes eine 1 m starke Sandschicht ausgebreitet und darauf eine Betonschicht von 1,88 m Breite und 0,94 m Stärke in der früher beschriebenen Weise gebracht. Diese Betonschicht wurde während ein bis zwei Jahren mit einer bedeutenden Menge von Baumaterial belastet, von weit größerem Gewicht als der spätere Säulenbau, um eine möglichst starke Kompression noch vor Benutzung des Fundamentes zu bewirken.

Auch zur Verbreiterung der Fundamente findet der Cementbeton im Hochbauwesen zweckmäßige Anwendung, da Bruchsteinmauerwerk nicht billiger ist als magerer Cementbeton, auch eine höhere Festigkeit als dieser nicht erreicht. Hierbei richtet sich die Breite der Sohle nach der Tragfähigkeit des Baugrundes und der Belastung durch das Eigengewicht der Mauern, des Daches mit Schnee und Wind, der Decken mit zufälliger Belastung. Wenn nun die Oberfläche der Betonschicht einen Druck von 6 kg pro Quadratcentimeter von der darauf stehenden Frontwand auszuhalten hat, und der Baugrund nur eine Belastung von 3 kg pro Quadratcentimeter erfahren darf, so muß die Sohle der Betonschüttung doppelt so breit sein, als diejenige der Fundamentmauer. — So ist man im stande, die Flächeneinheit des Baugrundes seiner Traghaftigkeit entsprechend normal zu belasten.

§ 39.

Gründung mit Erdbögen.

In manchen Fällen ist man genötigt, sehr tief hinabreichende Fundamentmauern aufzuführen. Um hierbei an Material zu sparen, mauert man nur einzelne Pfeiler auf und verbindet dieselben oberhalb durch Bögen, welche mit ihrem äußeren Scheitel noch unter Terrain liegen; diese werden horizontal abgeglichen und dann der Sockel des Gebäudes darauf gesetzt. Bei einer fetten, „gut stehenden" Erdart kann man auch das Grundgraben auf die Pfeiler beschränken und dann die stehen gebliebene Erde von einem Pfeiler zum anderen nach der Form des zu wölbenden Bogens abstechen, so daß dieselbe als Lehrgerüst für die Fundamentbögen dient. Eine solche Gründung pflegt man daher wohl eine Fundierung mit „Erdbögen" zu nennen. Dergleichen Bögen sollen nicht flacher als im Halbkreise und nicht schwächer als zwei Stein stark ausgewölbt werden, und an den Ecken der Gebäude soll die Pfeilerbreite gleich der vierfachen Gewölbstärke gemacht werden, während die Mittelpfeiler 1,25 m breit herzustellen sind. Die Leibungstiefe der Erdbögen richtet sich, wie die Stärke der Fundamentmauern, zunächst nach der Stärke der Sockelmauern. — Bei den Frontmauern mehrstöckiger, stark belasteter Gebäude ist unter jedem Fensterpfeiler ein Widerlagspfeiler anzuordnen, und — wenn irgend angängig — die Halbkreisform für die Bögen beizubehalten. Ist der Grund, auf den die Fundamentpfeiler zu stehen kommen, nicht absolut fest, so läßt man das unterste Bankett besser ganz durchgehen.

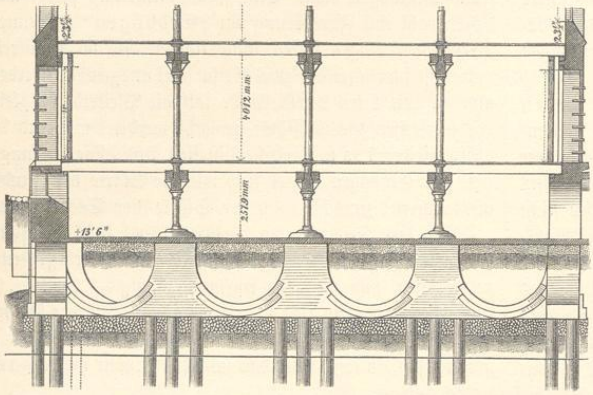
Entschließt man sich zu einer Gründung der Pfeiler auf Pfahlrost, so müssen die Langschwellen immer in der ganzen Länge der Grundmauer durchgehen; wenn man jedoch nicht ganz widerstandsfähigen Boden voraussetzen darf, bleibt diese Gründungsart bei stark belasteten Gebäuden immer bedenklich; namentlich wenn die Pfeiler etwa sehr verschiedene Höhe bekommen, tritt die Gefahr eines ungleichmäßigen Setzens ein. In dieser Beziehung würde also ein starkes, massiges, durchgehendes Bankett jede ungleiche Senkung am sichersten verhindern und ebenso wirksam sein als umgekehrte Bögen zwischen Pfeilern, eine Konstruktion, die schon den alten Römern bekannt gewesen sein muß, weil sich dieselbe bei den Substruktionen der Engelsburg in Rom findet. Am sichersten wird man gehen, wenn man umgekehrte Bögen auf ein durchgehendes (nun schwächeres) Bankett setzt.

Betonschüttungen kommen ferner auch da zur Anwendung, wo man wegen der tiefen Lage des Baugrundes gezwungen ist, auf Grundpfählen zu fundieren. Die Betonschicht wird dann aber zwischen die Pfähle in mäßiger Stärke eingeschüttet, um dieselben nach jeder Richtung hin zu versteifen. Diese Schüttung wird bündig mit der Oberkante der Pfahlköpfe geebnet, und nach Erhärtung derselben werden auf diese ebene Fundamentfläche die Pfeiler des Gebäudes gesetzt, auch wohl durch umgekehrte Bögen verbunden.

Als Beispiel einer solchen Gründung haben wir in Fig. 89 diejenige des großen Getreidespeichers am Kaiserquai in Hamburg dargestellt. Die Entfernung der inneren Stützenreihen beträgt 4,87 m von Mitte zu Mitte, ebenso groß ist der Abstand der Säulen in der Längs-

richtung. Die Grundpfähle sind unter jedem Stützpfeiler angeordnet, und zwar in zwei Reihen von je drei Pfählen. Der von den gußeisernen, durch fünf Geschosse reichenden

Fig. 89.



Deckenstützen aufgenommene Druck wird durch ein System umgekehrter Bögen verteilt. Zu gleichem Zwecke ist auch unter jeder der eisernen Stützen eine große, abgerundete Granitplatte angeordnet.

§ 40.

Bei leichteren Gebäuden kann man von der obigen Regel, unter jedem Fensterpfeiler einen Widerlagspfeiler anzuordnen, abgehen, auch die Halbkreisform der Erdbögen in Kreissegmente verwandeln, wie dies ein Paar bei den württembergischen Eisenbahnbauten ausgeführte und auf der Tafel 73 dargestellte Fundierungen zeigen. Bei dem hier dargestellten Wagenschuppen des Bahnhofes in Cannstatt beträgt die Spannweite der Erdbögen 4 m und deren Pfeilhöhe 1,29 m; die Bögen sind 0,57 m stark und der äußere Bogenscheitel liegt noch 0,6 m unter dem Terrain; die mittleren Widerlagspfeiler sind 1,4 m, die Endwiderlager 2,3 m breit; ihre Höhe bis zum Kämpfer beträgt 1,29 m, die Tiefe der Endbögen (in der Achse gemessen) ist 1,43 m in den Fronten und 1,15 m in den Giebeln. Die Frontmauern sind 2 Stein, der Sockel $2^1/_2$ Stein stark. Die Giebel, mit ihren großen Thüröffnungen, sind im unteren Teile 0,86 m, im Dach noch 2 Stein stark.

Diese Fundierungsart wurde gewählt, um Baukosten zu sparen, weil die genannten Bahnhöfe in der Aufschüttung der Bahn liegen.

Kommen in einem sonst guten und festen Baugrunde weiche, grundlose Stellen, sogenannte „faule Adern“ vor, so kann man ebenfalls veranlaßt werden, solche Stellen mit einem oder mehreren Bögen zu überspannen. Die Spannweite eines solchen Bogens, für dessen Gewölbelinie immer der Halbkreis anzuraten ist, hängt dann von der Tiefe der Fundamente ab, weil er mit seinem äußeren Scheitel unter dem Sockel bleiben muß. Ist eine solche Stelle also 5 bis 6 m breit, so müssen in derselben eventuell einzelne Pfeiler gegründet und durch Bögen zusammengewölbt werden. Die Gründung solcher Pfeiler muß aber mit der äußersten Sorgfalt geschehen und man muß ihnen eine möglichst breite Bankettsohle geben.[1]) Wird die Anlage eines Pfahlrostes nötig, so sind die Pfeiler unter sich in Zusammenhang zu bringen und müssen die Grundpfähle bis in den guten festen Grund hinabreichen. Auf dem Roste hat man dann zunächst ein nicht zu schwaches, durchgehendes Bankett aufzuführen und darauf zu setzen, wenn man es nicht überhaupt vorzieht, dergleichen Stellen in ihrer ganzen Ausdehnung mit Betonschüttung auszufüllen. Wenn in einem ziemlich guten Baugrunde einzelne Stellen, wie eingerammte alte Pfähle oder große Steine u. s. w., vorkommen, welche das Setzen der Mauermassen unterbrechen würden: dann werden auch solche Stellen mit einem Bogen überwölbt, jedoch so, daß zwischen der Leibung des Bogens und dem festen Gegenstand ein angemessener Zwischenraum verbleibt, damit das ganze Fundament sich gleichförmig setzen kann.

Erinnern müssen wir hier noch an das, was schon im ersten Teile der allgemeinen Konstruktionslehre über die Fundamente einzelner stark belasteten Pfeiler, wie sie namentlich bei Magazinen, Kirchen u. s. w. vorkommen, gesagt worden ist, weil solche Pfeiler oft mehr zu tragen haben, als gleich große Teile der Frontmauern. Bei einigermaßen zweifelhaftem Grunde wird es immer geraten sein, solche einzelne Pfeiler auf ein durchgehendes Bankett zu setzen und dieselben oberhalb durch Erdbögen unter sich und durch umgekehrte Bögen mit den Fundamenten der Frontmauern zu verbinden, um jedes Schwanken unmöglich zu machen. Sind aber bei einem schlechten Baugrunde die Front- und starkbelasteten Mittelmauern des Gebäudes — etwa auf Roste — vorsichtig gegründet, so kann man zur Ersparung von Mauerwerk kurze Querscheidewände, die nur ihr eigenes Gewicht tragen, ganz auf Bögen setzen.

§ 41.

Gründung auf Senkbrunnen.

Zu den Pfeilerfundierungen gehört auch die zuerst von Gilly beschriebene „Gründung auf Senkbrunnen“. In einem Hefte des Magasin encyclo-

1) Die Grundfläche der Pfeiler ist rechnerisch derart festzustellen, daß der Quadratmeter Baugrund mit höchstens 25 000 kg belastet

pédique ou journal des Sciences etc. vom Jahre 1803 wird die Methode dieser Gründung nach der Schilderung eines Schriftstellers, der im Mittelalter Ägypten durchreiste, mitgeteilt. Auch in den im Jahre 1802 zu Paris edierten „Mémoires sur les travaux de constructions hydrauliques" par Alex le Goux de Flaix etc. wird gesagt, daß die Gründung auf Brunnen schon im Jahre 1630 in Indien üblich gewesen sei. Philibert de l'Orme erwähnt in seinem 1567 in Paris erschienenen Werke über die Architektur, Tome I, p. 46, etwas ähnliches. In Berlin kam im Jahre 1798 der Bürger Benjamin George ganz von selbst auf diese, von allen bisherigen Methoden abweichende Gründung und wendete dieselbe zur Fundierung eines massiven, zwei Geschoß hohen Gebäudes an; nach dieser Zeit ist die Brunnengründung bei verschiedenen, drei oder vier Geschoß hohen Gebäuden in Ausführung gekommen, wenn auch nicht überall mit gleich gutem Erfolg.

Form und Anordnung der Brunnen. Unter den verschiedenen Grundrißformen, welche man den Senkbrunnen gegeben hat, ist die kreisförmige — wie sie bei gewöhnlichen Hauswasserbrunnen üblich ist — die günstigste für das Senken, zugleich die widerstandsfähigste gegen den seitlichen Druck des Bodens. Diese Form war die ursprüngliche und wird auch jetzt noch für Ingenieurbauten vielfach als die allein richtige bezeichnet, obwohl auch rechteckige und unregelmäßige Formen sich gut bewährt haben. Solche Brunnen sind zum Teil in sehr bedeutenden Dimensionen ausgeführt worden: so an der Oldenburgischen Bahn kreisrund bis zu 6,5 m äußerem Durchmesser, rechteckige bei den Brückenfundierungen der Venloo-Hamburger Bahn bis zu 6,7 m Länge bei 4,5 m Breite und 7 m Tiefe.

Die Tiefe, bis zu welcher Brunnen ausgeführt sind, überschreitet, wenigstens in Deutschland, das Maß von 8 m nicht. Dagegen ist man in Ostindien bei einer Brücke der Rajpootana-Staatsbahn 18 m tief hinabgegangen[1]), und die Brunnen der Jumna-Brücke bei Delhi sollen 25 m unter Niedrigwasser stehen.

Die Größe der Grundfläche der Brunnen richtet sich nach der Tragfähigkeit des Baugrundes, doch kann die Inanspruchnahme bei Kies- und Sandboden zwischen 2,5 und 3,5 kg pro Quadratcentimeter angenommen werden.

Zur Unterstützung des Brunnenmauerwerkes beim Senken (vergl. auch den II. Abschnitt, Seite 271) dienen Brunnenkränze von Holz oder Eisen.

Hölzerne Kränze werden aus 2 bis 3 Bohlenlagen nach der gegebenen Grundrißform zusammengesetzt und durch Bolzen und Nägel verbunden (Tafel 74, Fig. 2).

Zur Erleichterung des Eindringens pflegt man sie jedoch gegenwärtig im Profil keilartig (nach Fig. 89[a]) herzustellen, auch an der untersten Kante wohl mit einem Eisenringe zu armieren. Für größere Brunnen erhält der Kranz nicht die volle Breite des Mauerringes, sondern wird, wegen des leichteren Einsinkens, schmaler gemacht, auch das Mauerwerk nur in dieser Breite begonnen und erst durch Auskragung allmählich auf die volle Stärke gebracht. Bei bedeutender Wandstärke des Brunnens wird der Kranz ganz aus Eisen hergestellt und mit schmiedeeisernen Verstärkungsrippen, welche zur Versteifung der Kranzplatte dienen, versehen. Die Stärke des Brunnenmauerwerkes soll so groß bemessen sein, daß es widerstandsfähig genug ist, um den Druck des Bodens, den Wasserdruck, das Eigengewicht und die spätere Belastung mit Leichtigkeit zu tragen. Eine zu große Wandstärke würde den im Innern nötigen Raum für das Senken und Ausbaggern beschränken, auch das Ausmauern unbequem machen. Man pflegt daher kleinere Brunnen bis zu 2 m äußerem Durchmesser mit 1 Stein (0,25 m) starken Wandungen und bis zu 3,5 m Durchmesser mit $1^1/_2$ Stein starker Wandung auszuführen. Die rechteckigen Brunnen der Venloo-Hamburger Bahn sind bei 6,7 m und 4,5 m Seitenabmessung $2^1/_2$ Stein stark ausgeführt worden.

Fig. 89a.



Das Mauerwerk der Brunnen wird aus scharf gebrannten Backsteinen in Cement ausgeführt, seltener in hydraulischem Mörtel, es wird an der Außenfläche auch mit Cement geputzt, teils um es undurchlässig für Wasser zu machen, teils um die Reibung beim Senken zu vermindern. Die dazu verwendeten Ziegeln sind keilförmig, sogenannte Brunnenziegel, oder sie werden in dieser Art zugehauen. Das Aufmauern erfolgt in der Regel in Absätzen, wobei zu beachten bleibt, daß dem Brunnenmauerwerk, ehe es mit dem Wasser in Berührung kommt, Zeit zum Erhärten gelassen werden muß.

Das Senken des Brunnens geschieht im Hochbau meistenteils vom festen Boden, bei den eigentlichen Wasserbauten von festen oder schwimmenden Gerüsten aus; wir haben hier nur die erstgenannte Art des Senkens in Betracht zu ziehen. Zunächst wird an der Fundierungsstelle das Terrain, soweit es der Wasserandrang erlaubt, abgegraben, der Brunnenkranz verlegt und hierauf die ringförmige Mauer bis zu solcher Höhe aufgeführt, wie solche bei den jedesmaligen Verhältnissen vorteilhaft erscheint. Nach genügender Erhärtung des Mauerwerkes wird mit dem Senken begonnen und dieses bei geringer Wandstärke zur Sicherheit mit Brettern und Tauen geschient, um bei nicht

wird. Werden Senkkästen angeordnet, so darf diese Zahl — mit Rücksicht auf die Reibung der Kastenwandung an den durchstoßenen Schichten — bis auf 30000 kg erhöht werden.

1) Engineering 1875, II, p. 162.

ganz vertikalem Senken das Ausdrängen der Steine zu verhindern. Nachdem das im Brunnen etwa gesammelte Wasser ausgeschöpft worden ist, wird das Senken dadurch bewirkt, daß ein Arbeiter mit der Hacke oder dem Stoßeisen das Erdreich unter dem Holzkranze fortgräbt; dadurch verliert derselbe seine Unterstützung und sinkt tiefer ein. Die Erde wird durch Werfen oder Heben in Kübeln entfernt und diese Operation so lange fortgesetzt, als die Wasserbewältigung durch Pumpen oder Schöpfen nicht zu schwierig ist. Wird der Wasserandrang zu stark, so muß man zum Baggern übergehen. Bei gleichmäßigem sandigen Boden bewirkt man das Senken am besten durch Herstellung einer trichterförmigen Baggergrube, in welche der Boden unter dem Druck der Brunnenwand von den Seiten aus nachfällt. Zur Beseitigung des Bodens unter Wasser eignen sich, je nach Art und Beschaffenheit des Bodens, der Sackbohrer (Tafel 74, Fig. 6), der Trichterbohrer und die indische Schaufel (Fig. 34 und 35), auch senkrechte Baggerapparate mit Hand- oder Dampfbetrieb (vergl. § 9, Seite 444). Größere Steine, Hölzer oder andere Hindernisse werden durch die Teufelsklaue (Fig. 37), den Steinwolf (Fig. 38) oder sonstwie entfernt.

Auf Tafel 74 ist in Fig. 5 die einfachste Art der Brunnensenkung dargestellt. Der aufgemauerte Brunnen ist mit einem Gerüst bedeckt, auf welches sich die Arbeiter stellen, von hier aus den Sackbohrer hinablassen und diesen mittels eines Knebels so lange drehen, bis sich der Sack mit Boden gefüllt hat, der dann an Tauen herausgezogen wird. Als Belastung des Brunnens sind hier Mauersteine angemessen auf dem Gerüst verteilt; einfacher und gebräuchlicher ist die Belastung durch Eisenbarren. Bei einiger Übung bringen es nun die Arbeiter bald dahin, daß der Brunnen senkrecht hinabsinkt, oder sie suchen die stärker gesenkte Seite durch stärkeres Unterhöhlen des entgegengesetzten Teiles des Brunnenkranzes wieder in die Wage zu bringen.

Anm. Da man bei allen Brunnenfundierungen die Beobachtung gemacht hat, daß das umgebende Erdreich bei der angewandten Methode der Exkavation auch über die Grenzen des Kessels hinaus eine Lockerung erfährt, so empfiehlt es sich überall da, wo zwei oder mehrere Brunnen dicht nebeneinander abgeteuft werden sollen, dieselben gleichzeitig zu mauern und zu senken, weil sie — infolge der Bodenauflockerung — in der Nähe des angrenzenden Cylinders einen geringeren Widerstand finden und sich schief stellen. Bei Fundierung von Brückenpfeilern pflegt man diese Regel besonders scharf ins Auge zu fassen und dann von drei nebeneinander stehenden Brunnen zuerst die beiden äußeren zu senken und hinterher den mittleren, wobei die Widerstände immer symmetrisch ausfallen.

Ausfüllen der Brunnen. Ist der Brunnen bis auf den festen Boden hinabgesenkt, so muß die Brunnensohle möglichst horizontal abgeglichen werden, ehe man an die Ausfüllung des Kessels geht. Früher pflegte man einen hölzernen Bohlenboden hinabzulassen und diesen mit großen Steinen zu beschweren, nachdem er mit Stangen fest und möglichst horizontal gelagert worden war. Dann wurden kleinere Steine und Steinbrocken, endlich hydraulischer Mörtel in Kübeln hinabgelassen und mittels langer Stangen die Lagerung der Materialien, so gut es eben anging, bewirkt, und diese Manipulation fortgesetzt, bis die Höhe der Wasserstandslinie erreicht war. Diese Methode ist auf Tafel 74 in Fig. 1 unter A zur Darstellung gebracht. Aber es ist klar, daß dieselbe wenig Gewähr für eine regelrechte Umhüllung der Steine mit Mörtel gewährt und daß der letztere durch das Umrühren des Wassers ausgewaschen wird. Seit mehr als zwei Dezennien ist daher ausnahmslos das Ausfüllen der Brunnen mit Beton zur Anwendung gekommen. Das Einbringen desselben geschieht mittels Kästen oder auch mit Betontrichtern und ist in § 37 eingehend beschrieben worden.

Die Stärke oder Höhe der Betonschüttung richtet sich nach der Wasserhöhe und ist so zu bemessen, daß das Betonbett nach dem Auspumpen des Brunnens dem äußeren Wasserdruck hinreichend Widerstand zu leisten vermag. Bei einem spezifischen Gewicht des Betons von 1,6 bis 2,5 muß also die Höhe der Schüttung $\frac{1}{1{,}6}$ bis $\frac{1}{2{,}5}$ der Wassertiefe betragen. Behufs Schonung des Brunnenmauerwerkes macht man bei tiefen Brunnen das Betonbett reichlich stark, da der Preis der Betonierung denjenigen des Füllmauerwerkes nicht erheblich übersteigt.

Das Betonbett muß nun hinreichende Zeit zum Erhärten erhalten (in der Regel 14 Tage), dann erst kann mit dem Auspumpen des Wassers vorgegangen werden. Hiernächst erfolgt die Ausmauerung des Brunnens mit Bruchstein- und Ziegelmauerwerk. Hierbei ist das Setzen des Füllmauerwerkes nicht ganz zu umgehen, es bedarf also einer sorgfältigen Ausführung desselben.

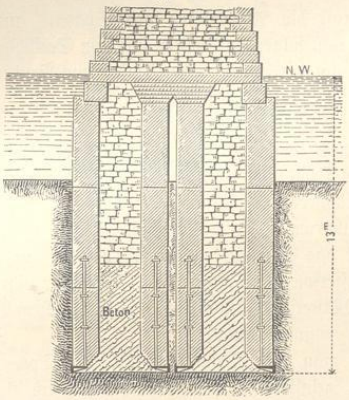
Hat sich das innere Brunnenmauerwerk erst hinreichend gesetzt, so kann mit dem weiteren Aufbau der Brunnenpfeiler begonnen werden. Zu dem Ende werden die Brunnenpfeiler etwa 0,5 m hoch in regelrechtem Steinverband, wie solches Tafel 74, Fig. 1 in Grundriß und Ansicht zu sehen ist, übermauert und abgeglichen, dann wird das Mauerwerk eingezogen (Fig. 1, bei C und D) und das Widerlager der Bögen hergerichtet, die mit 0,5 bis 0,75 m Pfeilhöhe ausgewölbt, hintermauert und zur Aufnahme des Sockelmauerwerkes abgeglichen werden. Die Stärke der Bögen im Scheitel beträgt mindestens $1\frac{1}{2}$, besser 2 Stein und ist im übrigen abhängig von der Größe der zu tragenden Last.

Außer der Unterstützung durch Gewölbe kann die Verbindung einzelner Brunnen, welche zusammenhängende Teile eines Mauerwerkes unterstützen, auch durch Überkragung der Mauerschichten und durch Steinplatten, beziehungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

weise durch Quadern bewirkt werden. (Vergl. Fig. 90, Fundierung eines Brückenpfeilers auf Brunnen.)

Fig. 90.



Die Entfernung der Brunnenpfeiler voneinander richtet sich bei Hochbauten in der Regel nach der Stellung der Fensterpfeiler des Gebäudes, wie solches der Grundriß Fig. 7 auf Tafel 74 zeigt, in welchem die Brunnenpfeiler in der üblichen Weise eingezeichnet sind. Bei freistehenden Gebäuden ist es ratsam, die Ecken des Gebäudes besonders zu verstärken, was durch paarweise vorgelegte Brunnenpfeiler geschieht, von welchen einhüftige Strebebögen gegen die Ecken des Gebäudes ausgehen.

Anm. Es verdient Erwähnung, daß die neuere Ingenieurwissenschaft sich seit etwa 20 Jahren auch **eiserner Versenkungskörper** bedient hat, in der Regel weiter eiserner, oben offener Cylinder, wie an der Theißbrücke zu Szegedin und der Brücke über den Niemen bei Kowno, bei welcher der französische Ingenieur Cézanne pneumatische Fundierung zur Anwendung brachte. Die gußeisernen Röhrencylinder blieben oben offen und das Aufsetzen der Röhrentrommeln geschah von einem Gerüst aus. Von hier wurde auch das Verlängern der Luftschächte, das Versetzen der Glocke mit der Luftschleuse vorgenommen. Die Hebung des Bodens geschah in Kübeln. — Nachdem so die Röhren bis zur erforderlichen Tiefe gesenkt waren, wurde zuerst der untere Arbeitsraum mit Beton gefüllt und nach Fortnahme der Decke des Luftraumes und der Schächte ist dann auch der obere Teil der Röhren mit Beton gefüllt worden. (Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1863, S. 371.)

Auch die inzwischen eingestürzte Taybrücke in Schottland, bei welcher man die eisernen Brunnen durch Backsteinmauerwerck ausgefüttert hatte, um dem Eisen genügende Steifigkeit zu geben, ist hier zu nennen. Dieselbe ist in den Jahren 1871—1878 ausgeführt. Die Cylinder wurden am Ufer vollständig montiert; man fuhr sie auf Prahmen an die Baustelle und ließ sie durch die Ebbe auf den Grund senken, setzte Luftschleusen auf und bewirkte das weitere Versenken mittelst komprimierter Luft in der gewöhnlichen Weise.

Es wird genügen, diese Methode, welche bisher nur bei Brückenbauten Anwendung gefunden hat, hier kurz erwähnt zu haben. Ausführliche Mitteilungen über das letztgenannte Bauwerk finden sich in den Jahrg. 1878 und 1879 von „Engineering“, „The Buildec“ und in „Glasers Annalen“.

§ 42.

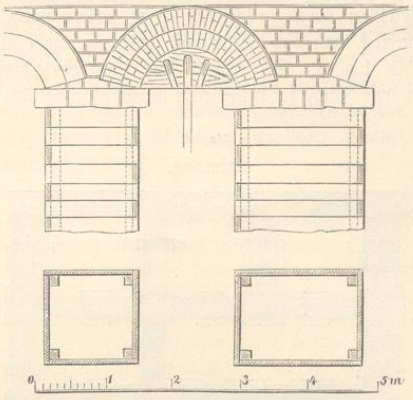
Gründung mittels hölzerner Senkkasten.

Bei nicht zu großer Tiefenlage des Baugrundes finden mitunter hölzerne Senkbrunnen, sogenannte „Senkkasten“, Anwendung, deren Wandungen nicht einen Teil des Fundamentes bilden, nicht selbst tragen, sondern nur das Fundamentmauerwerk schützen und gegen das anliegende Terrain abschließen sollen, im übrigen aber, wie die Brunnen, versenkt werden.

Bei einfachster Anordnung fertigt man sie aus 4 cm starken vertikalen Bohlen, welche an der Innenseite durch Leisten und Streben verbunden sind und durch provisorische Spreizen gestützt werden. Bei größerem Durchmesser werden die Bohlen horizontal angeordnet und durch Eckstiele in ihrer Lage erhalten Die Kästen werden vom Zimmermann in der Art angefertigt, daß das Hirnholz der an die Eckstiele angenagelten 4 cm starken Bohlen wechselsweise auf der einen Seite freiliegt, auf der anderen von einer Bohle bedeckt wird (Fig. 91). Um das Einsenken

Fig. 91.

Aufriß.

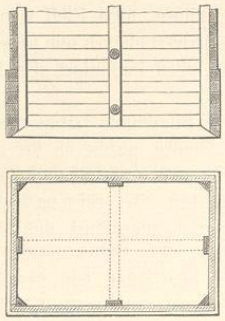


möglichst zu fördern, sind die vier Stiele an ihrem unteren Ende, auch die unterste Lage Bohlen ringsumher auf der Innenseite des Kastens abgeschrägt, auch macht man sie in den unteren Lagen gern stärker als in den oberen (Fig. 92).

Die Grundform der Kästen kann die des Quadrates oder Rechteckes sein und ist abhängig von der Dicke der Wand, zu deren Unterstützung die Kästen bestimmt sind, und von der Lage der Wände zu einander. Während die Breitendimension der Kästen, im Lichten gemessen, die Stärke der zu tragenden Wand nach rechts und links um je 15 cm überschreitet, ergiebt sich die zweite oder Längendimension nach Feststellung der zulässigen Entfernung der

Kästen, welche 2,20 bis 2,50 m nicht überschreiten soll. Sind daher zwei Scheidewände etwa 3,5 m voneinander entfernt, so kann der überschüssige Zwischenraum durch

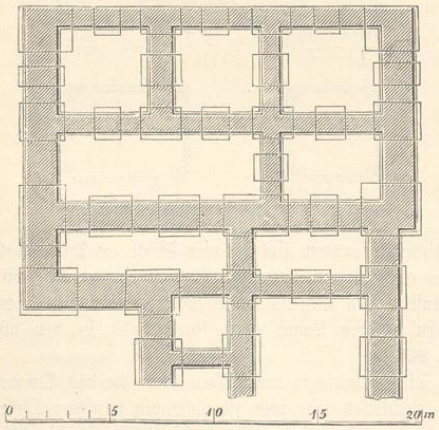
Fig. 92.



Vergrößerung der Länge der Kästen auf das zulässige Maß reduziert werden, doch ist auch die Länge der Kästen nicht erheblich über 2,00 auszudehnen. Wo innen Wände zusammentreffen, außerdem an den Ecken des Gebäudes, sind Kästen von größerer Dimension nötig, doch überschreitet man das Mittelmaß selten um mehr als um 0,80 bis 1,20 m. So ergiebt sich eine Verteilung der Kasten, wie solche der beistehende Grundriß (Fig. 93) zeigt.

Fig. 93.

Grundriß.



Vor dem Versenken der Kasten pflegt man die oberen Bodenschichten zunächst so weit abzugraben, als es nach Beschaffenheit des Baugrundes und des Wasserstandes thunlich ist, und dann den Kasten aufzustellen. Hierauf wird durch einen Arbeitsmann leicht das Einsenken um 60 bis 70 cm bewirkt, indem er die vierte oder fünfte Bohle auf einer Seite des Kastens losschlägt und durch die Öffnung so lange Boden hinauswirft, bis Grundwasser und Morast die Anwendung des Spatens ausschließen. Bei dem nun folgenden Bohren mit dem Sackbohrer ist die Arbeit genau derjenigen beim Senken von Brunnen gleich, wobei die Stellung des Kastens durch Fluchtschnur und Lot zu kontrollieren ist. Der Kasten wird sodann mit Kreuzhölzern und Brettern abgedeckt, so daß nur eine Öffnung von 80 cm im Quadrat bleibt, durch welche das Heraufwinden des Sackbohrers ermöglicht ist. Das Belasten erfolgt mit Eisenbarren. Ist der tragfähige Baugrund erreicht, so erfolgt das Einschütten von Beton bis zur Höhe des Grundwasserspiegels, wozu ein Gemisch von Cement, scharfem Mauersand und Steinschlag in üblichem Verhältnis zur Verwendung gelangt.

Hat man dem Beton fünf bis sechs Tage Zeit zum Erhärten gelassen, so findet, nach erfolgtem Auspumpen des Wassers, die weitere Ausmauerung des Kastens mit Klinkern in Cementmörtel statt.

Die Verbindung der einzelnen Kasten wird durch Wölbung hergestellt, zu welchem Zweck man die Kämpferschichten nach jeder Seite der Bogenöffnung etwa 15 cm vorzuziehen pflegt. Darauf werden in einem Abstande gleich der lichten Entfernung der Kasten zwei Lehrbögen gestellt (Fig. 91) und durch ein Brettstück verbunden. Eine unten zugespitzte Latte ist mit dem Bogen verbunden, sie reicht bis in die Erde hinab und giebt ihm unverrückbare Stellung. Auf dieser ist auch der Mittelpunkt durch einen Nagel bezeichnet. Beim Wölben wird dann die Fugenrichtung der Schichten mit der Schnur (Leier) bestimmt. Der Zwischenraum der Bögen wird mit Erde ausgefüllt und dadurch die Verschalung gespart. Die Wölbstärke der Bögen beträgt zwei Stein.

Eine ausgedehnte Anwendung der Kastenfundierung wurde beim Bau der Nationalgallerie in Berlin gemacht (1866). Hier bestand der auszuhebende Boden aus etwa 3 m Humus, darauf folgte ein 1 bis 3 m mächtiges Lettenlager, dessen Hauptbestandteil Infusorien waren, dann 0,5 m Torf und darunter der kiesartige Sandboden, der genügende Tragfähigkeit zeigte. Der Sommerwasserstand gestattete das Ausschachten der Baugrube bis zu 4 m Tiefe, und es wurden daher, bei 7 bis 8 m Gesamttiefe des Fundamentes, die hölzernen Kästen 3 bis 4 m hoch gewählt; sie erhielten unter den Umfassungsmauern Abmessungen von $2{,}8 \times 5{,}2$ m, unter den Ecken des Gebäudes von $3{,}5 \times 6{,}6$ m. Bei der günstigen Beschaffenheit der oberen Bodenschichten genügte es, die Kastenwände aus nur 4 cm starken Bohlen herzustellen. Die Lettenschicht begünstigte das trockene Ausheben des Bodens bis zum Grundwasserspiegel, so daß nur die letzten

2 bis 2,5 m unter Wasser (mit dem Sackbohrer) beseitigt wurden.

Die Ausfüllung der Brunnen erfolgte bis auf 1,3 bis 1,6 m Höhe mit Beton, einer Mischung von 1 Raumteil Portlandcement, 1 Teil Sand und 6,4 Teilen Steinbrocken, welche 7,4 Volumteile Beton ergaben. Der Raum über dem Beton wurde, wie oben, durch Kalksteinmauerwerk ausgefüllt und die einzelnen Brunnenpfeiler durch Erdbögen verbunden.

Eine der Versenkung hölzerner und eiserner Brunnen ähnliche Fundierungsmethode ist diejenige mittels „Caissons", d. h. kastenartig verbundener größerer Wände aus Holz oder Schmiedeeisen, welche zur Umhüllung der Baugrube auf den Baugrund hinabgelassen werden. Sie sind fast nur zur Fundierung von Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, namentlich da, wo der gute Baugrund von leichten Bodenschichten überdeckt war, die dem Eindringen der Umschließungskörper wenig Widerstand entgegensetzten. Die Versenkung erfolgt in der Regel zwischen zwei Schiffen. Da diese Konstruktion recht eigentlich nur dem Gebiete des Wasserbaues angehört, kann sie hier füglich außer Acht bleiben.

§ 43.

Rückblicke. Die in den vorhergehenden Kapiteln besprochenen Gründungsarten sind im allgemeinen auf wenige Fälle zurückzuführen.

I. Der Baugrund ist nachgiebig.

a) Wenn die Fundamentsohle dabei unter dem niedrigsten Wasser belegen ist, wird der **Schwellrost** am Platze sein, da er eine leicht ausführbare Verbreiterung der tragenden Fläche und eine gute Basis für das Mauerwerk gewährt. Bei sehr ungleichmäßigem Boden sind Probebelastungen des Fundamentes vorzunehmen.

b) Bei wenig tragfähigen Böden und bei bedeutender Erhebung des Bauwerkes über dem festen Boden, gleichzeitig als Fundamentverbreiterung bei nicht starker Belastung, ist die **Sandschüttung** indiziert. — **Steinschüttung** dagegen bildet bei thonigem Untergrund lediglich ein Mittel zur Verdichtung des Bodens.

II. Die Last des Mauerwerkes muß auf tiefliegende Schichten übertragen werden.

Hier behält die altbewährte Fundierung auf **Pfahlrost** ihre volle Bedeutung, namentlich mit einer neueren Modifikation, welche bei genügender Festigkeit der oberen Bodenschichten sehr zu empfehlen ist, nämlich mit der Abänderung, den hölzernen Rostbelag durch eine Betonlage zu ersetzen.

III. Das Fundament muß bis auf den tiefliegenden, festen Baugrund hinabgeführt werden.

a) Ist der Boden gleichmäßig und leicht durch Baggern zu entfernen, so wird bis zu bedeutender Tiefe die **Brunnenfundierung** gute Resultate liefern, bei ungleichmäßigem Boden und wo Hindernisse vorkommen, da verliert sie ihren Wert.

b) Bei geringerer Tiefenlage des festen Baugrundes und zwischen fest umschließenden Pfahlwänden werden auch Betonfundamente bis zu großer Flächenausdehnung mit Nutzen angewandt.

Sonstige, seltener verwandte Gründungsarten haben für die Zwecke des Hochbaues einen relativ geringen Wert und können daher übergangen werden.

Vierter Abschnitt.

Die Bauführung.

Zur Leitung großer und komplizierter Bauwerke, an welchen im Interesse rascher Förderung viele Bauarbeiter beschäftigt sind, gehört nicht allein genaue Kenntnis der Baukonstruktionen und Baumaterialien, sondern auch Umsicht, Aufmerksamkeit und vor allem eine Summe von Erfahrungen, welche der angehende Baumeister sich in der Regel erst erwerben soll. — Wir werden uns demnach die Aufgabe stellen, jene Grundsätze festzustellen, welche den leitenden Architekten auch ohne vorherige jahrelange Erfahrungen in den Stand setzen, Bauausführungen zu übernehmen und mit Geschick zu leiten.

Die erste Anforderung, welche an Architekturschöpfungen überhaupt, namentlich aber an Monumentalbauten gestellt werden muß, ist Solidität. In diesem Sinne verdienen die Denkmäler des klassischen Altertums unsere volle Beachtung, denn durch Gediegenheit des Materiales und Sicherheit der Konstruktion haben dieselben Jahrtausende überdauert! Mögen sie ein Sporn sein für die lebende Generation, auch ihrerseits ehrenvolle Zeugnisse des baulichen Schaffens den nachkommenden Geschlechtern zu hinterlassen.

Ein höchst bedeutender Anlauf dazu ist in den mächtigen Bauten für den internationalen Verkehr bereits genommen. Ihnen stellen sich die neueren Monumentalausführungen des Staates und der Kommunen zur Seite, welche das freudige Streben nach stylvoll konstruktiver Behandlung und das Vermeiden jeder Scheinkonstruktion erkennen lassen. Dieses Streben nach Wahrheit aber ist es, welches auch den modernen Meister befähigen wird, seinen Werken einen mehr als ephemeren Wert zu verleihen.

§ 1.
Vorarbeiten.

Ehe wir zur Beschreibung der einzelnen Stadien der Bauausführung übergehen, ist mit einigen Worten der Vorarbeiten zu gedenken, welche vor Beginn des Baues erforderlich sind. Dahin gehört zunächst die Aufstellung eines „Bauprogrammes“. Je bestimmter und klarer dasselbe gefaßt ist, um so leichter ist die Aufgabe zu lösen, um so zutreffender kann das Bauwerk dargestellt werden. Es bedarf hierzu einer doppelten Vorarbeit: nämlich einer bildlichen Darstellung durch Zeichnung (Bauentwurf) und einer erläuternden Beschreibung nebst Ermittelung der aufzuwendenden Kosten — der Veranschlagung. Je nach dem verfolgten Zwecke unterscheidet man: Kostenüberschlag und Kostenanschlag. Mit dem ersteren, dem Kostenüberschlage, wird gewöhnlich eine Bauausführung eingeleitet, und der Entwurf erhält dabei die leichtere Form der Skizze.

Ist die Skizze später zum vollständigen Entwurfe ausgearbeitet, so wird auf Grundlage des letzteren ein specieller Kostenanschlag angefertigt. Nun erst ist ein genauer Überblick der Baukosten möglich, und gleichzeitig wird dadurch eine Beschreibung der Bauausführung in allen Einzelheiten gegeben, so daß hiermit eine genaue Direktive für die Ausführung vorhanden ist.

§ 2.

Die Grundlage des Kostenanschlages bilden aber die Zeichnungen oder Baupläne. Hierzu gehört:

a) Der „Situationsplan“ oder „Lageplan“ des Bauplatzes. Derselbe wird gewöhnlich in $^1/_{500}$ der natürlichen Größe aufgetragen. Ist eine ganze Gruppe von Gebäuden auszuführen, so werden diese nur in Umrissen in den Lageplan eingezeichnet, um daraus die Stellung der einzelnen Gebäude zu einander ersehen zu können.

Anm. Ist der Bauplatz uneben, so ist das Längengefälle nach der Hauptausdehnung des Bauplatzes, auch, in einer darauf rechtwinkeligen Richtung, das Quergefälle desselben aufzunehmen und in angemessenem Maßstabe (1 : 100) dem Lageplane beizufügen.

Bei stark unebenem Boden sind diese Terrainhöhenlinien nach Bedürfnis zu vermehren, wobei sich sämtliche Tiefen auf einen Horizont beziehen müssen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Die „Grundrisse“ der einzelnen Geschosse mit zugehörigen Balkenlagen und einer Darstellung des Dachgebälkes, wozu meistens ein Maßstab von 1 : 100 ausreicht. Für die weitere Ausführung ist jedoch der doppelte Maßstab (1 : 50) vorzuziehen. Diese letztgenannten Pläne nennt man: „Werkpläne“.

c) Die „Ansichten“. Bei Gebäuden von gewöhnlicher Konstruktion und einfachen Architekturformen genügt der Maßstab 1 : 100 auch für die Ansichten; bei reicheren Architekturen und ungewöhnlichen Konstruktionen sind größere Maßstäbe und für die wichtigsten Bauteile Detailzeichnungen in größerem Maßstabe (1 : 10) nötig. Für die Veranschlagung sind indessen Details in solcher Vollständigkeit wie für die spätere Ausführung noch nicht nötig und genügen hier Handskizzen, welche dem Text des Anschlages beigefügt werden.

d) Die „Durchschnitte“. Aus ihnen sind die Mauerstärken, die Höhenmaße der Etagen und die Deckenkonstruktionen zu ersehen. Gewöhnlich zeichnet man dieselben im Maßstabe der Ansichten.

e) Die „Detailzeichnungen“ endlich umfassen die Konstruktionen der Gesimse, Fenster, Thüren, Treppen, Balkone, Säulen u. s. w. Aus ihnen werden beim Fortschritt des Baues die Profile in wirklicher Größe, die sogenannten „Schablonen“, hergestellt.

Von Wichtigkeit in den Grundrissen und Durchschnitten ist endlich das Einschreiben der notwendigsten Maße. Dies bezieht sich insbesondere bei den Grundrissen auf die Längen- und Breitenmaße der Räume, die Hauptabmessungen der Baufronten, die Mauerstärken und bei den Durchschnitten auf die Etagenhöhen.

Die durchschnittenen Mauern sind mit Lasurfarben (nicht mit Deckfarben) anzulegen. Für die Fassaden ist die Darstellung in Linien zu empfehlen. Farbige Darstellung empfiehlt sich nur für die „Perspektive“.

§ 3.

Der „Kostenanschlag“ soll nicht nur mit möglichster Sicherheit

a) die aufzuwendenden Gesamtbaukosten und diejenigen der einzelnen Arbeiten und Baustoffe, aus denen die Ausführung sich zusammensetzt, angeben, sondern er soll auch

b) in Zusammenhang mit den Zeichnungen ein genaues Bild der beabsichtigten Bauausführung geben, soll nach Art, Maß und Zahl die Stoffe bezeichnen, welche zur Verwendung kommen und die Methode der Ausführung bis ins Einzelne genau darstellen, so daß der Text des Anschlages dem Bauausführenden als feste Richtschnur für die Arbeiten dienen kann.[1])

Wenn insbesondere die Bauausführung in die Hand von Unternehmern gelegt werden soll, bildet der Kostenanschlag die Grundlage der zwischen Bauherrn und Unternehmer abzuschließenden Verträge.

Zur Aufstellung der Kosten eines solchen, zunächst in der Idee bestehenden Gebäudes ist nun die genaueste Ermittelung der anzuliefernden Materialmassen und Fuhrlöhne nötig; die umfangreichen Leistungen der einzelnen Werkmeister sind speziell zu ermitteln und aufzuzählen. Das aber ist — namentlich bei größeren Bauwerken — eine schwierige und zeitraubende Arbeit, welche Übung und Erfahrung voraussetzt und von dem Veranschlagenden große Ruhe und Geduld erfordert. Für jüngere Architekten ist das Veranschlagen daher ein sehr wenig beliebtes Geschäft, welches in der Regel erst geübt wird, wenn die Notwendigkeit der Praxis dazu zwingt. Aber es giebt auch kaum ein besseres Mittel, sich in das Wesen der Baupraxis einzuarbeiten, als die Bearbeitung eines Kostenanschlages.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die Form des Anschlages. Damit man sich möglichst leicht darin zurechtfinden kann, muß er nach einem bestimmten, erprobten Muster aufgestellt werden und eine regelmäßig wiederkehrende Einteilung erhalten. Man wählt daher für den Anschlag die tabellarische Form und teilt die Seite nach folgender Art in Längsspalten ein:

Lauf. Nr.	Anzahl	Benennung der Arbeiten	Preis M.	Preis ₰	Geldbetrag M.	Geldbetrag ₰

Spalte 1 enthält die laufende Nummer der einzelnen Anschlagssätze; Spalte 2 die Zahlen, welche die Quantität der Arbeit oder des zu liefernden Baustoffes angeben und gewöhnlich „Vordersätze“ genannt werden. Spalte 3 enthält die wörtliche Beschreibung der einzelnen Arbeiten und Baustoffe; Spalte 4 den Preis jeder Arbeit oder jedes Baustoffes, und Spalte 5 giebt das rechnerische Resultat aus den Zahlen der Spalten 2 und 4.

Die laufenden Nummern der Spalte 1 werden zweckmäßig durch den ganzen Anschlag — ohne Rücksicht auf die Einteilung in Titel — fortgeführt, so daß jeder Vordersatz seine zugehörige Nummer erhält, also nicht mit einem anderen verwechselt werden kann.

1) Betreffs der speciellen Einrichtung der Kostenanschläge verweisen wir auf die bekannten Werke: Manger, Hülfsbuch zu Anfertigung von Bauanschlägen. 4. Aufl. Berlin 1879 und Schwatlo, Handbuch zur Anfertigung von Bauanschlägen. 6. Aufl. Halle 1874. 8.

Einteilung in Titel. Da bei jeder Bauausführung sehr verschiedene Werkleute zusammenarbeiten müssen, teilt man den Anschlag in so viele Abschnitte ein, als Bauhandwerker an der Herstellung teilnehmen. Am Schlusse fügt man dann noch einen Abschnitt hinzu, welcher alle die Arbeitsleistungen enthält, welche einem bestimmten Handwerk nicht angehören, oder doch zu gering sind, um einen besonderen Abschnitt für sich in Anspruch zu nehmen. Dahin setzt man dann auch in der Regel diejenigen Kosten der Bauverwaltung und Bauaufsicht, welche sich schon vorher bestimmt ermitteln lassen, als: Tagegelder für Baumeister, Bauführer, Bauaufseher, Wächterlöhne, Kosten für Schreib- und Zeichenmaterialien, Reinigen des Baues und Aufräumen der Baustelle, Beleuchtungskosten, Kosten des Wetterschutzes für den Winter u. dergl. an. Für nicht vorhergesehene Mehrausgaben wird endlich eine Pauschalsumme (gewöhnlich ein Prozentsatz der totalen Kostensumme) berechnet.

Nach der Dienstanweisung für die preußischen Baubeamten und die Baubeamten des Deutschen Reiches ist der Kostenanschlag zweckmäßig nach folgenden Titeln zu ordnen:

I. Erdarbeiten.
II. Arbeiten zur künstlichen Befestigung des Baugrundes.
III. Arbeiten des Maurers.
IV. „ „ Steinmetzen.
V. „ „ Zimmermannes.
VI. „ „ Dachdeckers.
VII. „ „ Pflästerers (Dammsetzers).
VIII. „ „ Brunnenmachers.
IX. „ „ Schmiedes.
X. „ „ Klempners und Kupferschlägers (Blechschmiedes).
XI. „ „ Tischlers.
XII. „ „ Schlossers.
XIII. „ „ Glasers.
XIV. „ „ Staffierers und Stubenmalers.
XV. „ „ Tapezierers, Stuckateurs, Vergolders.
XVI. Ofenarbeiten und Heizungseinrichtungen.
XVII. Eisengußarbeiten.
XVIII. Gas- und Wasserleitungsanlagen, Haustelegraphie.
XIX. Bauführungskosten.
XX. Insgemein. (Extraordinarium.)

Nach diesen Titeln getrennt, sind die einzelnen Teile der Bauausführung im Kostenanschlage in Betracht zu ziehen, und zwar sowohl hinsichtlich der zu verwendenden Stoffe (Baumaterialien) als nach dem Zeitaufwand resp. der Arbeitskraft, welche das Bauwerk in Anspruch nehmen wird.

Deshalb ist für jede Veranschlagung erforderlich
1) die Ermittelung der Baustoffe,
2) „ „ „ Arbeiten.

Sind die Baustoffe von solcher Bedeutung, daß sie gesondert angekauft werden können, so stellt man dieselben (wie in den Titeln II bis IV) in besonderen Unterabteilungen zusammen. Bei den Arbeiten des Schmiedes, Schlossers, Stuckateurs u. s. w. erfahren die Rohstoffe jedoch eine so weitgehende Bearbeitung, daß man den Werkmeister, der die Arbeit übernimmt, auch die Lieferung der Materialien überträgt, also die letzteren im Kostenanschlage nicht besonders aufführt.

Massenberechnung. Zum Zweck einer leichten und übersichtlichen Anordnung des Anschlages ist es gewöhnlich notwendig, die Quantität (Masse) der zu leistenden Arbeiten resp. Materialien zu ermitteln. Eine solche Massenberechnung nimmt oft sehr bedeutende Arbeit in Anspruch; auch für diese wird die tabellarische Form gewählt, am besten in folgender Art:

Pos.-Nr.	Stückzahl	Gegenstand	Länge m	Breite m	Flächeninhalt qm	Höhe m	Körperinhalt cbm

Sind die Rauminhalte, Flächeninhalte, Längen u. s. w. ermittelt, so ergeben sich nach bestimmten Normen die Quantitäten der Zuthaten (Materialien) jeder Art, deren Beschaffenheit und Preis im Kostenanschlag näher aufgezeichnet wird. Die Baumaterialien werden übrigens gewöhnlich in einer besonderen Tabelle, in welcher jedem Stoffe ein eigene Spalte eingeräumt ist, zusammengestellt.

In größeren Anschlägen wird die Massenberechnung von der eigentlichen Veranschlagung ganz getrennt und erstere gewöhnlich als Anhang oder Einleitung zu derselben aufgeführt. In Anschlägen von geringem Umfange kann diese Berechnung jedoch im Text des Kostenanschlages geschehen.

Baupreise. Die Ermittelung der Preise für zu liefernde Baustoffe und Arbeiten bildet den wichtigsten Teil der Veranschlagung. Die ersteren sind bekanntlich erheblichen Schwankungen unterworfen und von Handelskonjunkturen abhängig. Schwieriger noch stellt sich das Verhältnis in Bezug auf die Leistungsfähigkeit der Arbeiter, wobei der Normalsarbeitstag von 10 Stunden zu Grunde zu legen ist. Für diesen Arbeitstag wird dann der, durch Nachfrage und Angebot geregelte, Arbeitslohn berechnet, welchen der Arbeiter erhält.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Höhe desselben ist verschieden und bei den gelernten Arbeitern (Handwerkern) höher als für die gewöhnlichen Arbeiter (Tagelöhner).

Da die Handlanger gewöhnlich nicht unmittelbar von der Verwaltung angestellt werden, so ist bei dem reinen Tagelohne des einfachen Arbeiters eine Zulage für den Meister von 10 bis 15 Proz. hinzuzurechnen; dadurch erhält man das Tagewerk des Arbeiters.

Die gelernten Arbeiter (Gesellen, Gehilfen) haben eigenes Handwerkszeug und erhalten einen höheren Tagelohn als die erstgenannte Kategorie. Dazu ist noch das sogenannte Meistergeld mit 15 bis 20 Proz. hinzuzusetzen. Gesellen, welche beim Meister in Kost sind, erhalten einen geringeren Tagelohn.

Aber bei aller Mühe der Bauleitung werden die Preise der Bauarbeiten selten den thatsächlichsten Verhältnissen entsprechen, denn in den meisten Fällen liegt eine geraume Spanne Zeit zwischen Veranschlagung und Ausführung. In dieser Zwischenzeit können die Konjunkturen des Arbeits- und Materialmarktes wesentlich andere sein. Häufig beeinflußt schon die Jahreszeit die Preise in erheblichem Maße. Für die Bauausführungen des Staates ist daher die Bestimmung getroffen, daß durch das sogenannte Ausbietungsverfahren die Konkurrenz der Unternehmer angeregt werden soll. Unterschiede von 20 bis 25 Proz. zwischen Meist- und Mindergebot sind hierbei nicht ungewöhnlich.

§ 4.

Der Erläuterungsbericht.

Soll ein Kostenanschlag vollständig sein, so darf ihm ein Erläuterungsbericht nicht fehlen, welcher gewöhnlich als Einleitung vorangeschickt wird. — Für Bauausführungen, welche von Staats- oder anderen Behörden, von Gesellschaften u. s. w. ins Werk gesetzt werden, wird eine derartige Erläuterung um so notwendiger, als der Entwurf von mehreren Personen durchgesehen und gebilligt werden muß, auch die Geldbewilligung oft von Mehrheitsbeschlüssen abhängig ist. — Für die Bauausführungen des Deutschen Reiches sind bestimmte Formen und eine gewisse Reihenfolge des Inhaltes vorgeschrieben, welche wir als Anhaltspunkte mitteilen wollen. — Danach soll in dem Erläuterungsberichte besprochen werden:

a) Dienstliche Veranlassung zur Aufstellung des Projektes. Angabe der Gründe, aus welchen der Bau für nötig erachtet worden; der Räume oder sonstigen Erfordernisse, welche durch denselben beschafft werden sollen; des Zeitraumes, innerhalb dessen die Ausführung beabsichtigt wird, und der zur Verfügung gestellten Bausumme.

b) Beschaffenheit der Baustelle mit Bezug auf Situations- und Nivellementszeichnungen; Rechtfertigung der Wahl der Baustelle; Beschreibung der zur Einfriedigung, Regulierung oder Entwässerung derselben etwa nötigen Arbeiten und Vorrichtungen.

c) Beschaffenheit des Baugrundes. Angabe der zur Erforschung desselben benutzten Hilfsmittel; gutachtliche Äußerung über die Tragfähigkeit resp. über die zur hinreichenden Befestigung desselben erforderlichen Anforderungen.

d) Bauprojekt und Baukosten. Motivierung der Anordnungen der Grundrisse und Ansichten, der Haupt- und Nebeneingänge, der Höhenlage der untersten Fußböden in Beziehung auf das äußere Terrain, der verschiedenen Geschoßhöhen, sowie der zur Verhütung von Kapillarfeuchtigkeit, Hausschwamm, Fäulnis und sonstigen Gebäudekrankheiten etwa notwendigen Vorsichtsmaßregeln; Nachweis der durch den Entwurf beschafften Räumlichkeiten, mit Bezug auf das sub a) angegebene Bedürfnis und mit Hinweisung auf die Zeichnungen. Angabe der Gesamtsumme der Kostenberechnung und Motivierung der etwa nötigen Überschreitung der verfügbaren resp. der durch Überschläge vorläufig berechneten Summe. Angabe der Baukosten im Verhältnis zu der Grundfläche oder zu der Länge der Bauwerke; Vergleichung dieses Kostenverhältnisses mit denen anderer Ausführungen in demselben Baukreise.

e) Bauart: Begründung der getroffenen Wahl hinsichtlich der Materialien und ihres Transportes, sowie der Standfähigkeit der Konstruktionen und der Festigkeit, Dauer, Feuersicherheit und Gesundheit, auch in Bezug auf die unter allen Umständen notwendige Schonung der Kosten; Beschreibung des Materiales und der Arbeit zu allen wesentlichen und eigentümlich konstruierten und geformten Gegenständen der Architektur und des inneren Ausbaues, namentlich der Gesimse, der plastischen Ornamente, der Treppen, Fußböden, Thüren, Fenster, Öfen, Herde, Wand- und Deckenbekleidungen u. s. w. in der Reihenfolge der Titel und mit Hinweisung auf die einschlagenden Positionen der Kostenberechnung und auf die Detailzeichnungen, welche letztere nötigenfalls durch Handzeichnungen mit eingeschriebenen Maßen am Rande des Berichtes zu ergänzen sein werden.

f) Bauausführung: Angabe und Begründung der Modalitäten, unter denen die Ausführung des Baues beabsichtigt wird: ob im Wege der Generalentreprise oder in dem der Submission durch verschiedene Lieferanten und Handwerker, oder gegen Tagelohn auf Rechnung; Beschreibung der Folgereihe und des Kontroll-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

verfahrens, unter welchen die verschiedenen Lieferungen und Arbeiten ohne nachteilige Übereilung, innerhalb des (nach a) gegebenen Zeitraumes ausgeführt werden sollen, mit Rücksicht auf die vor der Benutzung des Gebäudes notwendige Austrocknung aller Teile desselben. Motivierung der etwa für nötig erachteten Bauführungskosten, namentlich der Umstände, welche in solchen Fällen den beteiligten Distriktsbeamten verhindern, die specielle Leitung und Rechnungsführung des Baues selbst zu übernehmen. Motivierung der Kosten des Titels XIX.

g) Bauabnahme: Angabe des Zeitpunktes der Bauabnahme und der schließlichen Regulierung der Geldforderungen der Unternehmer, mit Rücksicht auf die eintretenden Modalitäten bei vorkommenden Abweichungen von dem Projekte, sowie bei tadelhafter, verspäteter oder gänzlich unterbliebener Ausführung verdungener Lieferungen und Arbeiten.

Aus dem Erläuterungsberichte, welcher Vorrede und Einleitung bildet, aus der Massen- und Materialberechnung, welche die rechnerische Grundlage darstellen, und aus der Kostenberechnung nebst Einzelbeschreibung der Baubestandteile stellt sich der gesamte Kostenanschlag zusammen.

Anm. Schließlich sei bemerkt, daß alle an vorgesetzte Behörden, und Beamten gerichteten Schreiben auf in der Mitte gebrochenen Bogen geschrieben werden, so daß die linke Hälfte desselben für die Überschriften, namentlich aber für Bemerkungen, Berichtigungen der Revisoren oder Randverfügungen (Marginalverfügungen) der vorgesetzten Behörden freibleibt. Alle unnützen Titulaturen fallen dabei fort. — Jede Ausarbeitung ist endlich mit Datum, Namen und Amtscharakter des Verfertigers und des Revisors zu versehen.

§ 5.

Verdingung der Bauten und Form der Baukontrakte.

Sobald der Kostenanschlag zu einem Baue von dem Bauherrn (resp. der zuständigen Gemeinde- oder Staatsbehörde) genehmigt worden ist, handelt es sich zunächst um die Art der Verdingung an die betreffenden Unternehmer und Lieferanten. Es können nun beim Vergeben der Arbeiten resp. Materiallieferungen folgende Wege eingeschlagen werden:

1) Die Arbeiten werden „auf Rechnung“ nach verabredeten Akkordsätzen in Tagelohn, die Lieferungen nach verabredeten Einzelpreisen und später festzustellenden Massenbeträgen vergeben.

Diese Art Ausführung ist eine durchaus solide, aber meist nicht billige, erfordert auch eine sehr sorgfältige Überwachung des Baues.

2) Die sämtlichen Arbeiten und Lieferungen zur fertigen Herstellung eines Baues werden einem Generalunternehmer übertragen.

Bei einer derartigen Vergabe wird meistens am billigsten gebaut, auch weiß der Bauherr die Kosten genau vorher und kann sich in Bezug auf die fertige Herstellung zu einer bestimmten Frist durch Vertragsparagraphen sichern.

Andererseits ist hierbei aber die strengste Aufsicht eines bei der Entreprise unbeteiligten Sachverständigen nötig, um den Bauherrn vor schlechter Ausführung und Verwendung unbrauchbarer Materialien zu sichern.

3) Die verschiedenen Arbeiten und Lieferungen werden nach ihren Arten gesondert vergeben. Es ist dies im allgemeinen das übliche Verfahren.

Die Verdingung kann stattfinden:

a) mündlich, im Licitationsverfahren;
b) schriftlich, im Submissionsverfahren;
c) im Wege beschränkter Submission, indem man bewährten Unternehmern Anschlagsextrakte der betreffenden Arbeiten ohne Preise zuschickt, in welche sie ihre Preisofferten einzusetzen und versiegelt einzusenden haben.

Bei Privatbauten kann die Ermittelung geeigneter Unternehmer nach Verabredung mit dem Bauherrn „aus freier Hand“ erfolgen. Für Staatsbauten[1]) dagegen dürfen nur Arbeiter und Lieferungen unter Ausschluß jeder Ausschreibung an einen ausgewählten Unternehmer vergeben werden:

1) bei Dringlichkeit des Bedarfes;
2) bei Gegenständen, deren überschläglicher Wert den Betrag von 1000 Mark nicht übersteigt;
3) bei Leistungen und Lieferungen, deren Ausführung besondere Kunstfertigkeit erfordert.

Verfahren bei Ausschreibungen für Staatsbauten.

Öffentliche Ausschreibungen werden in zweckentsprechender Weise durch die Zeitungen bekannt gemacht. — Für die den Ausschreibungen zu Grunde liegenden Bedingungen und Zeichnungen sind — wenn sie auf Wunsch der Bewerber verabfolgt werden — die Selbstkosten zu entrichten.

Der in den Ausschreibungen anzuberaumende „Termin“ ist so zu wählen, daß den Unternehmern hinreichende Zeit zur Vorbereitung bleibt. Für kleinere Arbeiten und leicht zu beschaffende Lieferungen wird eine 14tägige Frist, für größere Arbeiten werden vier bis sechs Wochen erforderlich sein. In dem festgesetzten Termine, welcher in Gegenwart der erschienenen Bewerber abzuhalten ist, hat

1) Wir folgen hier im Auszuge dem Preuß. Ministerial-Erl. v. 17. Jan. 1881. Zeitschrift für Bauwesen. S. 152.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Eröffnung der eingegangenen Offerten und die Aufnahme eines amtlichen Protokolles über das Ergebnis zu erfolgen. Nachgebote sind nicht zulässig.

In allen öffentlichen Ausschreibungen ist in der Regel die Auswahl unter den Submittenten auf die drei Mindestfordernden zu beschränken.

In nicht öffentlichen Ausschreibungen hat bei der Sache nach gleichen Offerten die Vergebung an den Mindestfordernden zu erfolgen. Bei allen Ausschreibungen ist die Befugnis vorzubehalten, sämtliche Gebote abzulehnen, falls keines annehmbar befunden wird.

Die Zuschlagsfristen sind in allen Fällen kurz zu stellen (nach 14tägigem bis vierwöchentlichem Zeitraume).

Abschluß der Verträge. Nach den maßgebenden Gesetzen kann bei Gegenständen, deren Wert 1000 Mark nicht übersteigt, vom Abschluß eines förmlichen Vertrages abgesehen werden. Die Kosten des Vertragsabschlusses sind von jedem Teil zur Hälfte zu tragen. Bezüglich der Stempelkosten [1]) ist nach den gesetzlichen Bestimmungen zu verfahren.

Die Behörde hat im übrigen dem Unternehmer nicht weitergehende Verbindlichkeiten aufzuerlegen, als Privatpersonen sich in solchen Fällen auszubedingen pflegen, und hat bei Aufstellung der Verträge neben den Pflichten auch die entsprechenden Rechte der Unternehmer zu verzeichnen.

Sicherheitsstellung. Die Erteilung des Zuschlages kann unter Umständen von einer zu stellenden Sicherheit abhängig gemacht werden. Die Sicherheit kann durch Bürgen oder durch Kautionen gestellt werden, und zwar die Kaution in bar oder in guten Wertpapieren der deutschen Staaten zum vollen Kurswerte. Bar gestellte Kautionen werden nicht verzinst; bei Wertpapieren sind die Talons den Effekten beizufügen.

Wenn die Vertragssumme 500 Mark nicht erreicht, kann auf die Sicherstellung verzichtet werden.

Die Höhe der Kaution ist nach der Natur der Leistung und der Art und Dauer der Garantieverpflichtung verschieden zu normieren.

Die Rückgabe der Kaution an den Unternehmer erfolgt alsbald, nachdem die Verpflichtungen desselben sämtlich erfüllt sind.

Mehr- oder Minderlieferungen. Sofern die Notwendigkeit solche auszubedingen vorliegt, darf der zu verabredende Satz bei sogenannten marktgängigen Materialien 5 Proz., bei den übrigen 10 Proz. des fest bedungenen Quantums in der Regel nicht übersteigen; auch sollen Mehr- oder Minderaufträge nur innerhalb einer zu vereinbarenden Frist erteilt werden.

Zahlung. Die Behörde hat die Zahlung als die ihr obliegende Gegenleistung thunlichst zu beschleunigen. In den Bedingungen sind — wenn angängig — über die Termine der Abnahme und Abrechnung für Teil- wie für Gesamtleistungen Bestimmungen zu treffen.

Abschlagszahlungen haben sich, soweit solche zugesagt worden sind, auf die ganze Höhe des gelieferten Quantums zu erstrecken, wenn dieses Quantum unschwer festzustellen ist; anderen Falles kann ein mäßiger Bruchteil des Guthabens vorläufig zurückgehalten werden.

Konventionalstrafen sind in der Regel nur auszubedingen, wenn ein erhebliches Interesse vorliegt, daß der Unternehmer den Vertrag rechtzeitig erfüllt. Bei Gegenständen, welche sofort in der ausbedungenen Quantität und Qualität anderweit zu beschaffen sind, kann gänzlich von Konventionalstrafen Abstand genommen werden.

Die Höhe der Konventionalstrafe ist in gemessenen Grenzen zu halten und den konkreten Umständen anzupassen.

Meinungsverschiedenheiten zwischen der Behörde und dem Unternehmer sind einer unparteiischen schiedsrichterlichen Instanz zu überweisen. Das Recht des Unternehmers, bei Ausführung vorläufiger, nach seiner Meinung vertragswidriger Entscheidungen der Behörde seine Entschädigungsansprüche vor der schiedsrichterlichen Instanz oder — wenn keine solche eingesetzt ist — vor den ordentlichen Prozeßgerichten geltend zu machen, ist dagegen nicht auszuschließen.

§ 6.

Allgemeine Bedingungen,

betreffend die Ausführung von Arbeiten und Lieferungen bei den Hochbauten der Staatsbauverwaltung. [1])

1) Für die Art und den Umfang der Leistungen sind die dem Bauplane zu Grunde gelegten Zeichnungen nebst dem Anschlage und dessen Unterlagen bestimmend, mit der Maßgabe: daß Änderungen der darin enthaltenen „Vorder-

1) In Preußen unterliegen Lieferungsverträge, in denen nur Einzelpreise enthalten sind, ohne Angabe der Ausdehnung der Lieferung, dem Stempel von 1,50 Mk. für das Hauptexemplar. Bei der Schußabrechnung wird der Lieferungsstempel mit 1/8 Prozent für den Betrag der gelieferten Materialien einzeln ermittelt und bezahlt.

Bau-Entrepriseverträge, bei denen nur die reine Arbeit verdungen, nicht aber gleichzeitig eine Materiallieferung eingeschlossen ist, unterliegen dem Stempel von 1,50 Mk. für jedes Vertragsexemplar. (Werden sie mit einer stempelfreien Behörde geschlossen, nur mit 1 Mk. für jedes Exemplar.) — Hat der Unternehmer zugleich Materiallieferungen übernommen, so wird noch ein Stempel von 1/8 Prozent des Materialwertes dem obigen Leistungsstempel für das Hauptexemplar hinzugerechnet und beim Nebenexemplar ist im ganzen 1,50 Mk. zu verwenden.

1) Vgl. die Dienstanweisung für die Lokalbaubeamten der Staats-Hochbauverwaltung. Berlin 1898. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sätze" oder sonstige Abweichungen vom Blauplane je nach dem Bedürfnisse der Bauverwaltung vorbehalten bleiben.

2) Für das Mehr oder Minder dessen, was vom Unternehmer geleistet wird, ist die Vergütung, welche ihm zusätzlich zu gewähren ist, beziehungsweise der Abzug, den er zu erleiden hat, nach den ihm vertragsmäßig zustehenden Einheitspreisen zu berechnen.

3) Die Vereinbarung von Mehrleistungen soll $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der vertragsmäßigen Mengen nicht übersteigen. Desgleichen muß sich Unternehmer eine Herabsetzung seiner Lieferung um $^1/_{10}$ ohne Anspruch auf Entschädigung gefallen lassen. Beträgt die Herabsetzung mehr als $^1/_{10}$, so hat der Unternehmer Anspruch auf Ersatz des ihm durch die Herabsetzung zugefügten Schadens, der bei nicht erfolgender Einigung vom Schiedsgericht festzusetzen ist.

4) Die Vergütung für Tagelohnarbeiten erfolgt in allen Fällen nach den vertragsmäßig stipulierten Lohnsätzen.

5) Der Unternehmer bleibt an die vereinbarten Einheitspreise auch dann gebunden, wenn die Arbeitslöhne, Fuhrlöhne und Materialienpreise während der Ausführung der Entreprise steigen sollten.

6) Abweichungen von den Grundlagen des Vertrages darf der Unternehmer nicht einseitig vornehmen, vielmehr bedarf es dann stets der ausdrücklichen, schriftlichen Genehmigung seitens der bauleitenden Beamten.

7) Die Entschädigung für Arbeit und Leistungen, die abweichend vom Bauplane oder Anschlage seitens der Bauverwaltung angeordnet werden, für welche auch im Anschlage oder der Preisliste direkte Preisansätze sich nicht vorfinden, erfolgt im Verhältnisse zu den vertragsmäßig stipulierten Preisen. Die Entschädigungssätze sind möglichst vor Inangriffnahme der Arbeit schriftlich zu vereinbaren.

Im Falle, daß eine Einigung darüber nicht zu stande kommt, ist nach Absatz 3 zu verfahren.

Alle Ansprüche auf besonders zu bezahlende Nebenleistungen sind in Monatsfrist nach geschehener Leistung dem bauleitenden Beamten spezifiziert anzumelden, widrigenfalls die Ansprüche auf Entschädigung erlöschen.

8) Mit den Arbeiten und Lieferungen muß der Unternehmer, sofern die speziellen Bedingungen nicht etwas anderes enthalten, spätestens 14 Tage nach der schriftlichen Aufforderung beginnen und dieselben in den im Vertrage bedungenen Fristen vollenden.

Der Umfang des ausgeführten Teiles der Leistung resp. Lieferung muß stets im richtigen Verhältnis zu den bedungenen Vollendungsfristen stehen. Die Zahl der zu verwendenden Arbeitskräfte und Geräte muß daher den übernommenen Leistungen entsprechen.

9) Die Behörde ist befugt, dem Unternehmer die Arbeiten ganz oder teilweise zu entziehen und den noch nicht vollendeten Teil des Unternehmens auf seine Gefahr und Kosten durch einen anderen Unternehmer ausführen zu lassen oder selbst für seine Rechnung zu vollenden, wenn seine Leistungen nicht im richtigen Verhältnis zu der bereits verlaufenen Zeit stehen, so daß die Besorgnis gerechtfertigt ist, er werde das Unternehmen nicht in der festgesetzten Frist den kontraktlichen Bestimmungen gemäß beenden.

Macht die Behörde von diesem Rechte Gebrauch, so werden die bisher ausgeführten Leistungen durch die leitenden Beamten unter oder ohne Mitwirkung des Unternehmers nach den Vertragspreisen festgestellt. — Nach beendeter Arbeit wird dann von der Behörde unter Ermittelung des Ersatzes für die durch Säumnis herbeigeführten Nachteile eine Kostenrechnung aufgestellt und dem Unternehmer mitgeteilt. Die dadurch sich ergebenden Mehrkosten hat letzterer sich bei der nächsten Abschlagszahlung oder durch Rückgriff auf die Kaution abziehen zu lassen.

Etwaige Ansprüche des Unternehmers infolge der Arbeitsentziehung sollen der Entscheidung des Schiedsgerichtes vorbehalten bleiben.

10) Glaubt der Unternehmer sich durch die Behörde in der Ausführung der ihm übertragenen Arbeiten oder Lieferungen behindert, so hat er derselben hiervon Anzeige zu machen und nötigenfalls zunächst eine Verlängerung der bedungenen Vollendungsfrist zu beantragen. Unterläßt er diese Anzeige, so kann er später aus einer solchen Behinderung einen Anspruch auf Schadenersatz nicht herleiten.

Sollte im Fortgange des Baues durch Verschulden der Verwaltung eine Unterbrechung oder Abstandnahme von der Bauausführung eintreten, so hat der Unternehmer außer auf vertragsmäßige Bezahlung derjenigen Arbeiten, welche vor Eintritt der Unterbrechung bewirkt worden sind, nur Anspruch auf Ersatz des von ihm nachzuweisenden, eventuell durch Schiedsgericht festzustellenden unmittelbaren Schadens. Eine Entschädigung für den entgangenen Gewinn kann vom Unternehmer nicht verlangt werden. Dauert die Unterbrechung länger als 6 Monate, so steht es jedem der Kontrahenten frei, vom Vertrage zurückzutreten. Die Kündigung muß aber schriftlich und spätestens 14 Tage nach Ablauf der sechs Monate angebracht werden; anderen Falles läuft der Vertrag unter gleichen Bedingungen weiter. Dabei wird der kontraktliche Vollendungstermin ebenso weit hinausgeschoben, als die Sistierung gedauert hat.

11) Die Arbeitsleistungen müssen den besten Regeln der Technik entsprechen und dürfen daher nur tüchtige und geübte Arbeiter beschäftigt werden. Arbeitsleistungen, die obigen Bedingungen nicht entsprechen, sind sofort unter Ausschluß der Anrufung des Schiedsgerichtes zu beseitigen und durch untadelhafte zu ersetzen. — Arbeiter, welche nach Urteil des bauleitenden Beamten untüchtig sind, müssen entlassen und durch tüchtige ersetzt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Materialien, welche nicht nach Anschlag und Probe geliefert sind, müssen auf Anordnung der Bauverwaltung innerhalb einer zu bestimmenden Frist von der Baustelle entfernt werden.

12) In den Preissätzen für die Arbeit ist inbegriffen: die Entschädigung für Vorhaltung und Unterhaltung der Gerüste, Werkzeuge u. s. w.; auch die Bewachung und Aufbewahrung derselben ist Sache des Unternehmers. Für die Stärke und Tüchtigkeit der Rüstungen trägt er die alleinige Verantwortung; gleichwohl ist er verpflichtet, Verstärkungen und Ergänzungen auf Anordnung des leitenden Baubeamten auf eigene Kosten zu bewirken.

Rüstungen, welche ein Unternehmer vertragsmäßig herzustellen übernommen hat, sind auch anderen Bauhandwerkern so lange unentgeltlich zur Benutzung zu überlassen, als sie zum Zweck der von ersterem übernommenen Arbeiten erforderlich sind. Änderungen im Interesse der bequemeren Benutzung seitens der übrigen Bauhandwerker daran vorzunehmen, ist der Unternehmer nicht verpflichtet.

13) Der Unternehmer oder dessen Stellvertreter muß sich auf Anforderung des bauleitenden Beamten auf der Baustelle einfinden, so oft es nach dem Ermessen des letzteren nötig ist. Die Leute, welche der Unternehmer beschäftigt, sind schuldig, dem leitenden Beamten hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Ordnung Folge zu leisten, widrigenfalls sie sofort entfernt werden können, denn der Unternehmer haftet persönlich für die Handlungen seiner Bevollmächtigten, Gehilfen oder Arbeiter.

14) Der Unternehmer hat in der Regel für das Unterkommen seiner Leute Sorge zu tragen.

15) Die Stellung der zu den Absteckungen und Abnahmevermessungen erforderlichen Geräte ist Sache des Unternehmers.

16) Die Befolgung der baupolizeilichen Vorschriften liegt dem Unternehmer für den ganzen Umfang seiner vertragsmäßigen Verpflichtungen ob.

17) Nach Vollendung der Arbeiten oder Lieferungen hat der Unternehmer der Behörde hiervon Anzeige zu machen, worauf der Termin für die Abnahme mit thunlichster Beschleunigung anberaumt und dem Unternehmer schriftlich gegen Behändigungsschein bekannt gegeben wird. — Bis zur Abnahme der ausgeführten Arbeiten haftet Unternehmer für jede an denselben vorkommende Beschädigung.

18) Der Unternehmer hat nach der Schlußabnahme eine Kostenrechnung innerhalb der in den Spezialbedingungen festgesetzten Frist einzureichen.

Die Form der Rechnung soll sich eng an die Form anschließen, in welcher die Veranschlagung des Baues stattgefunden hat. Etwaige Mehrarbeiten werden stets in besonderer Rechnung nachgewiesen.

19) Werden im Auftrage der Bauverwaltung von dem Unternehmer Arbeiten im Tagelohn ausgeführt, so ist die Liste der beschäftigten Arbeiter dem Baubeamten behufs Prüfung ihrer Richtigkeit täglich vorzulegen.

Die Tagelohnsrechnungen sind längstens von vier zu vier Wochen vom Unternehmer aufzustellen und dem bauleitenden Beamten einzureichen.

20) Die Schlußzahlung auf die vom Unternehmer eingereichte Kostenrechnung erfolgt nach vollendeter Prüfung und Feststellung und nachdem der Unternehmer die Richtigkeit dieser Rechnung anerkannt hat.

Dem Unternehmer sollen auf seinen Antrag schon während der Bauausführung Abschlagszahlungen in runden Summen und in angemessenen Fristen bis zu $^5/_6$ des Wertes der vertragsmäßig bewirkten Leistungen, für vertragsmäßige Materiallieferungen aber bis zur Höhe von $^9/_{10}$ von deren Wert gewährt werden.

21) Durch die Abnahme der Arbeit und die Bezahlung des Guthabens ist der Unternehmer keineswegs von der ihm gesetzlich obliegenden Gewährleistung für die Güte der Arbeit oder des Materiales befreit.

22) Der Unternehmer hat für die Erfüllung der ihm obliegenden Verbindlichkeiten durch Kautionsobjekte Sicherheit zu bestellen. Die Behörde ist daher befugt, vom Vertrage zurückzutreten, wenn der Unternehmer nicht innerhalb 14 Tagen nach Abschluß des Vertrages die Sicherheitsstellung bewirkt.

23) Streitigkeiten über die Rechte und Pflichten, welche aus dem Vertrage resultieren, sollen — wenn sie durch Verhandlung nicht beigelegt werden können und der Unternehmer sich nicht bei der Entscheidung der höheren Verwaltungsbehörde beruhigen will — durch schiedsrichterlichen Spruch ausgetragen werden. Zu diesem Behufe ernennt sowohl die Bauverwaltung als der Unternehmer einen Sachverständigen. Im Falle volles Einverständnis nicht erzielt wird, ernennt die vorgesetzte Behörde einen Obmann aus der Zahl der beim Bau nicht unmittelbar beteiligten Beamten. Den nach Einverständnis abgegebenen Ausspruch der Experten oder des Obmannes, beziehungsweise des Experten der Bauverwaltung (sofern das gegnerische Gutachten nicht innerhalb eines Monats zur Kenntnis der Bauverwaltung gelangt ist) verpflichten sich beide Parteien ohne Widerrede gelten zu lassen.

Die Kosten des schiedsrichterlichen Verfahrens hat der unterliegende Teil zu tragen.

24) Ohne Genehmigung der Bauverwaltung darf der Unternehmer seine vertragsmäßigen Verpflichtungen nicht auf andere übertragen.

Verfällt der Unternehmer in Konkurs, so ist die Behörde berechtigt, den Vertrag mit dem Tage der Konkurs-

erklärung aufzuheben; sie vergütet dann nur das bereits Geleistete nach den Preisen des Vertrages.

Für den Fall, daß der Unternehmer mit Tode abgehen sollte, ehe der Vertrag erfüllt ist, hat die Bauverwaltung die Wahl, ob sie das Vertragsverhältnis mit den Erben fortsetzen oder dasselbe als aufgelöst betrachten will.

25) Die vorstehenden allgemeinen Bestimmungen (1 bis 24) gelten insoweit, als durch den Vertrag oder die speziellen Bedingungen nicht ein anderes ausdrücklich bestimmt wird.

Spezielle Bedingungen.

In die speziellen Bedingungen muß alles aufgenommen werden, was außer den allgemeinen Bedingungen in Bezug auf den betreffenden Bau bestimmt werden muß, da letztere für alle Lieferanten und Werkmeister maßgebend sind, während die speziellen Bedingungen sich nur auf die Art und Weise der Lieferung der verschiedenen Materialien und Anfertigung der bei einer Bauausführung vorkommenden Arbeiten beziehen. Es muß darin namentlich die Zeit der Ablieferung der Materialien und der Vollendung der Arbeit bestimmt festgestellt werden. Hierbei ist genau die Quantität der zu liefernden Materialien, resp. auszuführenden Arbeiten, eventuell der Zeitpunkt anzugeben, an welchem dem Unternehmer das Recht zur Aufstellung der Rechnungen und Einziehen des Betrages zusteht. Es müssen außerdem in den speziellen Bedingungen namentlich die örtlichen Verhältnisse im Speziellen berücksichtigt werden; so daß

1) in Bezug auf Lieferung von natürlichen Steinen, namentlich des rohen Materiales, genau der Fund- und Ankaufsort, auch die Abladestelle zu bezeichnen ist. Ebenso ist das Nötige über die Dimensionen der einzelnen Steine und deren Aufstellungsweise behufs Abnahme anzugeben.

2) Bei Lieferung von Mauerziegeln ist der Fabrikationsort, der zu verwendende Thon, die Abladestelle und die Art und Weise der Aufstellung, behufs Abnahme, anzugeben. Außerdem muß eine genaue Angabe gemacht werden von der Beschaffenheit der Ziegel, namentlich, daß sie nicht mergelhaltig, gut gebrannt und winkelrecht und gut geformt sein müssen. Die Menge des Bruches, welcher bei der Abnahme gestattet wird, muß namhaft gemacht werden. Vor allem aber sind die Dimensionen, in welchen die gebrannten Ziegel geliefert werden sollen (Normalformat), festzustellen. Vor der Aufstellung des Kontraktes müssen mit dem Petschaft des Unternehmers besiegelte und mit seinem Namen beschriebene Probeziegel eingefordert werden, nach welchen das gelieferte Material beurteilt wird.

Es wird bei Wassertransport in der Regel 2 bis 5 Proz., bei Landtransport mehr Bruch gutgethan. Bei Lieferung von Formziegeln, hartgebrannten Klinkern und Dachziegeln wird der Bruch in der Regel, je nachdem dieselben mehr oder weniger oft umgeladen werden, auf 3 bis 6 Proz. festgestellt.

3) Bei Lieferung von Werkstücken muß der Fundort, eine genaue Beschreibung der Struktur des Steines, die Abladestelle, sowie eine genaue Beschreibung der Bearbeitung angegeben werden. Die Übereinanderlage oder Aufeinanderfolge der einzelnen Werkstücke ist auf der Oberfläche jedes einzelnen Steines mit Ölfarbe zu bezeichnen. Es ist festzustellen, ob die Bearbeitung auf der Abladestelle oder auf dem Werkplatz des Unternehmers stattfindet. Die genaue Größe jedes einzelnen Steines wird am besten in einer Tabelle zusammengestellt und den speziellen Bedingungen beigefügt, wobei auch wegen des sogenannten Arbeitszolles die nötige Andeutung gemacht werden muß. Die Werkstücke müssen ganz fehlerfrei auf der Baustelle abgeliefert werden.

4) Die Lieferung des Kalkes geschieht nach dem Bedarf, und zwar so, daß jede der zunächst leer werdenden Gruben, welche in hinreichender Zahl vorhanden sein sollen, auf Bestellung sofort wieder voll gelöscht werden muß. Die Abnahme des Kalkes muß, wenn sie im gelöschten Zustande bewirkt wird (was jedenfalls vorzuziehen ist), vorgenommen werden, sobald sich Risse an der Oberfläche der frisch gelöschten Masse zeigen, was je nach der Beschaffenheit des Kalkes und der Konstruktion der Gruben früher oder später eintritt. In den Bedingungen muß angegeben sein, wer den Kalk zu löschen hat, und daß weder ersäufter noch verbrannter Kalk abgenommen wird, auch daß der Kalk aus Brennsteinen, nicht aus Zwittersteinen oder Kothen gebrannt sein muß, daß der Kalk frisch gebrannt, und nicht von der Luft bereits angegriffen, auf die Baustelle zu liefern ist. Es ist ferner anzugeben, in welcher Weise der Kalk bis zur Löschbank gefördert werden muß, namentlich soll die Abladestelle genau bezeichnet werden. Für den Schutz des ungelöschten Kalkes bei eintretendem Regenwetter hat der Lieferant allein zu sorgen, und wird ihm eventuell freigestellt, an einer dazu näher bezeichneten Stelle für seine Kosten einen Schuppen zu bauen. Auch muß festgestellt werden, ob die Kalkgruben (am besten ausgemauerte und in Sand gepflasterte) auf Rechnung des Baufondes oder des Unternehmers auszuführen sind. Die Art und Weise der oben gedachten Abnahme des gelöschten Kalkes ist näher zu spezifizieren und anzugeben, daß nach Ausmessung des Quadratinhaltes der Grube dem Lieferanten nur der Höhenstand des gelöschten Kalkes bescheinigt wird.

Magerer Kalk wird stets in Tonnen gemessen.

5) Bei den Sandlieferungen muß die Beschaffenheit des Sandes näher beschrieben und durch Proben festgestellt, auch der Fundort und die Abladestelle näher

bezeichnet werden. (Sandkasten, Sandgruben, lockerer Sand.) Der Sand muß frei von allen erdigen Substanzen und Schlammteilen sein, er muß von gleichförmigem, nicht zu grobem oder zu feinem Korn, auch nicht mit Kieseln, respekt. Muscheln vermengt sein. Der nötige Vorrat von Sand auf der Baustelle, ist durch Zahlen festzustellen.

Anm. Neuerdings wird der Mörtel auch vielfach von sogenannten Mörtelwerken fertig gemischt zu bestimmtem Einheitspreise auf die Bauten geliefert. Derselbe ist stets gleichmäßiger durchgearbeitet als der „mit Hand" hergestellte; seine Anlieferung erfolgt in eisernen Wagen, deren Kasten 2 cbm Mörtelmasse faßt.

6) Bei Lieferung des Lehmes muß der Fundort und die Abladestelle, auch die Beschaffenheit desselben angegeben, resp. beschrieben werden.

7) Für den zu liefernden Gyps muß der Fabrikationsort und die Abladestelle genau angegeben, auch festgestellt werden, daß der Gyps frisch, fein pulverisiert und rasch bindend sein muß. Die Abnahme des Gypses geschieht in Kasten oder Tonnen, die vorher vermessen worden sind, oder nach Gewicht (Säcken von 75 kg).

8) Für Cementlieferungen ist in der Regel der Fabrikationsort, die Abladestelle, die Größe der Tonnen und das Gewicht derselben, auch dessen Beschaffenheit näher zu spezifizieren, resp. anzugeben. Der Cement wird nach Proben, die genau zu untersuchen sind, geliefert, Er muß in gehörig mit Papier ausgeschlagenen Tonnen verpackt, rasch bindend, durchweg staubartig pulverisiert sein und darf keine festen Massen enthalten. Er darf nicht mit Gyps, Sand oder anderen Bestandteilen vermischt sein und muß, wenn er mit einer näher zu bestimmenden Quantität Sand vermischt wird, ebensoviel Mörtel geben, wie der beigemischte Sand Kubikinhalt hat. Die Tonnen müssen mindestens 180 kg Gewicht haben, wobei die leere Tonne nicht über 10 kg wiegen darf.

9) Bei Strohlieferungen nach Schocken ist der kubische Inhalt eines Bundes und das Gewicht desselben (10 kg) anzudeuten.

10) Die Anlieferung des Rohres geschieht gleichfalls nach Schocken. Jedes derselben enthält in der Regel zwei Bunde von 2 m Länge. Das Rohr muß von durchaus geradem und schlankem Wuchs und von der größten Festigkeit in den einzelnen Stengeln sein, darf keine Stockflecke zeigen, und die einzelnen Stengel müssen von ziemlich gleicher Länge, rein abgeschält, auch nicht zerdrückt und geknickt sein. Hier am Ort rechnet man auf jedes Bund 4 Schock Stengel, also auf 1 Schock Rohr 8 Schock Stengel, während anderwärts 900 Stengel pro Schock Rohr gerechnet werden.

11) Rohrdraht wird am besten nach dem Gewicht oder nach Ringen mit bestimmten Gewichten abgenommen. (Das Pfund ist 60 bis 75 m lang.)

12) Die Lieferung der Nägel geschieht nach Schocken, in seltenen Fällen nach Hunderten. In den speziellen Bedingungen müssen die Gewichte pro Schock, resp. pro Hundert festgestellt werden. Zu den Nägeln muß das beste Eisen verwendet werden und müssen die Rohrnägel namentlich große Köpfe und nicht zu stumpfe Spitzen haben. Die einfachen Rohrnägel wiegen das Tausend 1,75 kg, die doppelten dagegen 2,75 kg.

13) Die Holzlieferung wird auf Grund einer beigelegten Holzberechnung, in der die Dimensionen jedes einzelnen Stückes genau bezeichnet sein müssen, bewirkt. Von der Örtlichkeit und dem Gebrauch wird es abhängen, ob es im beschlagenen, geschnittenen Zustande oder in Stämmen geliefert werden soll. Bei Lieferung nach Stämmen muß die Länge und Zopfstärke, sowie der Kubikinhalt, nach welchem am besten die Stämme zu bezahlen sind, in Betracht kommen. Soll nach ganzen Stämmen bezahlt werden, so muß ein Minimum des Kubikinhaltes des Stammes festgesetzt werden. Ist der Entrepreneur zugleich der Zimmermeister des Baues, so wird in der Regel Verschnitt nicht gut gethan, im anderen Falle kann derselbe je nach der Örtlichkeit und Beschaffenheit des Holzes in holzreichen Gegenden von 3 bis 6 Proz., in holzarmen Gegenden bei Eichenholz wohl bis 15 Proz. betragen. Beim Ankauf geschnittener Hölzer ist die Bedingung aufzunehmen, daß dieselben nicht baumkantig sein dürfen, eventuell ist die Länge und Tiefe der zulässigen Kante zu bestimmen. Alles zu liefernde Holz muß „im Wadel" gefällt, durchaus gesund, möglichst astfrei, feinfaserig und gerade gewachsen sein. Es darf weder vor dem Flößen, noch beim Schneiden angestockt erscheinen, noch rotbrüchig, schwammig oder kernschälig sein.

14) Bei Lieferung von ganzen Bohlen und Brettern ist die Länge, die Stärke und mittlere Breite, oder der Quadratinhalt, den dieselben durchschnittlich enthalten müssen, genau anzugeben. Verschnitt wird hierbei nicht berechnet.

Am vorteilhaftesten ist es, wenn dem Zimmermeister die Bohlen- und Brettarbeiten im verarbeiteten Zustande abgenommen werden, da in diesem Falle der Bauverwaltung keine Seiten- oder Längenabschnitte, welche oft nicht weiter benutzt werden können, verbleiben.

15) Bei Feldsteinlieferungen zum Pflaster darf höchstens $^1/_6$ derselben eine solche Größe haben, daß sie vor der Verwendung auf Kosten der Bauverwaltung zerschlagen werden müssen. Der größte mittlere Durchmesser der zu schlagenden Steine darf nicht über 30 cm sein. Die übrigen Steine dürfen nicht Oberflächen von mehr als 12 bis 20 cm Seite haben und deren Höhe darf nicht größer als 18 bis 20 cm sein. Quadratsteine dürfen nicht unter 200 und nicht über 400 qcm Oberfläche enthalten.

16) Granitplatten werden in bestimmten, untereinander übereinstimmenden Breiten, in verschiedenen Längen, die nicht unter 0,5 m sein dürfen, und mit einer näher anzugebenden mittleren Dicke (8 bis 10 cm) geliefert. Die Abnahme geschieht nach Quadratmetern.

Da die speziellen Bedingungen für die Arbeiten selbst und die Zeit ihrer Vollendung aus den Anschlagsextrakten, Zeichnungen, Erläuterungsberichten und allgemeinen Bedingungen größtenteils hervorgehen, so werden unter die speziellen Bedingungen nur diejenigen Angaben aufzunehmen sein, die dort nicht hinreichend präzisiert werden konnten. Sie sind aber so aufzustellen, daß jedes Mißverständnis dadurch beseitigt wird.

Für die Arbeiten des inneren Ausbaues muß namentlich bemerkt werden, daß sie nach Probe, von ganz untadelhaftem Material und nach den durch Anschlagsextrakte, Zeichnungen und Erläuterungsbericht näher beschriebenen Konstruktionen oder aber nach näherer Angabe des ausführenden Baubeamten gearbeitet sein müssen. Die Tischlerarbeiten werden nach Quadratmetern, resp. nach Stückzahl abgenommen.

Bei den Schmiede- und Schlosserarbeiten müssen die vorgeschriebenen Abmessungen genau inne gehalten, und die Richtigkeit des Gewichtes muß durch rechtsgiltige Wageatteste von beglaubigten Personen nachgewiesen werden; auch ist die Grenze des Mehr- oder Mindergewichtes festzustellen, welches selbst bei Anwendung von Material in den vorgeschriebenen Abmessungen sich bei der Abnahme der fertigen Arbeit herausstellen und für welche eine Vergütung, namentlich für Mehrgewicht, beansprucht werden kann. (Bei der Berechnung wird pro Kubikcentimeter verarbeitetes Eisen ein Gewicht von 7,8 g zu Grunde gelegt.)

Hierbei muß namentlich festgestellt werden, daß niemand, außer dem ausführenden Baubeamten oder dessen Stellvertreter, Arbeiten bestellen darf, und daß alle außerdem gefertigten und verwendeten Arbeiten, wenn ihr Gewicht auch durch Wageatteste nachgewiesen ist, nicht bezahlt werden.

Für die Glaserarbeiten muß die Art und Weise, in welcher bei der Abnahme das Glas gemessen werden soll, näher bezeichnet werden. Namentlich muß bestimmt werden, ob nur sichtbares Glas in Rechnung gestellt werden darf, oder ob dasselbe im Kittfalz und mit Quersprossen, bei runder Form, ob in Mittel- oder in den größten Abmessungen zu berechnen ist. Die Abnahme geschieht übrigens nach Quadratmetern.

Bei Anstreicher- und Staffiererarbeiten muß bemerkt werden, daß die Abnahme nach Quadratmetern der gestrichenen Fläche geschieht, daß hierbei aber die Gliederungen an Thüren und Fenstern, die nicht von Bedeutung sind und eine näher anzugebende Ausladung nicht erreichen, nur in plano gemessen werden, daß Thür- und Fensterdicken nicht in Rechnung kommen dürfen, daß ferner der Anstrich der Fenster nur von einer Seite berechnet werden darf, daß die Ölfarben nur aus reinem Bleiweiß oder Zinkweiß und den nötigen Farbenzusätzen hergestellt werden dürfen, daß der Anstrich nach den Langfasern des Holzes geschehen muß und wie oft derselbe wiederholt werden soll.

Dem Klempner (oder Blechschmied) und Kupferschmied sind außer einer genauen und detaillierten Beschreibung der Konstruktionen die Blechstärken nach dem Gewicht eines Quadratmeters und bei Zinkblechen auch noch nach der Fabriknummer genau zu bestimmen. Die Abnahme geschieht nach Quadratmetern der sichtbaren, nicht der wirklich verarbeiteten Flächen.

Bei Töpferarbeiten ist die Konstruktion der Öfen und die Farbe und Güte der zu verwendenden Kacheln genau anzugeben. Die Öfen müssen in ihren Fugen dicht gesetzt und gut verankert sein. Die Bezahlung der Töpferarbeiten geschieht nach Stücken, wobei eine Angabe der Länge, Breite und Höhe des Ofens nach der Kachelzahl und eine weitere genaue Beschreibung stattfinden muß.

Dem Vertrage sind die auf Seite 251 bis 254 des Werkes nach der Anweisung vom 15. April 1893 aufgestellten „Allgemeinen und speciellen Forderungen", das Programm und das Angebot des Unternehmers beizufügen und durch beiderseitige Unterschrift als zum Vertrage gehörig anzuerkennen.

Zink- und Eisengußarbeiten. Der Guß muß ohne störende Nähte, Blasen, Flicken und Verkittungen sauber und genau in den vorgeschriebenen Maßen hergestellt sein.

Das Gewicht der gelieferten Stücke darf das im Anschlage berechnete um nicht mehr als 5 bis 10 Proz. übersteigen. Sonstiges Mehrgewicht wird (vergl. die allgemeinen Bedingungen) nicht bezahlt. Bei sehr wichtigen Konstruktionsteilen sind Probebelastungen auszubedingen.

Gas- und Wasserleitungsarbeiten. Die Gas- und Wasserröhren sind aus Schmiedeeisen (Gußeisen, Kupfer) auszuführen, die Knie können in Kupfer gefertigt werden. Alle Wasserröhren, welche in Zimmer treffen, sollen in Schlitze gelegt werden und die Gasröhren im Putz verdeckt liegen. Die Röhrenverbindungen sind so auszuführen, daß ein Undichtwerden derselben, sowie Beschädigung der Decken und Wände ausgeschlossen bleibt.

Anm. Auch bei diesen Arbeiten wird meistens eine Garantie für die Güte der Lieferungsobjekte ausbedungen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Es liegt auf der Hand, daß außer den hier gegebenen Andeutungen noch für die verschiedenartigsten Teile des Baues Bestimmungen in die speziellen Bedingungen aufzunehmen sein werden. Dies bezieht sich insbesondere auf die Herstellung der Heizungs- und Ventilationseinrichtungen, der Gas-, Wasser- und Telegraphenanlagen, der Anbringung von Blitzableitern, Glockengießerarbeiten, Uhren und dergl. mehr. Hier werden insbesondere die neuesten und bewährtesten Konstruktionen auszuwählen sein, so daß der leitende Baubeamte schon vor der Ausführung Spezialberechnungen, Entwürfe und Anschläge bewährter Firmen über diese Gegenstände einzufordern und nach deren Prüfung die relativ vorteilhafteste Disposition zu wählen hat.

§ 7.

Technische Vorbereitung auf der Baustelle.

Nachdem alle die Bauausführung betreffenden Verhandlungen geschlossen, die Baufonds zur Disposition gestellt, die Art der Ausführung, die Zeit des Beginnens und der Vollendung festgestellt sind, wird die eigentliche technische Vorbereitung auf der Baustelle ins Auge zu fassen sein.

Zunächst sind richtige Kopien der Zeichnungen, Anschläge und sonstiger, auf die Ausführung bezüglicher Schriftstücke zu nehmen. Hiernach werden die eigentlichen Werkzeichnungen am besten in so großem Maßstabe aufgetragen, daß die einzelnen Steinschichten daraus erkannt werden können. — Diese Arbeiten liegen dem Baumeister, resp. Bauführer, welcher den Bau beaufsichtigen soll, mit den etwaigen Hilfsarbeitern ob.

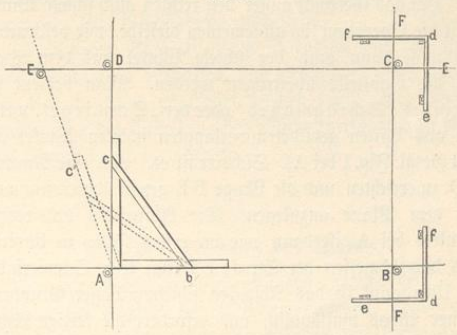
Die Originalentwürfe gehen, wenn sie von dem ausführenden Baumeister oder unter dessen Leitung gefertigt sind, in dessen Archiv.

Nunmehr beginnt das Abstecken des Gebäudes oder der Gebäude auf der Baustelle. Hierbei ist die größte Sorgfalt zu beobachten, daß diese Fundamentalarbeit unverändert während der Dauer des Baues beibehalten werden könne.

Die Flucht des Gebäudes, d. h. die Richtung seiner Hauptfront wird in den meisten Fällen gegeben oder doch leicht zu bestimmen sein. Diese Richtung ist durch eine straff gespannte Schnur, welche man um ein Paar eingeschlagene runde Pfähle schlingt, zu bezeichnen. Man nimmt hierbei gewöhnlich die Flucht der „reinen Mauer", d. h. der Mauerfläche über dem Sockel des Gebäudes an, so daß alle Vorsprünge (des Sockel-, Keller-, Bankettmauerwerkes) nach außen vortreten. Bekommt das Gebäude „Risalite", so können diese entweder vor das allgemeine Alignement vortreten oder sie kommen in demselben zu liegen, so daß die übrigen Teile des Gebäudes zurücktreten.

Ist die Flucht bestimmt, so muß einer der Eckpunkte des Gebäudes durch einen eingeschlagenen Pflock bezeichnet werden. Man nimmt hierzu am besten einen Pflock von rundem Querschnitt und schlägt den Eckpflock so ein, daß er die Schnur berührt. Gleichzeitig soll die Flucht der anstoßenden Gebäudefront ihn an der inneren Seite berühren, der Pflock also außerhalb der beiden Fluchtlinien stehen, wie bei A und B (Fig. 1). — Um nun an diesen Eckpflock die zweite Fluchtschnur spannen zu können, muß im Eck ein rechter Winkel angetragen werden. Dies geschieht mit einem aus behobelten Latten zusammengesetzten rechtwinkeligen Dreieck, wie bei A (Fig. 1) zu ersehen. Legt

Fig. 1.



man also den Schenkel A b des Dreieckes so an die Fluchtschnur, daß diese daran „spielt", so kann längs des anderen Schenkels eine zweite Schnur gespannt werden, die mit der ersten ein rechten Winkel bildet.

Zur Absteckung rechter Winkel bedient sich der Praktiker vielfach der Schnur und eines Maßstabes. Wenn man nämlich (Fig. 1) von A nach b hin auf der Schnur 3 m abmißt und diesen Punkt etwa mit einer Stecknadel bezeichnet, die zweite Schnur um den Pflock bei A befestigt und auf dieser von A aus die Länge von 4 m abmißt und ebenfalls durch eine Nadel c bezeichnet, so darf man in dem Punkte b nur einen genau 5 m langen Maßstab anlegen und die zweite Schnur so spannen, daß der auf ihr bezeichnete Punkt c mit dem anderen Ende des Maßstabes zusammenfällt, um dadurch die Schenkel eines rechten Winkels zu erhalten.[1]) Daß beide Schnüre möglichst horizontal gespannt werden müssen, ist einleuchtend.

1) $(A\,b)^2 + (A\,c)^2 = (b\,c)^2$.

Der gebildete Techniker wird sich außerdem der Instrumente zum Abstecken rechter Winkel (Winkelspiegel,[1]) Winkelprisma) bedienen können, mindestens im stande sein, die etwaige Ungenauigkeit der Absteckung mit der Schnur dadurch zu kontrollieren.

Mißt man auf der ersten Fluchtschnur die Länge der Vorderfront ab und bestimmt den zweiten Eckpunkt des Gebäudes in B, so kann man hier auf dieselbe Weise einen rechten Winkel antragen, wieder eine Schnur spannen und nun auf den Schnüren AD und BC die Tiefe des Gebäudes antragen, in C und D Pflöcke einschlagen und so das Gebäuderechteck umgrenzen. Beim Abmessen bedient man sich immer zweier, 3 oder 5 m langer, am besten an den Enden beschlagener Maßstäbe.

Ist das Rechteck ABCD abgesteckt, so hat man die Längenmaße der Seiten und die Winkel nochmals zu prüfen.[2])

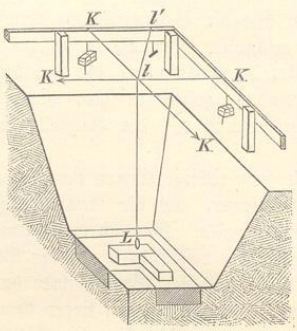
Hat das Gebäude außer den rechten auch schiefe Winkel, so ist die Operation im allgemeinen dieselbe, wie beschrieben, nur muß dann auch der schiefe Winkel aus dem Plane auf die Baustelle übertragen werden. Man bedient sich hierzu des „Schrägmaßes" oder der „Schmiege", welche den aus Latten gebildeten verlangten schiefen Winkel enthält (vergl. Fig. 1 bei A). Sicherer ist es, bei A eine Normale AD zu errichten und die Länge DE genau übereinstimmend mit dem Plane anzulegen. Die Absteckung des rechten Winkels bei A ist dann wie im ersten Falle zu bewirken und das Abmessen der Strecke ED hat keine Schwierigkeit. — Überhaupt ist das Abstecken schiefwinkeliger Grundrisse immer etwas umständlich und erfordert die fertige Arbeit noch mehrfache Kontrolle.

Sind die Endpunkte des Gebäudes durch eingeschlagene Pflöcke bezeichnet, so schreitet man zur Anfertigung der sogenannten Schnurgerüste, weil die Eckpflöcke beim Ausgraben der Fundamenterde verloren gehen würden. Zu dem Ende werden in hinreichenden Abstand von jedem Eckpflock drei Pfähle aus Kreuzholz, def (Fig. 1), tief in den Boden getrieben, derart, daß die Linien de und ef parallel zu den Gebäudefronten sind. Diese Pfähle läßt man etwa 30 bis 40 cm über dem Terrain hervorragen und verbindet sie unter sich durch starke, besäumte Latten. Ist dies geschehen, so werden über den Lattenoberkanten starke Schnüre gezogen und diese mit Hilfe eines Bleilotes so lange geschoben, bis sie vertikal über den früher abgesteckten vier Eckpunkten liegen. Hierauf werden die Schnurstriche eingeschnitten und deutlich durch farbige Marken bezeichnet. Ist also die Fundamenterde entfernt, so läßt sich jederzeit durch kreuzweises Anspannen der Schnüre und mit Hilfe des Bleilotes jeder der Eckpunkte wieder finden.

Auf dem Schnurgerüst kann man nun den Sockelvorsprung, die verschiedenen Stärken und Absätze der Frontwand, überhaupt alle wichtigen Maße des Sockelgeschosses verzeichnen. Die Längen der Schnurbank de und ef in Fig. 1 richten sich nach der Gestalt des Querprofiles der Mauer.

Wie das Schnurgerüst benutzt wird, um ein Mauereck auf der Sohle der Baugrube anzulegen, zeigt Fig. 2. Die gespannten Schnüre sind mit KK bezeichnet; in ihrem Kreuzungspunkt l ist ein Bleilot herabgelassen, dessen Fußpunkt L vertikal unter dem Eckpunkt liegt.

Fig. 2.



Die Maßlatten. Nachdem auf diese Weise Lage und Grundform des ganzen Gebäudes in seinem äußeren Mauerwerk genau auf der Baustelle festgelegt ist, sind weitere Vorrichtungen nötig, um die Thür- und Fenstermittel, resp. die Weite dieser Öffnungen, als Vorsprünge, Pfeiler, inneren Wände und sonstigen Anlagen durch unverwischbare Zeichen zu markieren. Dies geschieht durch gehobelte Latten, welche so zu verbinden sind, daß sie leicht auseinander genommen, aber auch ebenso leicht unverrückbar zusammengelegt werden können. Der Zusammenstoß der Lattenenden wird am besten mit gerader Überblattung hergestellt, durch welche Schrauben mit Flügelmuttern gesteckt werden können. Die Maßlatten, auf welche alle oben genannten wichtigen Abmessungen eingeritzt sind, müssen nach ihrer Reihenfolge mit Zahlen bezeichnet werden. Alle zu einer Frontlinie gehörenden Latten erhalten außerdem eine besondere Bezeichnung. Um Verwechslung zu vermeiden, trägt man die spezielle Bezeichnung der Lattenlinien in den Grundriß ein.

1) Den Winkelspiegel und seine Anwendung zum Abstecken rechter Winkel findet man ausführlich dargestellt in: A. Scholtz, „Die Fachschule des Maurers" (I. Abschn. S. 8). Leipzig, J. M. Gebhardt's Verlag.

2) Dies ergiebt sich durch Messung der Diagonalen, die in jedem Rechteck gleich sein müssen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Demnächst wird auch für die Umzäunung der Baustelle, für Anlage der Baubude (für die Arbeiter), resp. des Baubureaus, der Wächterbude, der Material- und Arbeitsschuppen Sorge zu tragen sein. Die Umzäunung muß so geräumig angelegt werden, daß bei der Ausführung keinerlei Behinderung entstehen und doch auch der nötige Materialvorrat aufgestellt werden kann. (Ein beschränkter Bauplatz ist nur im Notfall zu acceptieren.)

Die Umzäunung muß die zum Materialtransport erforderliche Anzahl von Thorwegen und Fallbrettöffnungen, außerdem aber möglichst wenig Thüren haben, damit die Überwachung leicht stattfinden kann. Dieselbe ist an den öffentlichen Straßen mit einem nach innen geneigten Schutzdach zu versehen.[1])

Das Baubureau ist — wenn irgend möglich — so anzulegen, daß der Bau, namentlich aber der Eingang zur Baustelle, von dort aus übersehen werden kann.

Wächterbuden sind, wenn die Baubude keine geeignete Stelle erhalten kann, am besten unmittelbar am Eingang zum Bauplatz anzulegen.

Materialschuppen sollen eine derartige Lage erhalten, daß Fuhrwerk aller Art zu ihnen gelangen kann.

Demnächst ist Sorge zu tragen für die Anlage eines, und bei größeren Bauten einiger Brunnen. Den Brunnen stellt man so auf, daß er möglichst nach Ausführung des Baues beibehalten werden kann; sollte dadurch eine zu große Entfernung von der Kalkgrube herbeigeführt werden, so ist es nötig, durch eine Rohrleitung dem Übelstande abzuhelfen. Wo der Anschluß an vorhandene Wasserleitungsrohre — wie innerhalb der Städte — möglich ist, wird sich diese Anordnung besonders empfehlen, weil weiches Wasser zur Bearbeitung des Mörtels in allen Fällen vorzuziehen ist.

Kalkgruben sind in hinreichender Anzahl anzulegen, so daß Mangel an Kalk nicht eintreten kann und zu den Putzarbeiten frisch gelöschter Kalk nicht verwendet zu werden braucht. Die Gruben werden so angelegt, daß sie etwa 40 hl gelöschte Masse aufnehmen können. Bei ihrer Anlage ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Kalk beim Löschen mehr Raum bedarf, als wenn er sich gesetzt hat. Die Kalkgruben sind mit massiven Umfassungswänden herzustellen und erhalten ein in Sand gelegtes flachseitiges Pflaster.

Die Sandkasten werden in unmittelbarer Nähe der Kalkgruben und in hinreichender Anzahl, jede etwa 20 cbm haltend, angelegt. Wo das Heranschaffen des Sandes durch Karren geschieht, verdienen Sandgruben den Vorzug.

Neben den Sandgruben und Kalkgruben werden unmittelbar die Kalkmacherbänke angelegt. Neben der Kalkmacherbank wird ein Raum zur Aufnahme des geschlagenen Mörtels und die sogenannte „Ladebank“ hergestellt und zum Schutze gegen Sonnenstrahlen und Regen, sowie zum Schutze des bearbeiteten Mörtels, auf den Regen und Sonne nachteilig einwirken, diese ganze Vorrichtung mit einem Bretterdach überdeckt. — Wenn der Mörtel durch Maschinen bereitet wird, treten gewisse Modifikationen ein, welche beim Grundbau erörtert worden sind.

Zum Zusammenrufen der Leute beim Verlesen der Namenliste, wenn die Ausführung in Rechnung geschieht, sowie zum Zeichengeben für den Beginn und Schluß der Arbeit wird bei größeren Bauten eine Glocke nötig. Dieselbe wird am besten entweder neben dem Baubureau oder neben der Wächterbude aufgestellt.

Nach diesen Vorbereitungen ist endlich auch ein solcher Materialvorrat zu beschaffen, daß wenigstens einen Monat ohne Unterbrechung gearbeitet werden kann, ehe Mangel eintritt. Auf die Anstellung des Wächterpersonales ist ebenfalls Sorgfalt zu verwenden.

§ 8.

Von der Führung des Baues.

Zu den wichtigsten Gegenständen, welche dem Bauleitenden bei Beginn der Arbeiten obliegen, gehört vor allem die Untersuchung des Baugrundes, die Überwachung der Fundamentgräben und die Sicherung derselben durch „Steifen“, damit bei anhaltend nassem Wetter kein Unglück geschieht. Neben den Fundamentgräben dürfen Materialien nicht aufgesetzt werden, damit durch die Last nicht eine Ablösung des Erdreiches bewirkt werden kann. Für die Herstellung dieser Gräben hat in der Regel der Unternehmer der Maurerarbeiten Sorge zu tragen. Häufig werden dieselben aus Ökonomie nicht mit der nötigen Böschung ausgeführt und das Fundamentmauerwerk bei standfähigem Grunde daher in kurzen Stücken ausgeführt. Diese Art der Ausführung ist verwerflich, weil sie nur auf Kosten des guten Verbandes erfolgen kann.

Bei Ausführung von Pfahlrosten und liegenden Rosten muß eine detaillierte Zeichnung gegeben werden, woraus die nötigen Hölzer genau zu entnehmen sind. Die einzelnen Pfähle müssen mit Nummern versehen sein; auch ist ein Rammregister anzulegen, in welches nicht nur die Länge und Stärke jedes Pfahles, sondern auch die Anzahl seiner Hitzen und das Eindringen bei jeder Hitze genau zu verzeichnen ist. (Vergl. III. Abschn. „Grundbau“, Seite 471).

1) In den größeren Städten ist die Anordnung der Bauzäune durch polizeiliche Vorschriften, in Berlin durch Instruktion vom 9. Mai 1866 geregelt. Ein derartiger Bauzaun mit Schutzdach ist dargestellt in A. Scholtz, Fachschule des Maurers, S. 12.

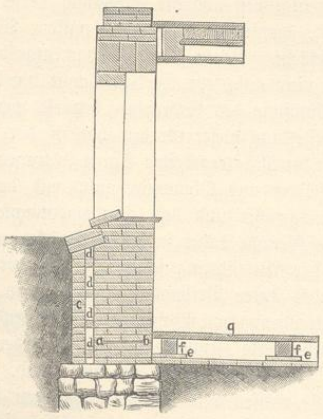
Bei Wasserschöpfarbeiten sollen die dazu nötigen Arbeiter in das Journal speziell eingetragen werden, damit eine richtige Ermittelung der aufgewendeten Kosten möglich ist. Nunmehr ist zu untersuchen, ob die Kellersohle auch wasserfrei liegt und nicht von dem bekannten höchsten Wasserstande erreicht werden kann. Darf die Kellersohle nicht höher angelegt werden, so sind zur Abhaltung des Wassers von dem Kellerfußboden Vorkehrungen, die noch der Besprechung bedürfen, zu treffen (cf. Erläuterungsbericht ad d).

Die aufgeführten Fundamente müssen zunächst horizontal abgeglichen und bei der Anlage der Kellerräume durch genaues Abwiegen die Fußbodenhöhe bestimmt werden. Außerdem ist Bedacht zu nehmen auf die Trockenlegung des Mauerwerkes gegen aufsteigende und Erdfeuchtigkeit, was durch Isolierschichten und Luftschichten erreicht wird. Ebenso ist Sorge zu tragen für Entwässerung des Baugrundes, wenn solche nötig sein sollte, wobei Drainröhren gute Dienste leisten.

Anm. Das Verfüllen der Fundamentmauern, ehe sie gehörig ausgetrocknet sind, ist verwerflich, namentlich bei Bruchsteinmauerwerk. Damit die Steine ihre Bruchfeuchtigkeit abgeben können, sollen sie einige Wochen vor der Verwendung zur Baustelle angefahren werden.

Ganz besondere Aufmerksamkeit erfordert die trockene Herstellung der Kellerräume. Man hat daher vor allem Maßregeln zu treffen, daß die Erdfeuchtigkeit weder von unten, noch von der Seite in dem hygroskopischen Steinmaterial aufsteigen kann. Es wird deshalb zunächst eine Asphaltschicht a b (Fig. 3) auf die sogenannte Abgleichungsschicht der Fundamente aufgebracht, sodann eine

Fig. 3.



½ Stein starke Mauer von Ziegelsteinen in Cementmörtel in 6 bis 7 cm Abstand von dem Kellermauerwerk aufgeführt und mit diesem durch die nötigen Bindersteine d verbunden und oberhalb mit einer doppelten Flachschicht in Cement abgedeckt. Hierdurch bildet sich eine schützende Luftschicht gegen seitlich herantretende Erdfeuchtigkeit. Um ganz sicher zu gehen, kann man auch die Köpfe der Bindersteine d, d, soweit solche in die Kellermauer eingreifen, vorher in Asphalttheer tauchen. — Kann man mit dem Isolierungsmauerwerk nicht nach außen vortreten, so legt man die Luftschicht nach innen.

Soll nun der Kellerfußboden massiv hergestellt werden, so empfiehlt sich als Überzug ein 1,5 bis 2 cm starker Asphaltbelag. — Hölzerne Fußböden in Kellerräumen müssen ganz besonders sorgfältig isoliert werden. Zu dem Ende pflastert man zunächst über dem Kellerplanum eine Flachschicht von Ziegelsteinen oder Platten und legt darauf in Entfernungen von 1 m nebeneinander zwei Dachsteine e in Cement, welche oberhalb mit Asphalt abgedeckt werden. Hierauf werden die Fußbodenlager f f gestreckt und darüber die Dielung g verlegt. Den Hohlraum zwischen den Lagerhölzern bringt man zweckmäßig mit dem Ofen in Verbindung. Da die Lagerhölzer hohl liegen, ist die Kommunikation eine vollständige und ein den Feuerraum vertikal durchdringendes Ventilationsrohr von Eisen wird daher das Absaugen der feuchten und kalten Luft aus dem Hohlraum konstant bewirken. (Cirkulationsfeuerung.)

Sollen endlich Kellerräume unter dem Wasserstande wasserfrei angelegt werden, so legt man in größeren Räumen ein rostähnliches Fundamentgemäuer an, damit der Wasserdruck die Fußbodenplatten nicht heben kann; darüber kommt eine doppelte Flachschicht von guten Mauersteinen in Cement; auf den so hergestellten Fußboden bringt man eine 8 cm starke Betonschicht aus Cement und Kies an, an den inneren Wänden eine 5 cm starke und 50 cm über den höchsten Wasserstand hinaufreichende wasserdichte Bekleidung, deren Winkel ausgerundet werden.

Demnächst hat der Aufsichtsbeamte seine Aufmerksamkeit auf das richtige Einspannen der vorkommenden Gurt- und Wandbögen zu richten, namentlich auf die zweckentsprechende Anfertigung und Aufstellung der Lehrbögen und die angemessene Konstruktion derselben zu achten. Die Gewölbe selbst werden erst nach Eindeckung des Gebäudes eingespannt. Daraus erwächst der Vorteil, daß das Gebäude schneller unter Dach gebracht werden kann, und daß die Widerlager erst dann die Gewölbe aufnehmen, nachdem sie sich gesetzt haben. — Diejenigen Gurtbögen, welche oberhalb Wände zu tragen haben, werden gleichzeitig mit dem Mauerwerk heraufgenommen. Beim Ausrüsten derselben ist eine genaue Beobachtung ihres Verhaltens notwendig, damit erforderlichen Falles „Verankerungen“ angeordnet werden können. Solche Anker sollen vor dem Einwölben in Erwägung gezogen werden, um das spätere Einstemmen in frisches Mauerwerk zu vermeiden. Wird

die Verankerung jedoch nachträglich bewirkt, so muß die Ankerschiene an den Enden Schraubengewinde erhalten, über welche der Splint geschoben und mittels Mutter befestigt werden kann.

Auf die abgeglichenen Kellermauern werden nun die Sockelmauern aufgesetzt. Wenn diese eine Quaderbekleidung erhalten, versetzt man zuerst die Eckquader, hierauf die Kellerfenstereinfassungen und setzt die Zwischenquadern mittels der zahnlosen Säge, Sand und Wasser exakt ein. Nach dem Versetzen einer Quaderschicht wird dieselbe hintermauert und die Hintermauerung mit der Ebene der Schicht abgeglichen. Bevor aber eine zweite Schicht aufgebracht werden kann, ist das obere Lager der ersten mittels der Setzwage genau zu prüfen und muß dasselbe nötigen Falles vom Steinhauer durch Nacharbeiten in eine Horizontale gebracht werden. Die aufeinander folgenden Quaderschichten, sowie die einzelnen Steine einer jeden Schicht sind durch Buchstaben und Zahlen genau zu bezeichnen. Alle Steinhauerarbeit ist frühzeitig zu bestellen und vor Inangriffnahme des Baues zur Baustelle anzuliefern, wenn der Bau ohne Störung fortgeführt werden soll. Dabei wird vorausgesetzt, daß die gelieferten Steine in Bezug auf Güte des Materiales und Abmessung der Stücke den gestellten Anforderungen genügen.

Beim Versetzen der Kellerfenstergewände werden die Gitterstäbe meistens mit in die für sie vorgehauenen Löcher eingesetzt und später vergypst.

Nach dem Versetzen der Sockelmauern werden die Hausteine mit dickem Lehmwasser überstrichen, um das Einfressen von Kalkwasser beim Aufführen der Etagenmauern zu vermeiden; das Sockelgesims aber wird mit Strohlehm bekleidet und mit Brettern zum Schutz gegen herabfallende Steine abgedeckt.

Werden die Gesimse aus Backstein gehauen, so hat der Bauleitende vorher genaue Schablonenzeichnungen anzufertigen und auf guten Verband des Mauerwerkes Rücksicht zu nehmen.

In heißen Sommertagen sind die Mauerziegel gehörig von dem anhaftenden Staube zu reinigen und durch Übergießen feucht zu halten. Bei nassem Wetter dagegen kann nur so lange gemauert werden, als die Mauerziegel nicht „schwimmen". Das Ausgießen der Schichten ist zu vermeiden, damit der Kalk nicht aus den frischen Mörtelfugen ausgewaschen werde und auch die Steine nicht zu viel Wasser anziehen.

Sobald die Mauern des Erdgeschosses mit ihren Öffnungen und massiven Zwischenmauern bis zur sogenannten ersten „Gleiche" aufgeführt sind, wird mit dem Legen der Mauerlatten begonnen. Diese haben den Zweck, den Druck des Gebälkes auf die Pfeiler gleichmäßig zu verteilen; sie werden daher stets nur auf den Pfeilern, nicht auf den Fensterbögen gestoßen. Nachdem die Balkenanker angeschlagen und die mit Holzteer getränkten Balkenköpfe gehörig vermauert sind, kann zu dem Aufführen der nächsten Etage geschritten werden. Kommt als Horizontalteilung ein Gurtgesims aus Quadern zur Anwendung, so wird wieder mit dem Versetzen der Eckstücke begonnen. Alle horizontal zu lagernden Hauptsteine, als Fensterbänke, Gurte, Konsolen u. s. w., sind an ihrer unteren Fläche möglichst eben zu bearbeiten, damit sie auf dem ausgeglichenen Mauerwerk ohne Anwendung von Schieferplättchen versetzt werden können und nicht nur an einzelnen, sondern an allen Stellen aufliegen.

Im ersten Stockwerk wiederholen sich die Arbeiten der vorhergehenden Etage, und wenn das Gebäude nicht mehrere Etagen erhält, wird nach Herrichtung der „Gleiche" mit dem Aufbringen der Dachbalkenlage resp. des Dachstuhles begonnen. Nachdem dann die Schornsteine über Dach geführt, Aussteigethüren, Oberlichter und Dachfenster, kurz alle Konstruktionsteile, welche die Dachfläche durchbrechen oder darin liegen, hergestellt sind, kann an die Eindeckung des Daches gegangen werden. — Diese erfolgt auf Lattung oder Schalung. Bei der Eindeckung des Daches sind auch die Rinnen und Abfallrohre anzubringen.

Im Innern ist nun mit dem Ausstaaken der Balkenfache zu beginnen und Strohlehm darauf zu tragen. Erst später, kurz vor Einbringung der Fußböden, ist der Rest mit trockenem Lehm, Coaksasche oder Schlacken auszufüllen. Nachdem auch die Kellergewölbe und die Läufe und Podeste der gewölbten Treppen einschließlich der Stufenaufmauerungen hergestellt worden sind, kann die polizeiliche „Abnahme des Rohbaues" angemeldet und bewirkt werden. Von diesem Zeitpunkt bis zur Inangriffnahme des inneren Putzes ist mindestens eine Frist von solcher Dauer innezuhalten, daß das Mauerwerk vorher genügend austrocknen kann. Inzwischen können jedoch einige Arbeiten vorgenommen werden, nämlich das Ausrüsten der Kellergewölbe, Reinigen der Kellerräume von Schutt, Einbringen des Kellerpflasters, Ziehen der Gasrohre und das Schalen der Decken. Das Versetzen steinerner Treppen soll nach polizeilicher Vorschrift schon vor der Rohbauabnahme geschehen.

Putzarbeiten. Sobald die für Austrocknung des Mauerwerkes vorgeschriebene gesetzliche Frist verstrichen ist, kann mit Anfertigung der Putzarbeiten begonnen werden, und zwar zunächst in den oberen Etagen, in welchen freiere Lage und geringere Wandstärke das Austreten der Feuchtigkeit leichter ermöglichen. Kellermauern und Gewölbe bleiben daher bis zuletzt zurück, weil sie nach Aufbringen des Putzes nur sehr schwer austrocknen können.

Die innere Putzarbeit beginnt mit dem Deckenputz auf Schalung. Zu letzterer sollen nur schmale (oder aufgespaltene), schwache, trockene Bretter verwendet werden. Die Methode der Herstellung ist im II. Bande beschrieben.

Der Deckenputz und der obere Teil des Wandputzes wird von Bockgerüsten aus hergestellt; auch die Decken- und Wandgesimse, Hohlkehlen (Bouten) sind von diesem Gerüst aus in Angriff zu nehmen. — Übrigens werden die Wand- und Deckenflächen, welche eine elegante Farbenbehandlung erhalten sollen, mittels eines mit Filz bezogenen Reibebrettes geglättet („gefilzt"). Die Wandflächen, welche tapeziert werden sollen, sind dagegen des besseren Haftens wegen nur mit dem gewöhnlichen Reibebrett abzureiben. Alle Pfeilerkanten, welche dem Abstoßen ausgesetzt sind, werden mit dem Putzhobel abgerundet oder abgefast.

Auf die Putzarbeit im Innern folgt das Anbringen der Stuckarbeiten, das Belegen der massiven Fußböden mit Sandstein- oder Schieferplatten, mit Backsteinen oder geformten Thonfliesen und das Aufbringen der Asphaltestriche. In den Küchen sind die Herde und in den Wohnräumen die Öfen zu setzen. Auch die Steigerohre der Wasserleitung und die Abfallrohre der Klosetts, Küchen und Badeeinrichtungen müssen in die dazu bestimmten, ausgesparten Schlitze eingebracht und dieselben mit den schon bei Eindeckung des Daches vorgesehenen, über Dach ausmündenden Dunstrohren von Blech sorgfältig verbunden werden. Das Legen der Thonrohrleitung muß jedenfalls rechtzeitig — das heißt schon vor dem Legen des Kellerpflasters — vom Rohrleger bewirkt werden. Nach Fertigstellung des Innenputzes sind auch die Fensterrahmen in den Etagen einzusetzen, zu verputzen und vorher vom Maler zu grundieren; auch können die Deckenmalereien nunmehr in Angriff genommen werden, wenn inzwischen der Deckenstuck und Putz hinreichend trocken geworden sein sollte.

Nunmehr müssen die Fassaden berüstet und geputzt werden, wozu man sich einer sogenannten Stangenrüstung bedient (Zeichnung einer solchen ist dargestellt in Scholtz, Fachschule des Maurers, Tafel 7). Sind größere Steinhauerarbeiten an den Fassaden vorhanden, so findet stets eine vom Zimmermann hergestellte verbundene Rüstung, die schon beim Aufführen der Geschoßmauern gestellt wird, Verwendung. Von diesem Gerüst aus sind die Nacharbeiten des Steinhauers vorzunehmen und die Fugen sauber zu verkitten.

Inzwischen beginnt der Zimmermann mit dem Legen der Fußbodenlager im Erdgeschoß. Wo Friesteilungen vorkommen, sind häufig zu deren Unterstützung zwischen den Balken schwache Riegel einzuspannen, auf welche der Fries gelegt wird. Wo Parkett- oder Stabfußböden gelegt werden sollen, da kommt der Blindboden entweder in Falze zwischen die Balken zu liegen oder wird über die Balkenebene fortgestreckt. Werden außer den Parketts auch gewöhnliche Dielungen angebracht, so legt man den Blindboden in die Balkenfalze, um alle Fußbodenflächen in eine Höhe zu bringen.

Weitere Arbeiten des Zimmermannes bestehen im Aufstellen der Holztreppen und Verschalen ihrer Unterseite, ferner in Legen des Bretterbelages auf dem Dachboden (Speicher) und im Aufstellen der Verschläge für die Boden- und Kellerräume.

Sobald die einfachen Fensterrahmen und die Futter der Doppelfenster und Balkonthüren mit Steinschrauben oder Bankeisen befestigt und von innen und außen gehörig verputzt, auch grundiert worden sind, kann an das Einhängen der inzwischen verglasten und verkitteten Fensterflügel gedacht werden.

Dieser Arbeit folgt — vorausgesetzt, daß es die Trockenheit der Wände erlaubt — das Legen der Fußböden. Bei Friesfußböden können direkt nach dem wagrechten Verlegen der Wandfriese die Thüren und Panneaux angeschlagen werden, deren Befestigung gegen eingemauerte und bei den Lambris gegen eingegypste Klötze geschieht. Das Legen der verleimten Tafeln erfolgt erst dann, wenn das Zuputzen aller, durch das Anschlagen der Tischlerarbeit beschädigten, Teile des Wandputzes geschehen ist.

Nach dem Einsetzen der Thüren, Anbringen der Täfelungen, Bekleiden von Unterzügen, Einfügen der Wandspinde u. s. w. ist in der Regel der Tischler (Schreiner) fertig. Bei seiner Arbeit kommt es vornehmlich auf reines, trockenes und gesundes Material an, auf genaues Aneinanderpassen der Profile, auf tiefe Nuten, damit bei gestemmter Arbeit das Quellen der Füllungen ungehindert vor sich gehen kann. — Gleichzeitig mit den Arbeiten des Tischlers sind auch die Abtrittsitze und die Badewannen nebst Badeöfen zu stellen und die Zapfhähne der Wasserleitung u. s. w. anzubringen; die Verbindung der Küchenausgüsse mit den Abfallrohren ist nach Vorschrift (vergl. Abschnitt II, § 8) zu bewirken. Der Anschluß an die öffentliche Wasserleitung wird durch Setzen des „Wassermessers" gewonnen.

Zu den letzten Bauarbeiten gehört das Putzen der Öfen, das Anbringen der Telegraphenleitungen, das Tapezieren der Wände auf einen Untergrund von ungeleimtem Papier, das Grundieren, Streichen und Lackieren der Thüren und Fenster, das Ölen der Eichenholzarbeiten, resp. das Wachsen und Bohnen desselben, das Malen der Holzarbeiten und das Anbringen der Gasbeleuchtungsgegenstände.[1])

1) Daß die Decken- und Wandausläße der Gasrohrleitungen vor dem Anbringen der Hängearme, Kronen und Wandarme mit Pfropfen verschlossen werden müssen, ist in Abschnitt II dieses Bandes erörtert worden.

Zu den Anstricharbeiten ist noch nachzuholen: daß bei lackierten Arbeiten die Holzfläche nach dem Grundieren mit Bimsstein und Wasser glatt geschliffen werden muß, worauf ein zwei- bis dreimaliger Anstrich und darüber erst der Lacküberzug aufgetragen wird.

Die zu tapezierenden Wände werden zunächst geleimt. Dann wird die Makulatur mit Kleister aufgeklebt und nach dem Trocknen derselben werden die gröbsten Erhöhungen der Putzkörner mit Bimsstein abgeschliffen, auch Bandstreifen mit Nägeln dicht unter dem Deckengesims befestigt, um die Ränder der Tapeten, die sich von frischem Putz gern ablösen, fest anhaftend zu machen. Ganz zuletzt werden die eigentlichen Tapeten aufgebracht, welche als Uni-fond-Tapeten und gemusterte Tapeten unterschieden werden. Letztere können Glanz- oder Golddrucktapeten, gepreßte oder Leder-, Marmor-, Holz- und Velourtapeten sein. Die Wände erhalten dabei Felderteilungen durch Uni-fond, Bordüren und polierte, gewachste oder vergoldete Holzleisten mit zugehörigen Eckstücken. In gleicher Weise werde Lambris von diversen natürlichen oder imitierten Holzarten und aufgesetzten Stäben hergestellt, während für Badezimmer zuweilen präparierte, unverwesliche Tapeten (meist eine Imitation der holländischen Kachelbekleidungen) zur Anwendung kommen.

Die Berechnung der Kosten für das Tapezieren geschieht nach der Stückzahl der Tapeten. Ein Stück Tapete hat gewöhnlich 0,47 m Breite und 8,16 m Länge, also 3,84 qm Inhalt, so daß es in gewöhnlichen Zimmern meistens zu zwei Bahnen ausreicht. Auch die Bordüren werden nach Stücken von 8,16 m Länge bezogen.

Anm. Während des Tapezierens müssen die Fenster geschlossen gehalten werden, weil durch zu rasches Abtrocknen des Kleisters die Tapeten gern abspringen.

Zur Fertigstellung des Baues gehört endlich auch das Legen des Trottoirs, das Pflastern der Zugänge und die Einfriedigung des Hofes und Gartens, falls ein solcher vorhanden ist.

Bei allen von den Unternehmern gelieferten Materialien wird der Aufsichtsbeamte gut thun, sich die Überzeugung zu verschaffen, daß sie nach Probe geliefert, eventuell den Bestimmungen des Vertrages gemäß zusammengestellt wurden. Im übrigen werden die Anordnungen so zu treffen sein, daß die Bauarbeiten in zweckmäßiger Reihenfolge und ohne Unterbrechung fortgeführt werden können.

Leipzig.
Druck von A. Th. Engelhardt.

Tafeln

zu

Breymann, Baukonstruktionslehre.

Band IV:

Verschiedene Konstruktionen,

insbesondere:

Heizungs-, Lüftungs-, Wasserversorgungs- u. Beleuchtungs-Anlagen. Haustelegraphen u. Telephone. Grundbau.

Mit einem Anhang: **Die Bauführung.**

Vierte gänzlich neubearbeitete Auflage

von

A. Scholtz,

vorm. Dozent für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Königl. Technischen Hochschule in Berlin.

Leipzig,

J. M. Gebhardt's Verlag.

1900.

Verzeichnis der Tafeln

mit Angabe der zugehörigen Textseiten.

	Seite
Tafel Nr. 1	8
„ „ 2	10
„ „ 3	14, 15
„ „ 4	15
„ „ 4a	25
„ „ 5	50, 55
„ „ 6	50, 52
„ „ 7	50, 51
„ „ 8	56
„ „ 9	64, 65
„ „ 10	75, 76
„ „ 11	71, 75, 76, 77
„ „ 12	76
„ „ 13	75, 79
„ „ 14	79
„ „ 15	77, 80
„ „ 16	77
„ „ 17	76
„ „ 18	81
„ „ 19	82
„ „ 20	94, 100, 107, 108
„ „ 21	104, 107, 108, 109, 113
„ „ 22	104, 107, 108, 109, 113
„ „ 23	104, 107, 108, 109, 113
„ „ 24	104, 107, 108, 109, 113, 114
„ „ 25	101, 104, 107, 108, 110, 112, 241
„ „ 26	102, 104, 108, 121, 230
„ „ 27	102, 104, 121, 230
„ „ 28	102, 104, 110, 121, 205, 230
„ „ 29	102
„ „ 30	102
„ „ 31	122, 123, 124, 247
„ „ 32	122, 123, 124, 247
„ „ 33	133, 134
„ „ 34	134, 151, 172
„ „ 35	133, 134
„ „ 36	137
„ „ 37	138, 142, 153

	Seite
Tafel Nr. 38	144
„ „ 39	149, 150, 230
„ „ 40	150, 186, 230
„ „ 41	144, 159
„ „ 42	174, 175, 187
„ „ 43	174, 175, 176, 187
„ „ 44	174, 175, 187
„ „ 45	174, 175, 187
„ „ 46	174, 175, 187, 207, 232
„ „ 47	172, 175, 203
„ „ 48	181, 210
„ „ 49	210, 244
„ „ 50	209, 232
„ „ 51	215, 232
„ „ 52	240
„ „ 53	240
„ „ 54	240
„ „ 55	240
„ „ 56	241
„ „ 57	262
„ „ 58	264, 265
„ „ 59	273
„ „ 60	277
„ „ 61	281, 282
„ „ 62	283, 286, 287, 289
„ „ 63	282, 283, 298, 299
„ „ 64	322
„ „ 65	323, 324
„ „ 66	327
„ „ 67	330
„ „ 68	337
„ „ 69	355, 356, 357
„ „ 70	356
„ „ 71	458, 459, 460, 461
„ „ 72	465, 466
„ „ 73	484
„ „ 74	485, 486, 487

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Taf. 1

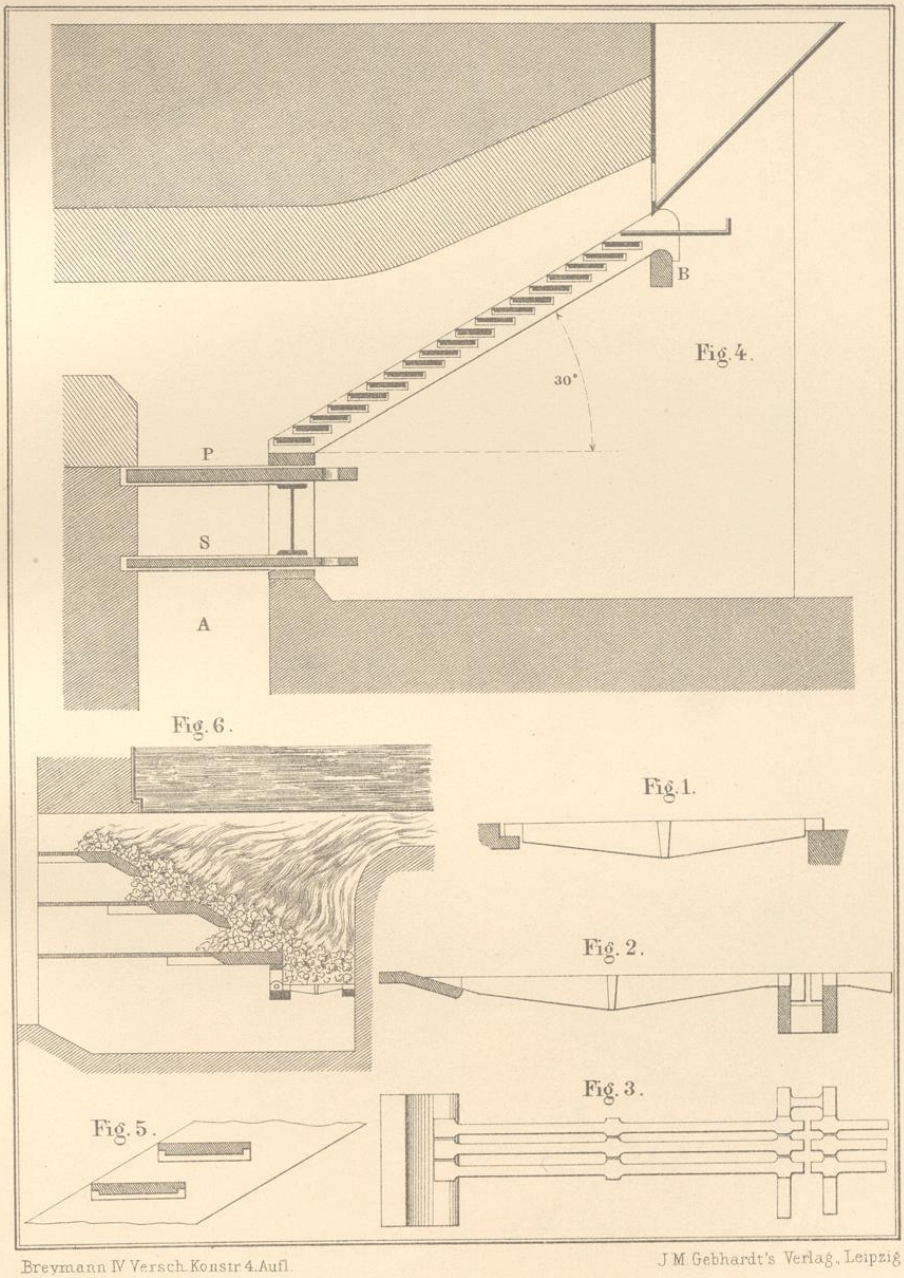


Fig. 4.

Fig. 6.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 5.

Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Taf. 2.

Fig. 1.

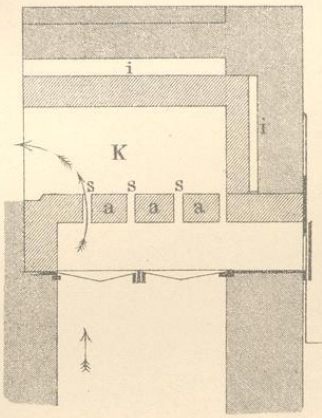


Fig. 2.

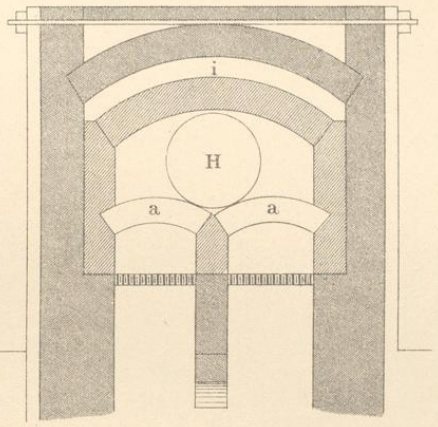


Fig. 3.

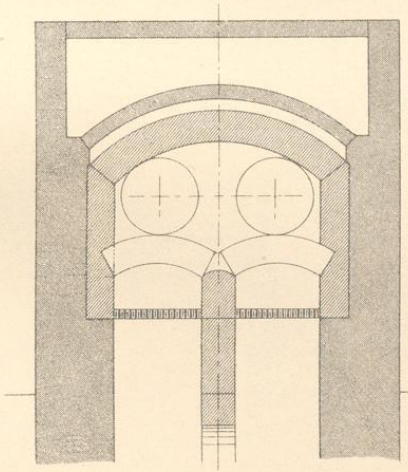
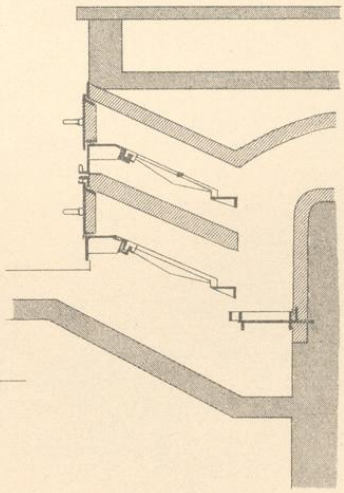
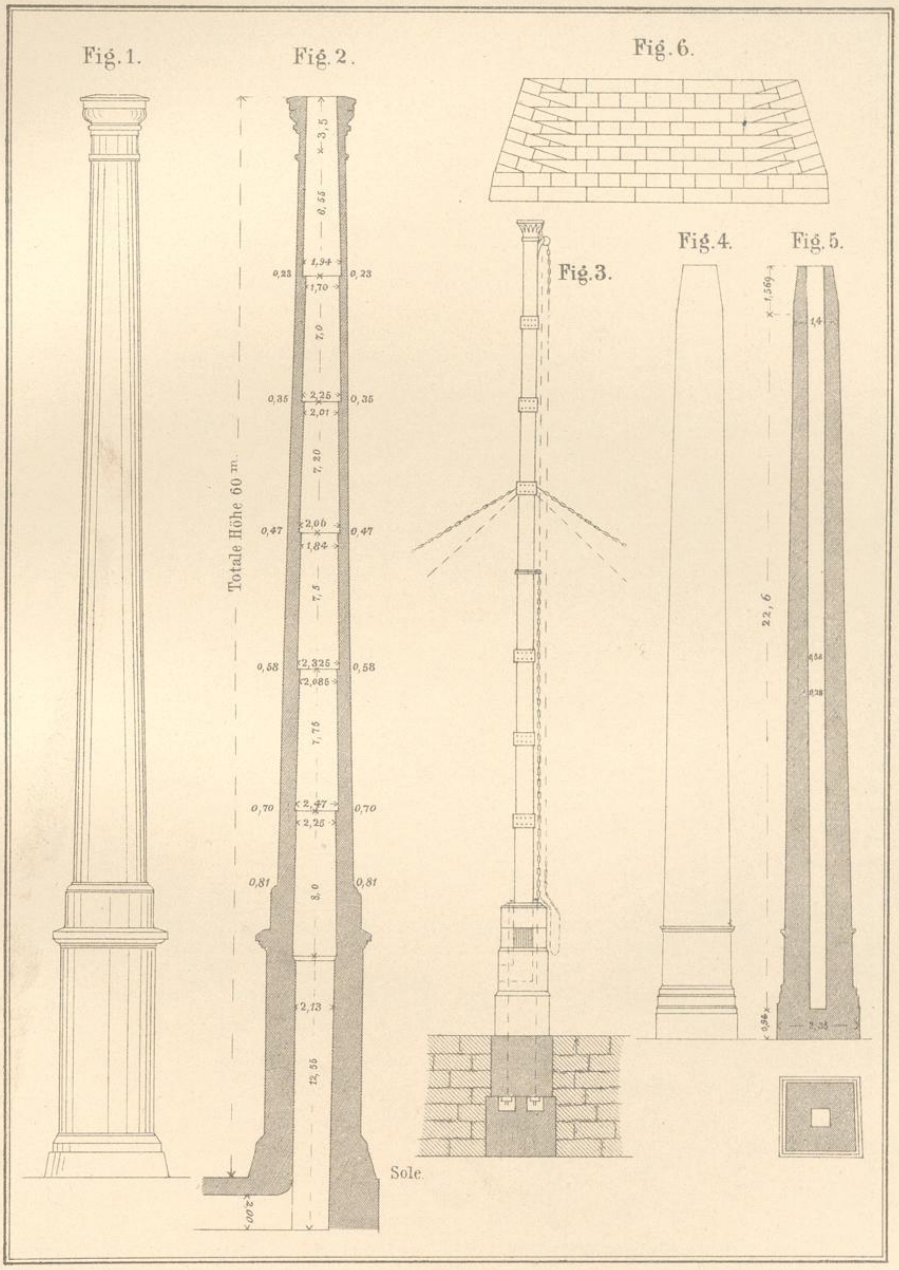


Fig. 4.



Taf. 3.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Taf. 4.

Fig. 1.

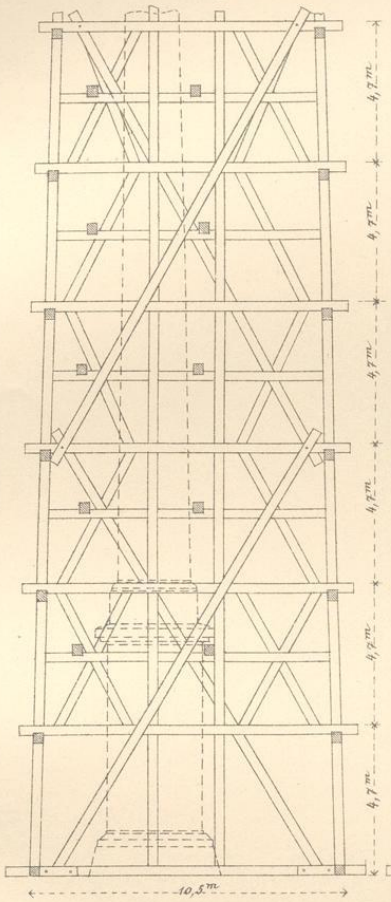
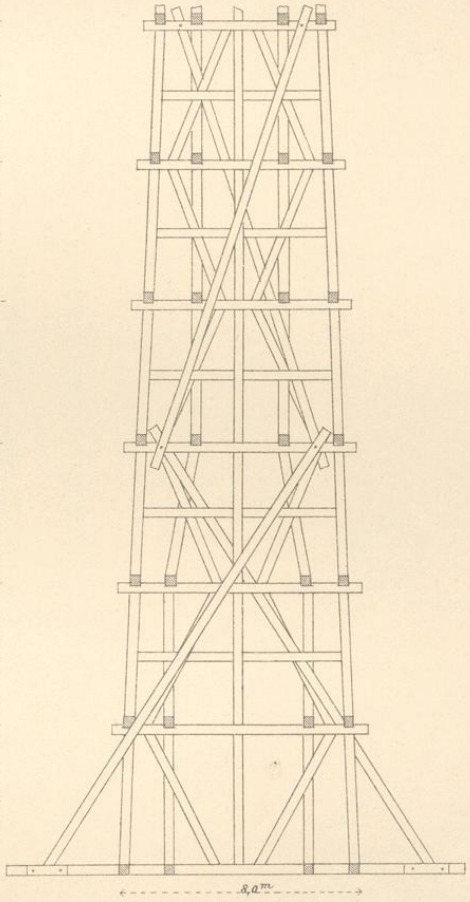


Fig. 2.



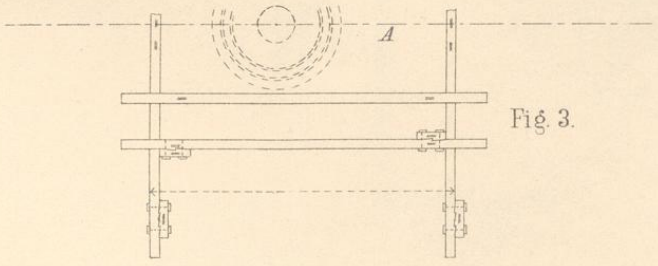


Fig. 3.

Fig. 1.

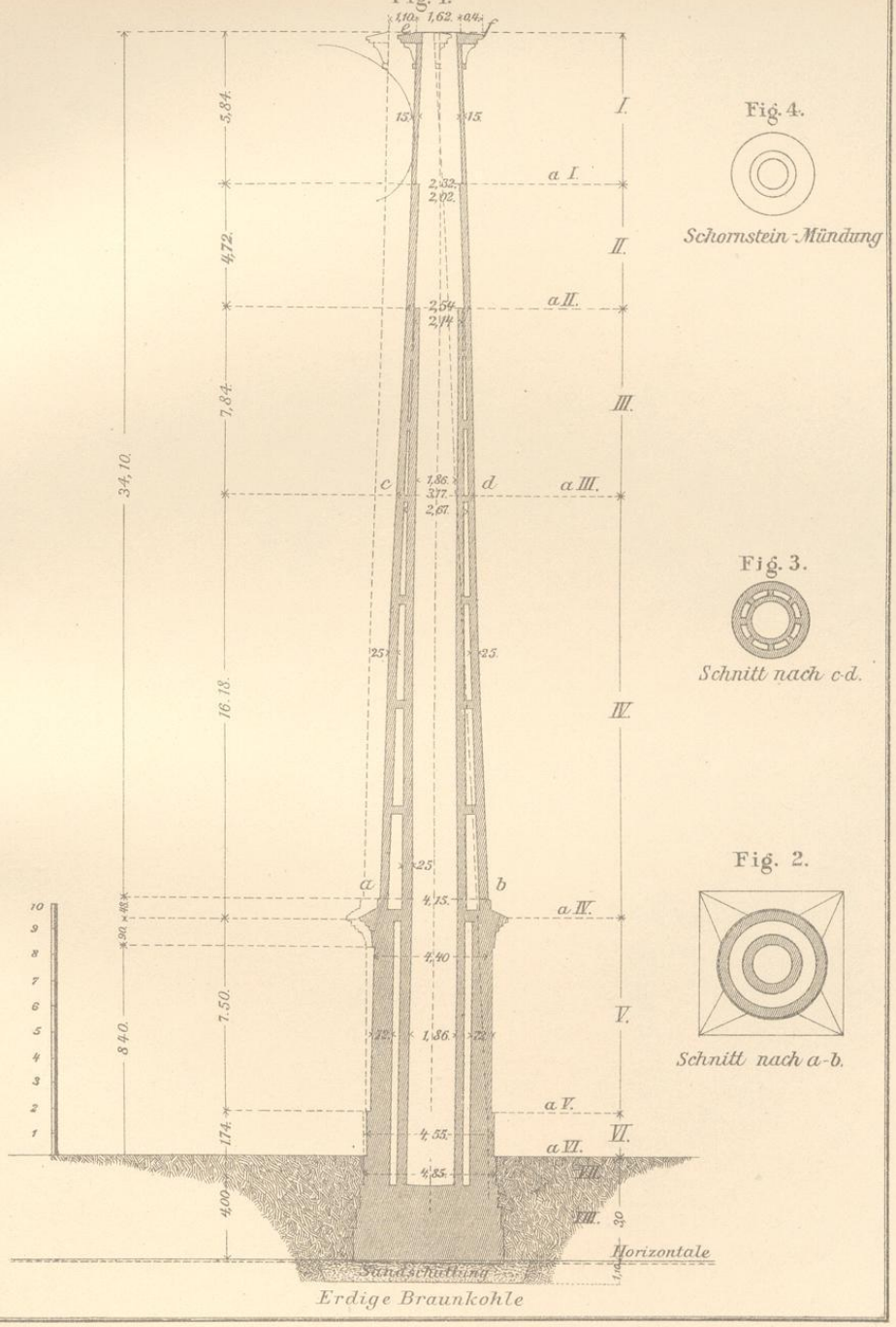


Fig. 4.

Schornstein-Mündung

Fig. 3.

Schnitt nach c-d.

Fig. 2.

Schnitt nach a-b.

Fig. 3.

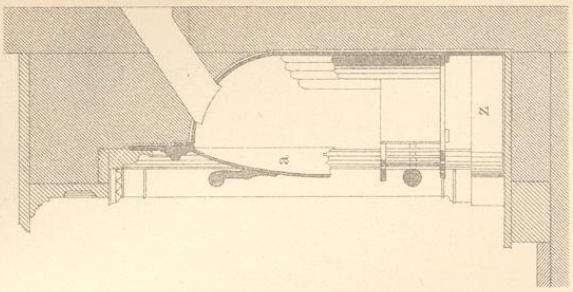


Fig. 6.

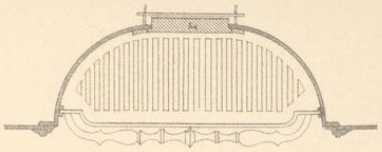


Fig. 4.

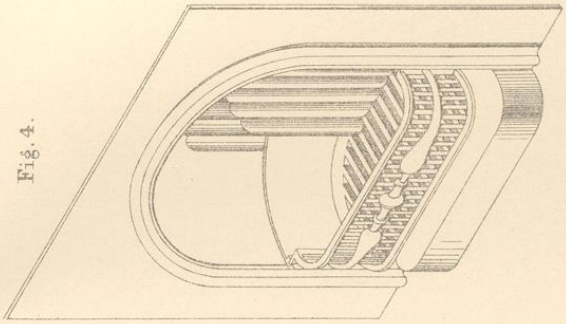


Fig. 5.

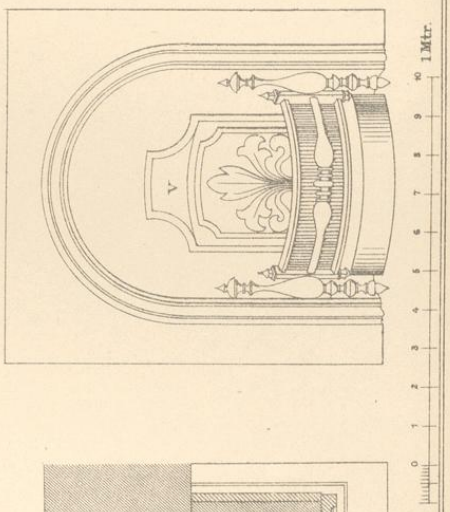


Fig. 1.

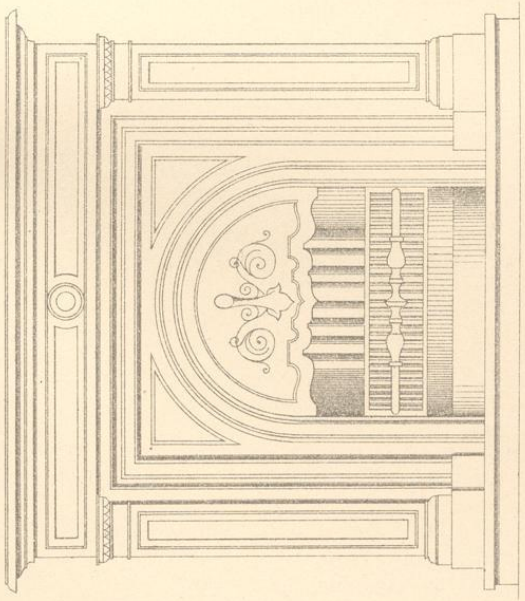
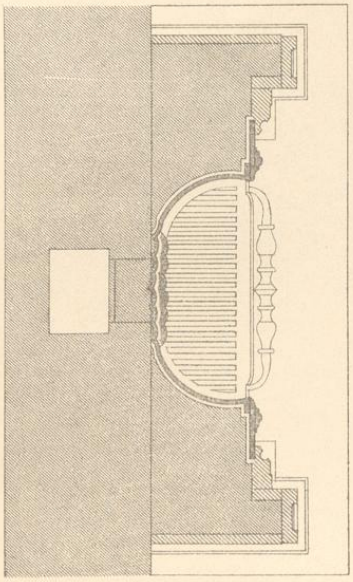


Fig. 2.



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 1.

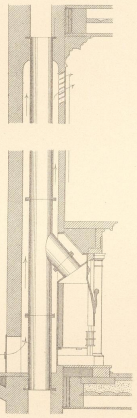


Fig. 2.

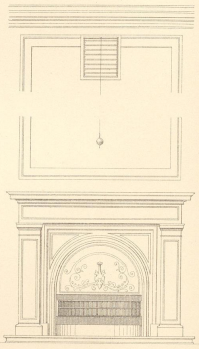


Fig. 5.

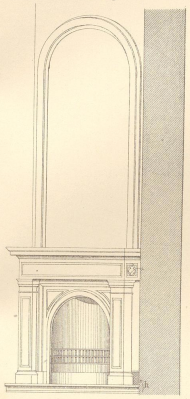


Fig. 6.

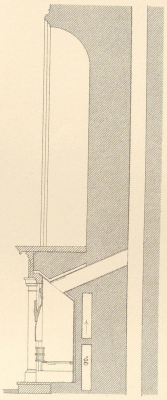


Fig. 3.

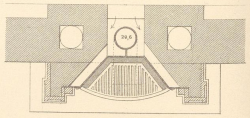


Fig. 4.

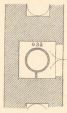


Fig. 7.

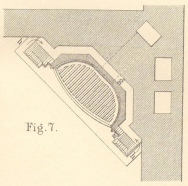


Fig. 8.

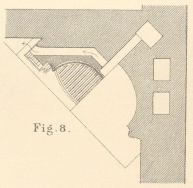


Fig. 5.

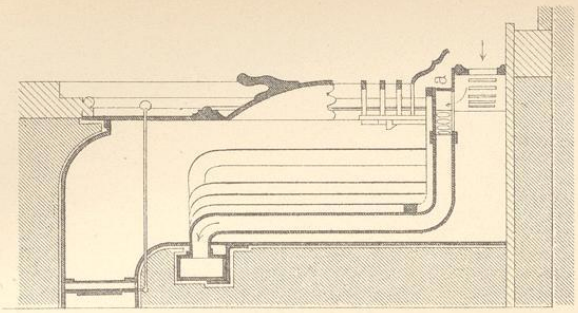


Fig. 4.

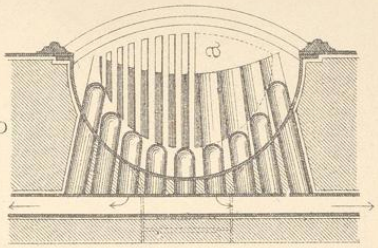


Fig. 3.

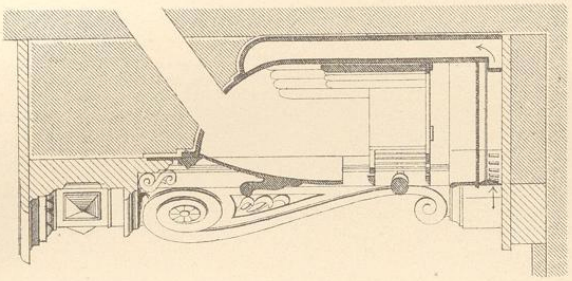


Fig. 6.

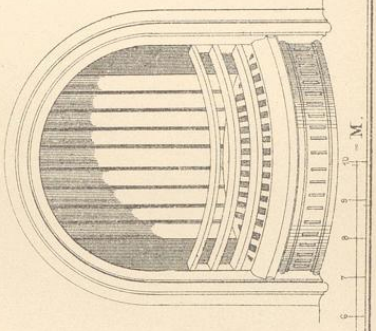


Fig. 2.

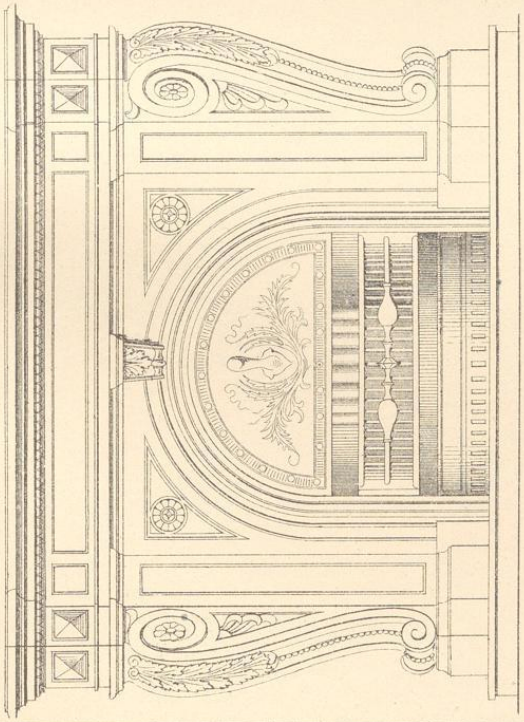
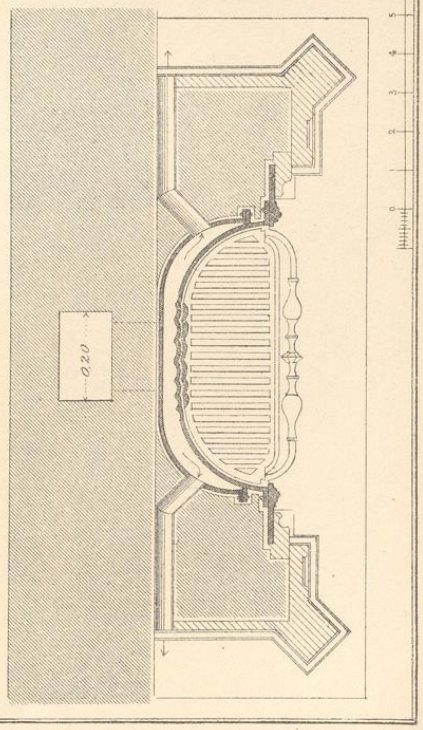


Fig. 1.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Fig. 1.

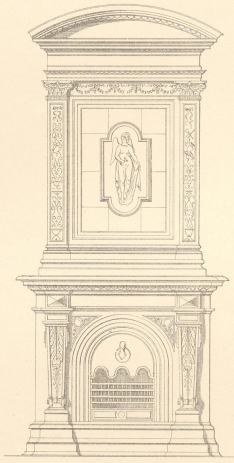


Fig. 2.

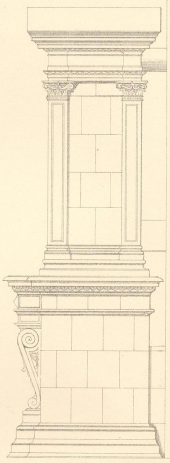


Fig. 3.

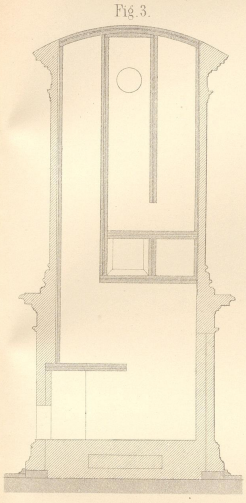


Fig. 4.

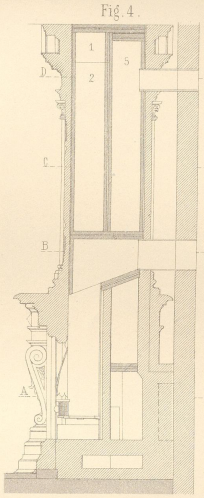


Fig. 5.

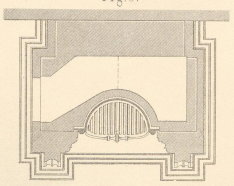


Fig. 6.

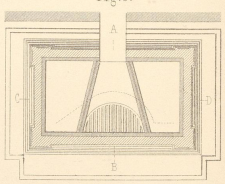


Fig. 7.

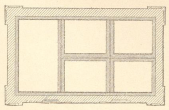
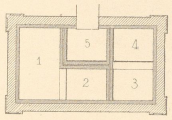


Fig. 8.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Fig. 5

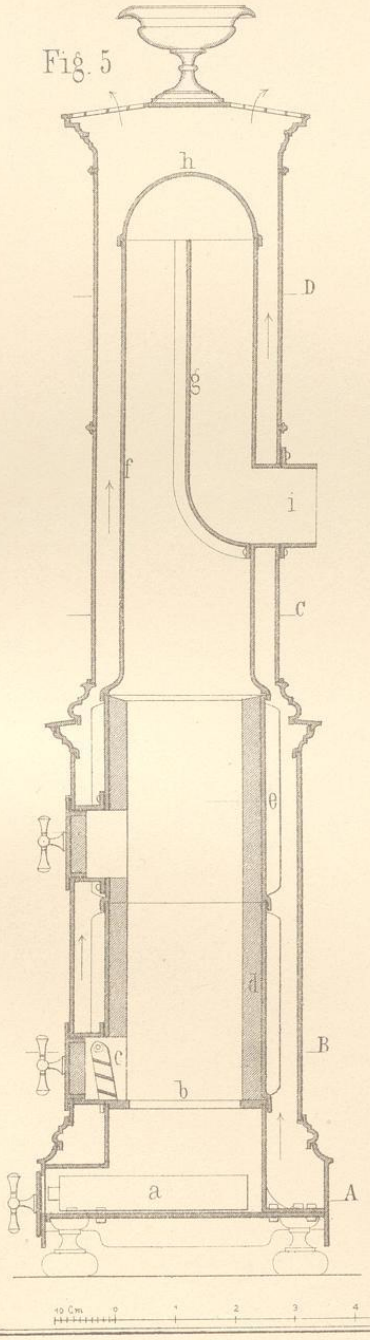


Fig. 4.

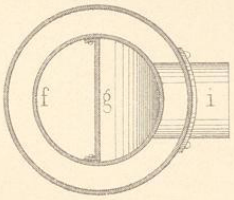


Fig. 3.

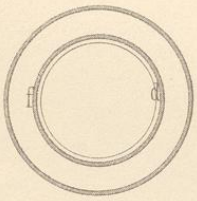


Fig. 2.

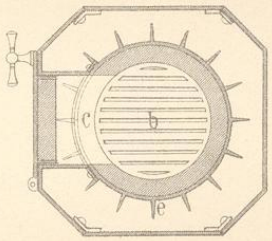
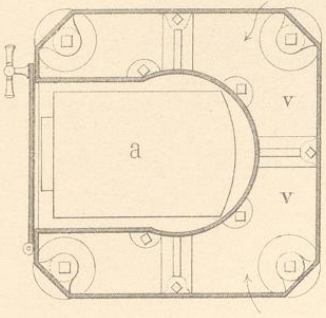
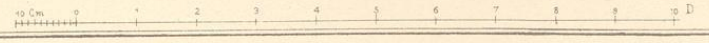


Fig. 1.





Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig 2. Schnitt D. E.

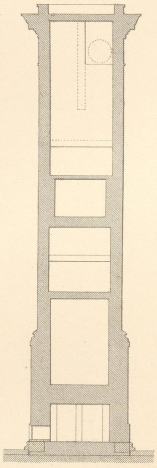


Fig. 3.

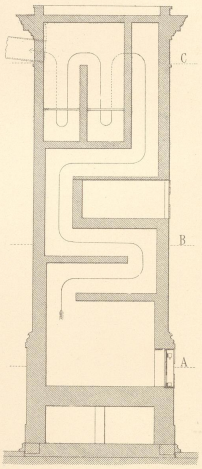


Fig. 1.

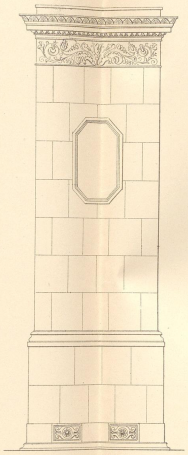


Fig. 4.

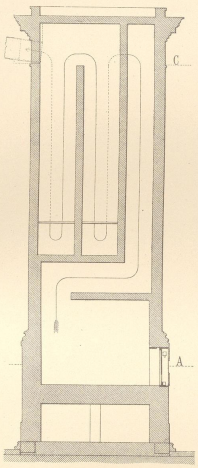


Fig 5. Schnitt F. G.

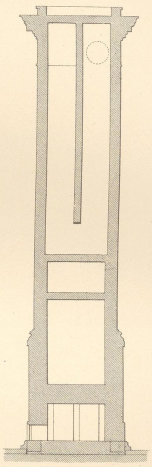


Fig. 6.

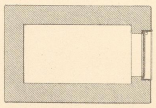
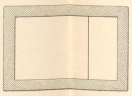


Fig. 7.



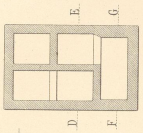


Fig 8.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Fig. 2. Schnitt H.I.

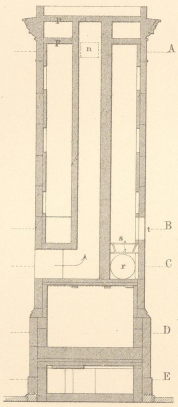


Fig. 1.

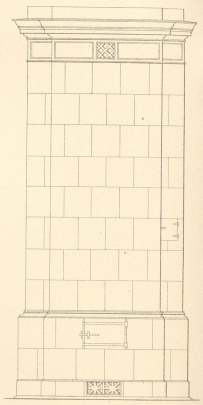


Fig. 3. Schnitt F.G.

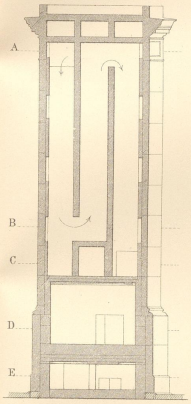


Fig. 8.

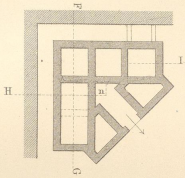


Fig. 7.

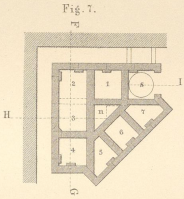


Fig. 4.

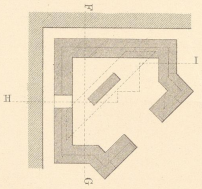


Fig. 5.

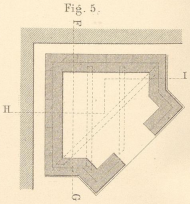


Fig. 6.

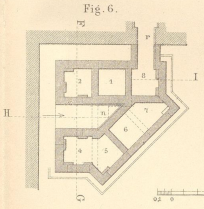
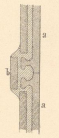
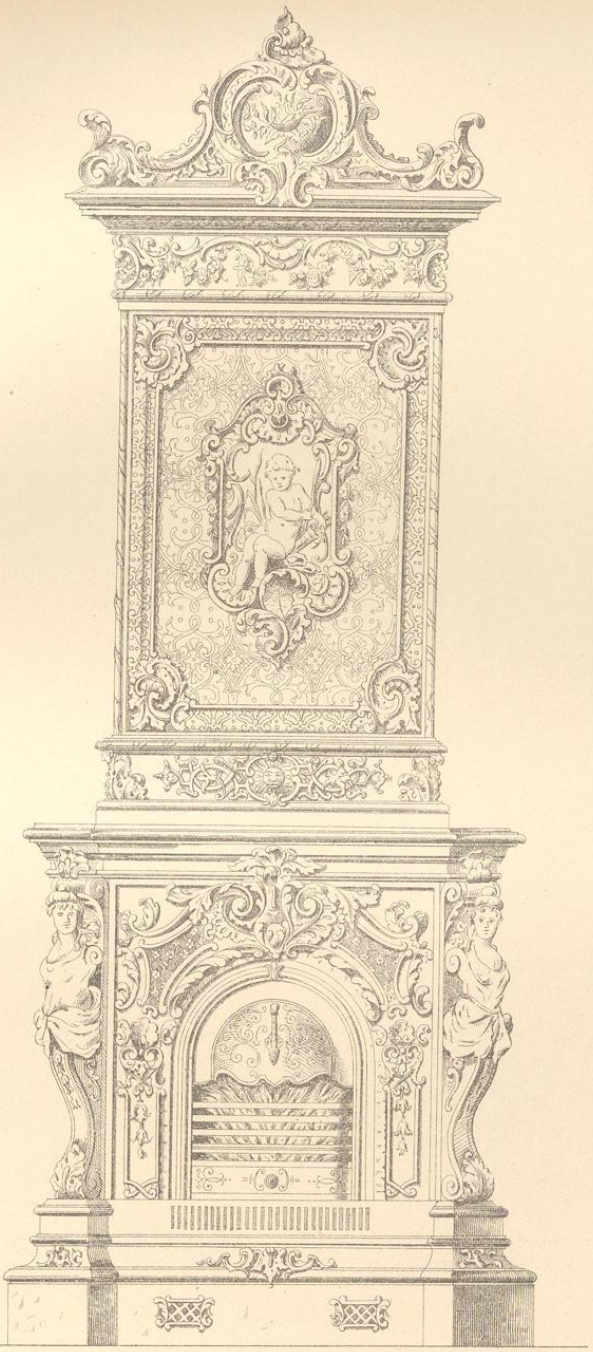


Fig. 9.



Fig. 10.





UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 2.
Schnitt C-D.

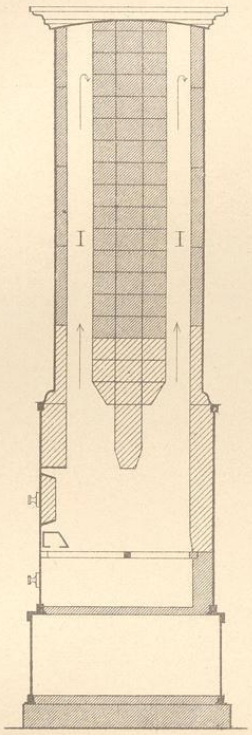


Fig. 3.
Schnitt E-F.

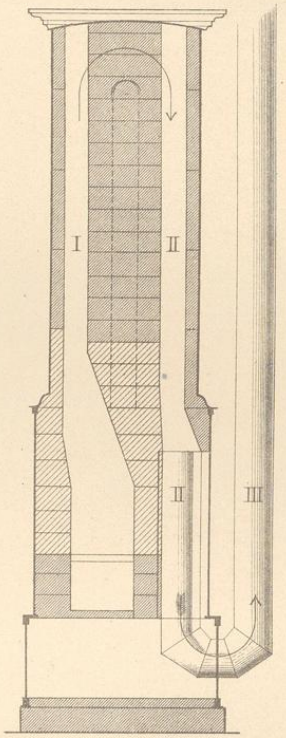


Fig 1.

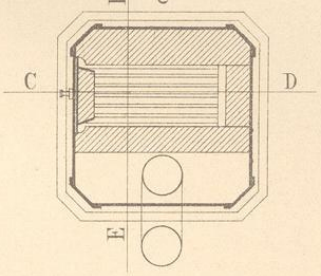
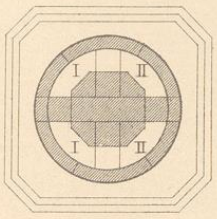
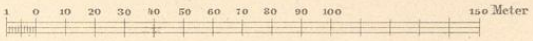


Fig. 4.





Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl. J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Fig. 3.

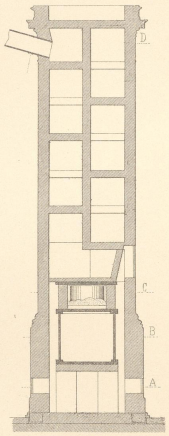


Fig. 1.

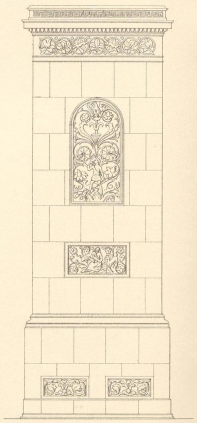


Fig. 2.

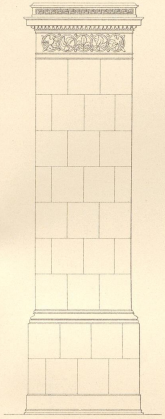


Fig. 4.

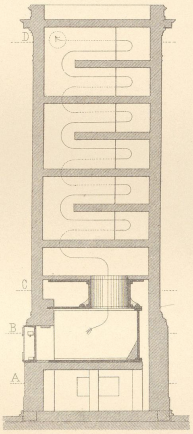


Fig. 5.

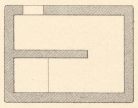


Fig. 6.

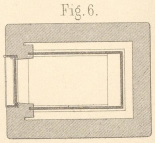


Fig. 7.

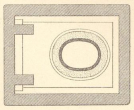
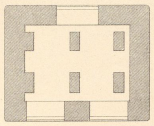


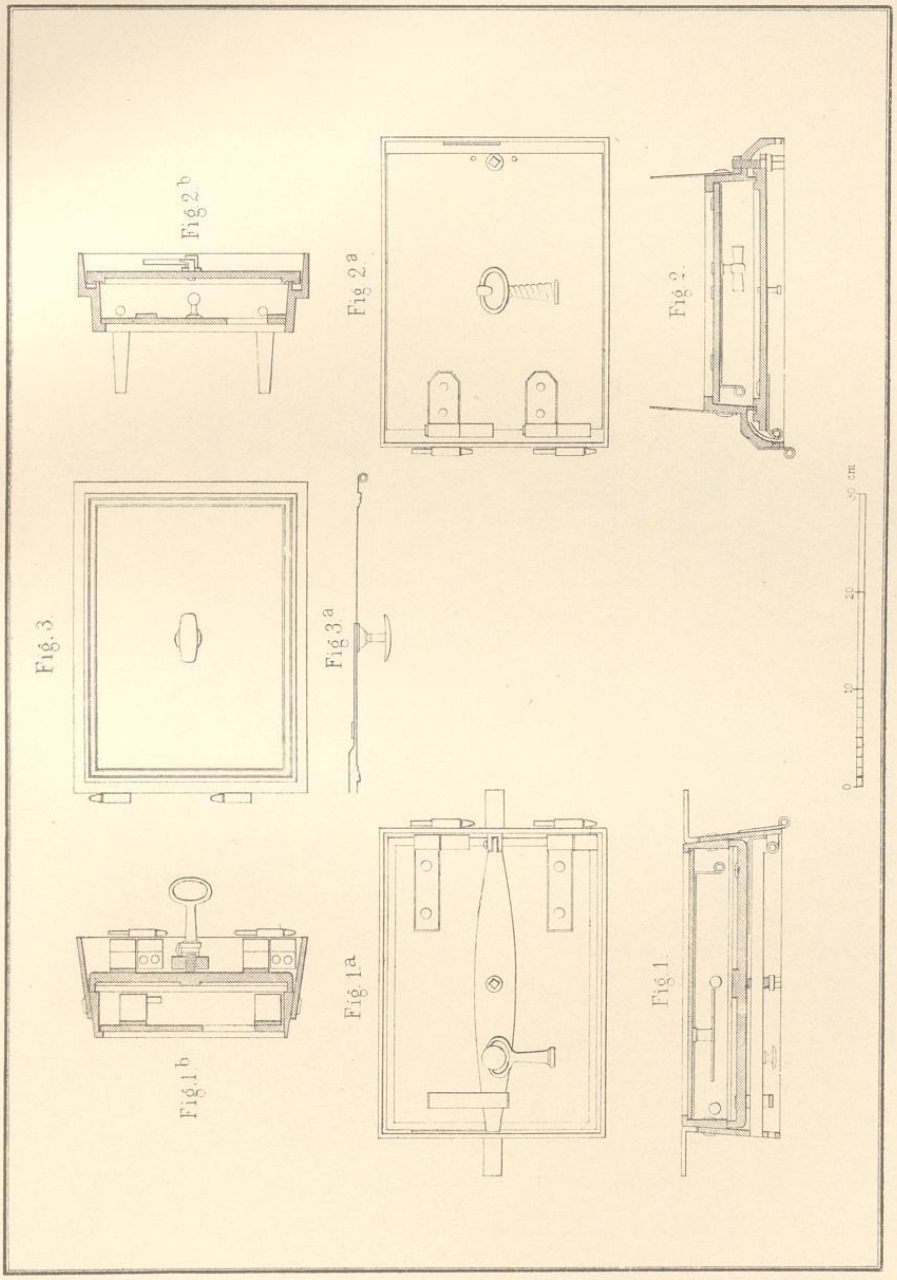
Fig. 8.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Taf. 15.



Taf. 16.

Fig. 2.

Schnitt C.D.

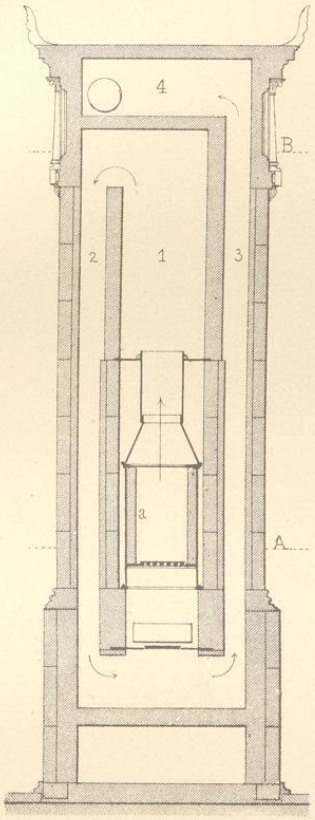


Fig. 3.

Schnitt E.F

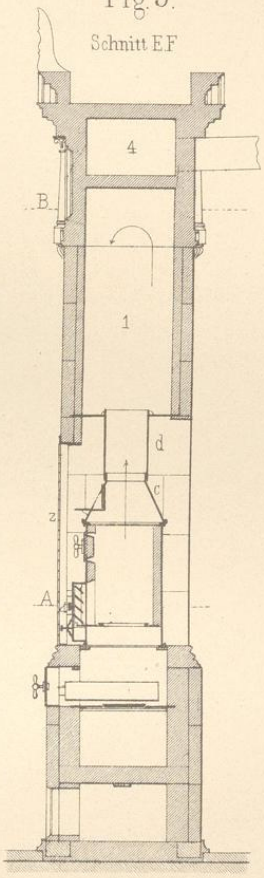


Fig. 1.

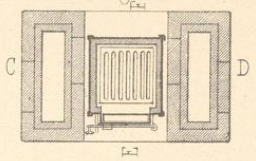
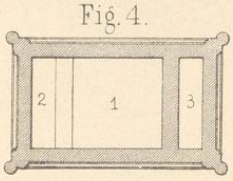
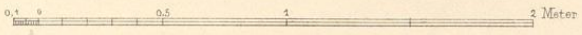


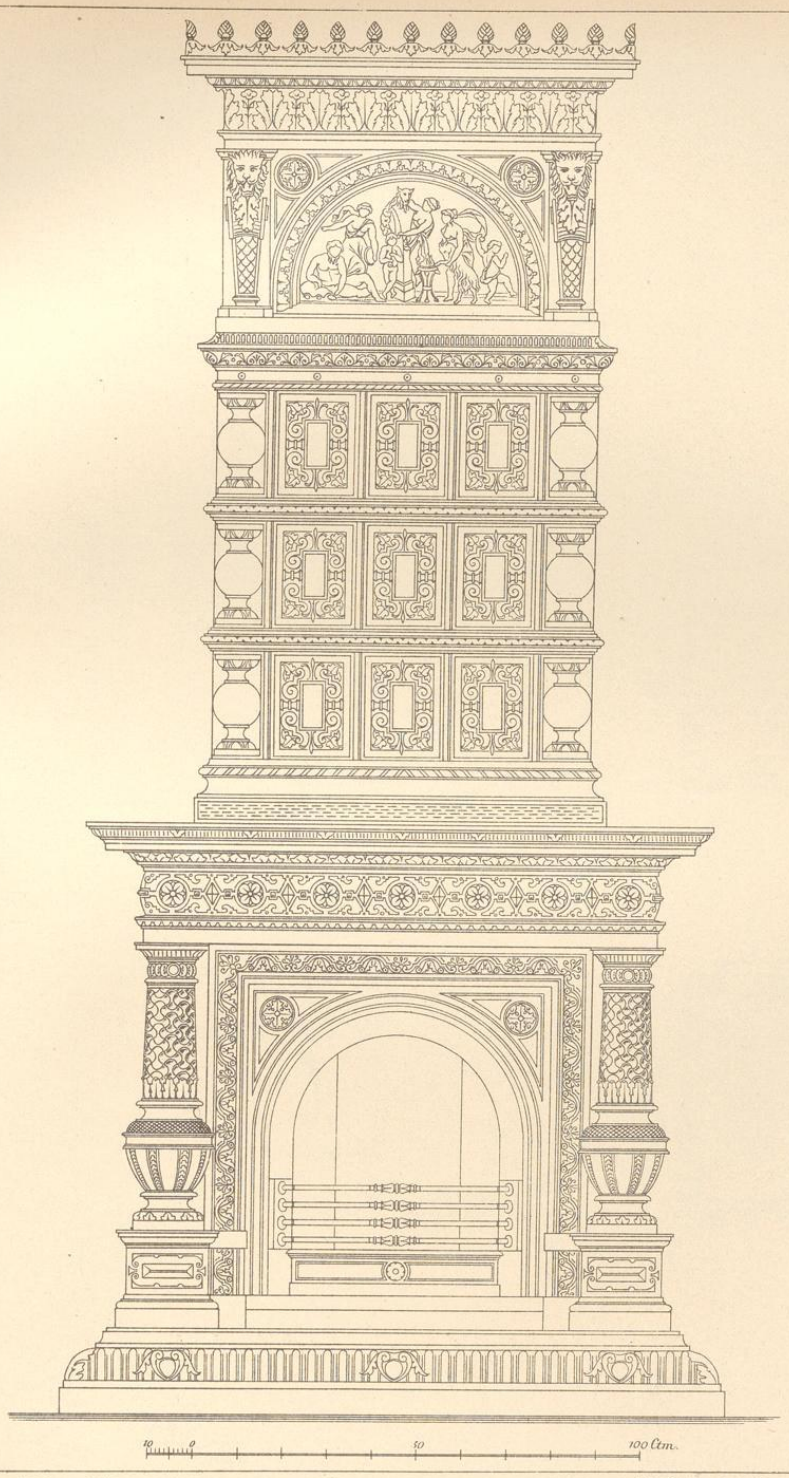
Fig. 4.



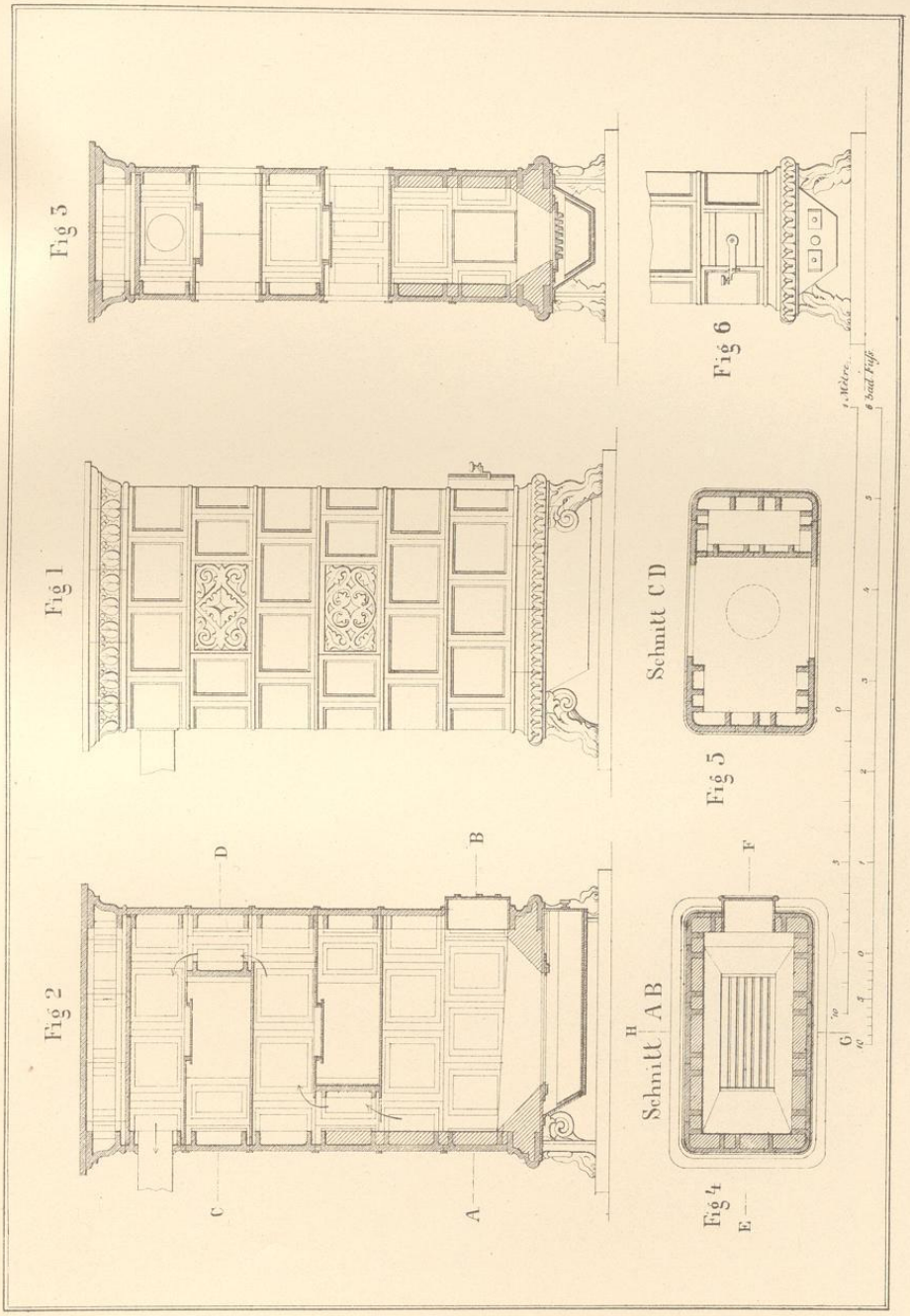


Breymann IV. Versch. Konstr. 4. Aufl. J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN


0
50
100 Ctm.

Taf. 18.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig 1.

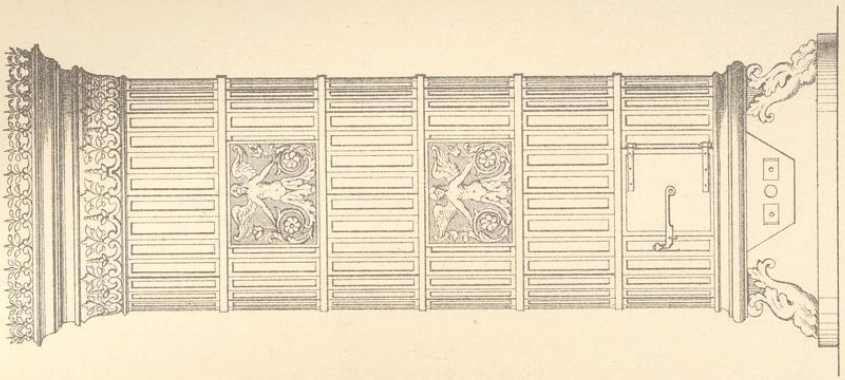


Fig 6.
Schnitt gh.

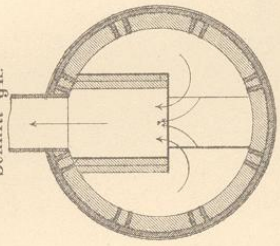


Fig 5.
Schnitt ef.

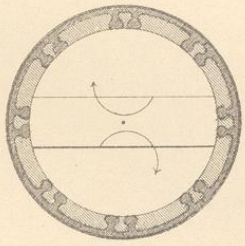


Fig 4.
Schnitt cd.

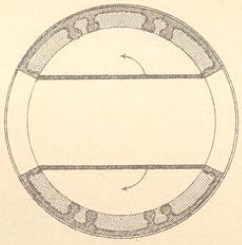


Fig 3.
Schnitt ab.

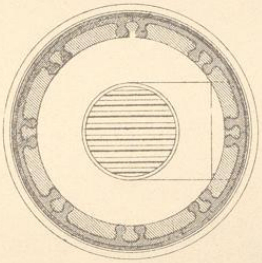
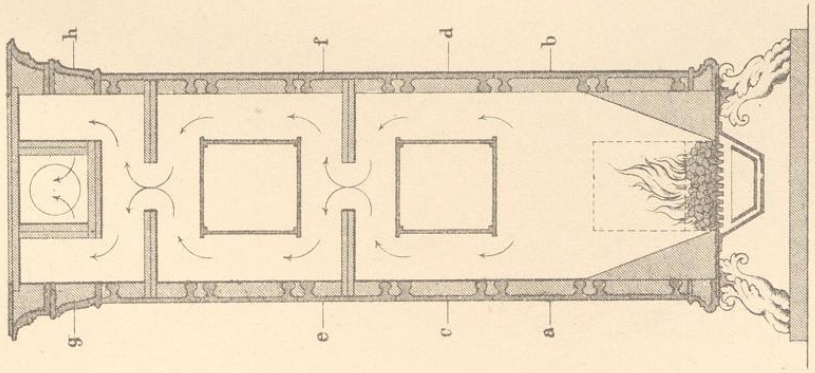


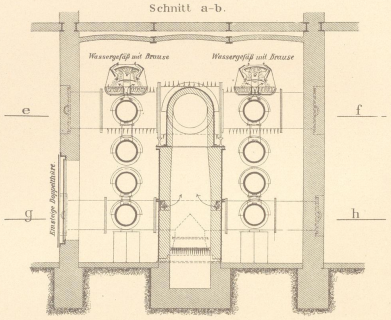
Fig 2.



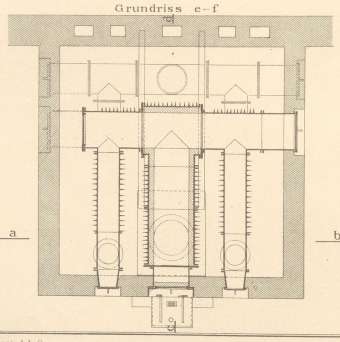


UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

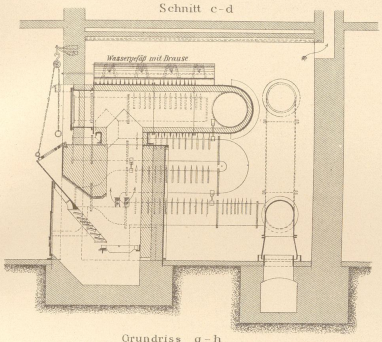
Schnitt a–b.



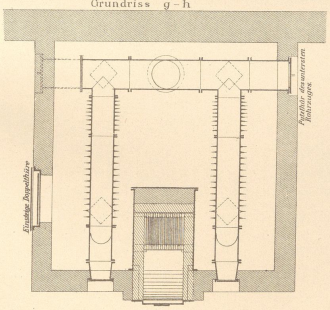
Grundriss e–f



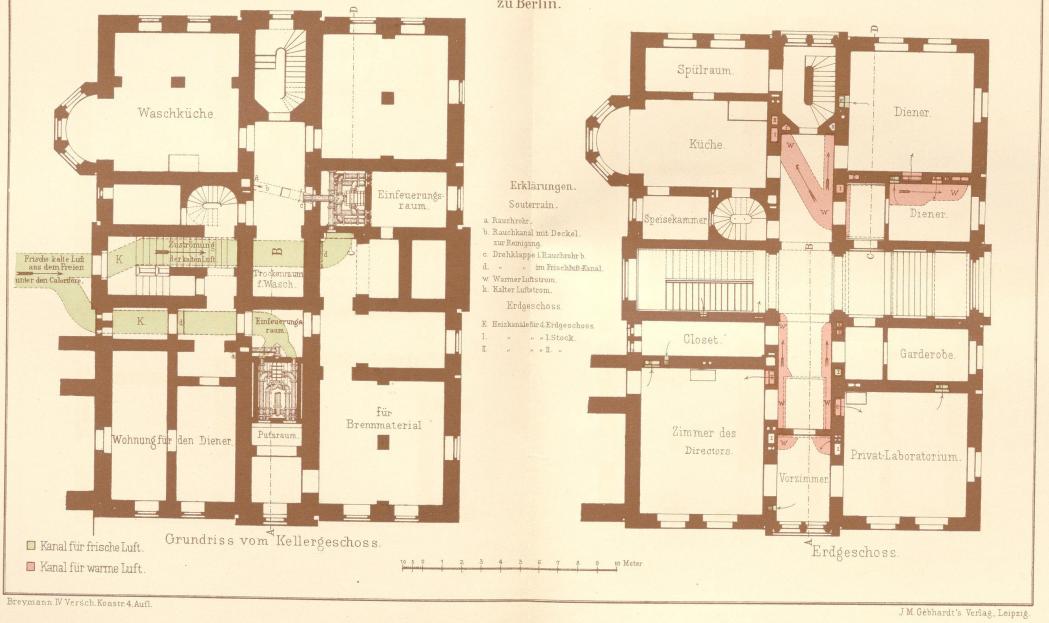
Schnitt c–d



Grundriss g–h



Luftheizungs-Anlagen
im Direkt. Wohngeb. d. Physik. Jnstitutes
zu Berlin.

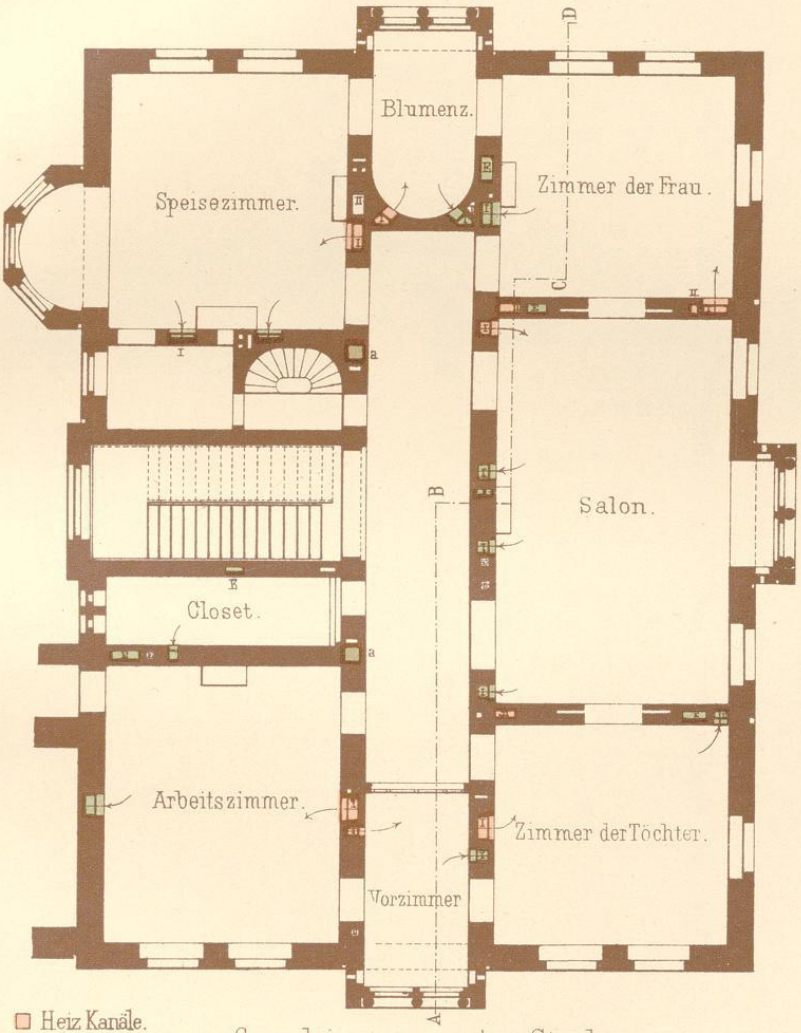


Breymann. IV. Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Taf. 22.

Direktorial-Wohngebäude
des Physikalischen Jnstituts zu Berlin.



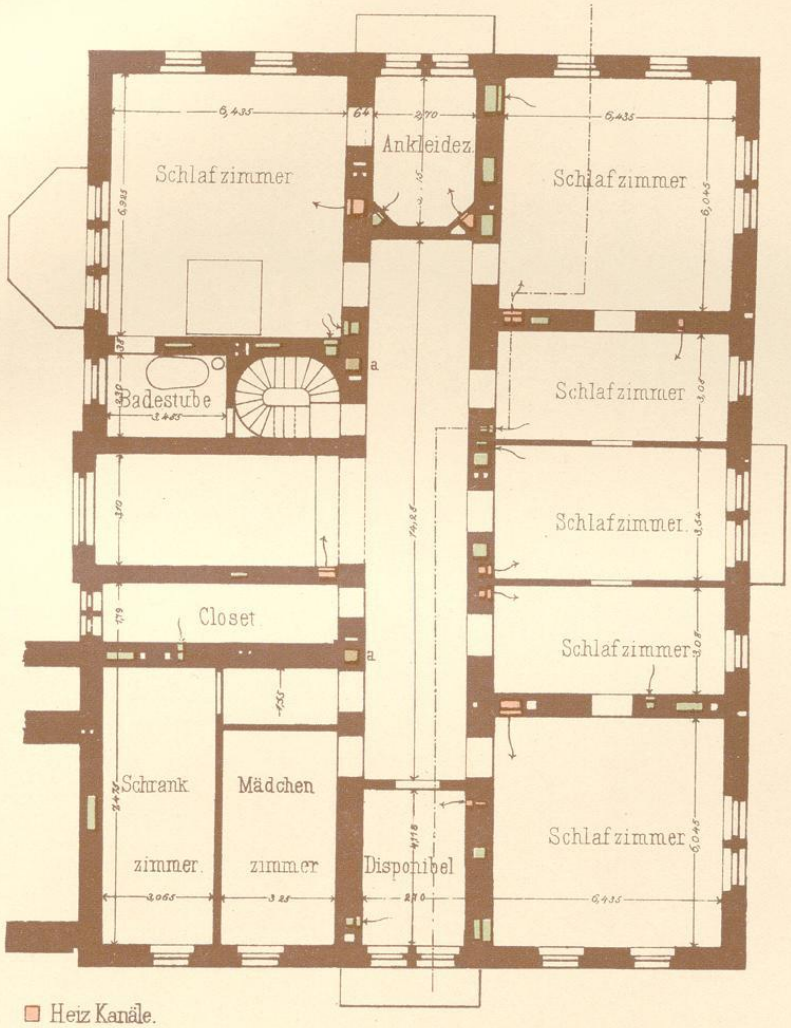
Heiz Kanäle.
Lüftungs-Kanäle.
Rauchrohre

Grundriss vom ersten Stock.

Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Direktorial-Wohngebäude
des Physikalischen Jnstituts zu Berlin.



Heiz Kanäle.
Lüftungs-Kanäle.
Rauchrohre

Grundriss vom zweiten Stock

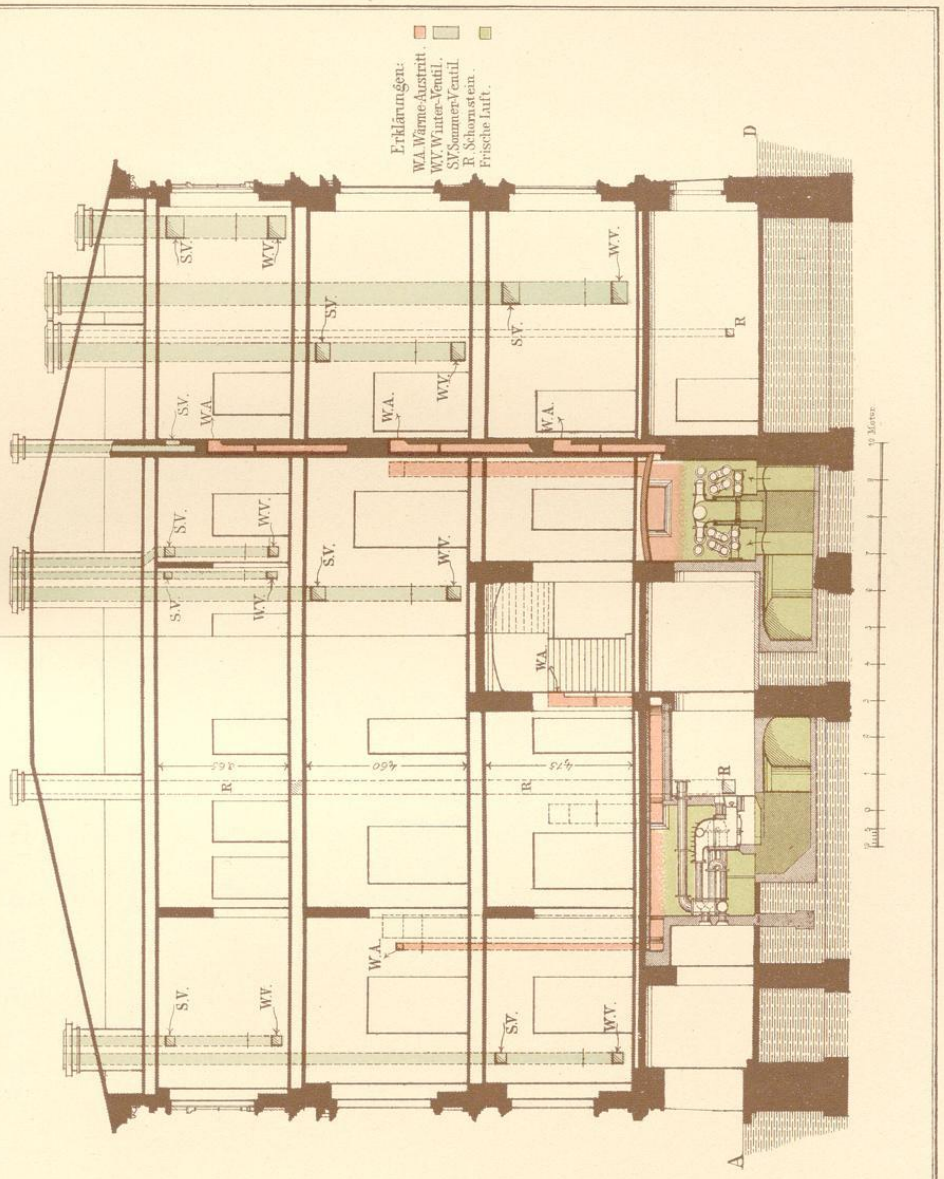
Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Direktorial Wohngebäude des Physikalischen Instituts zu Berlin.

Längenschnitt nach ABCD.

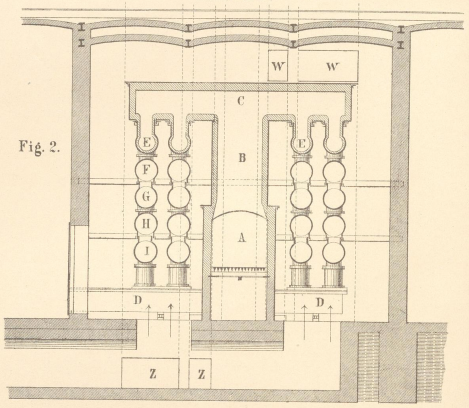


Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Schnitt E F.

Fig. 2.



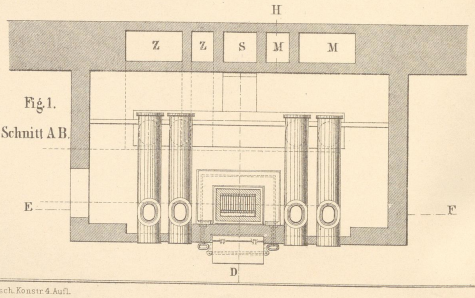
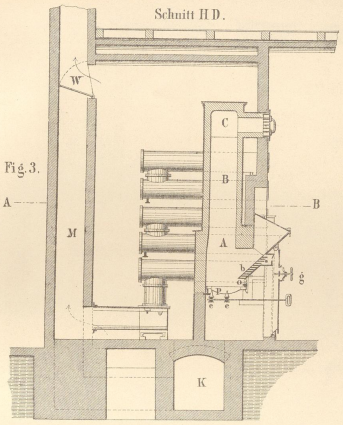


Fig. 1.
Schnitt A B.

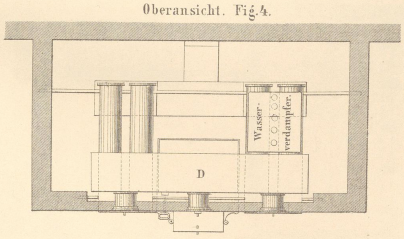
E F D

Schnitt H D.

Fig. 3.



Oberansicht. Fig. 4.

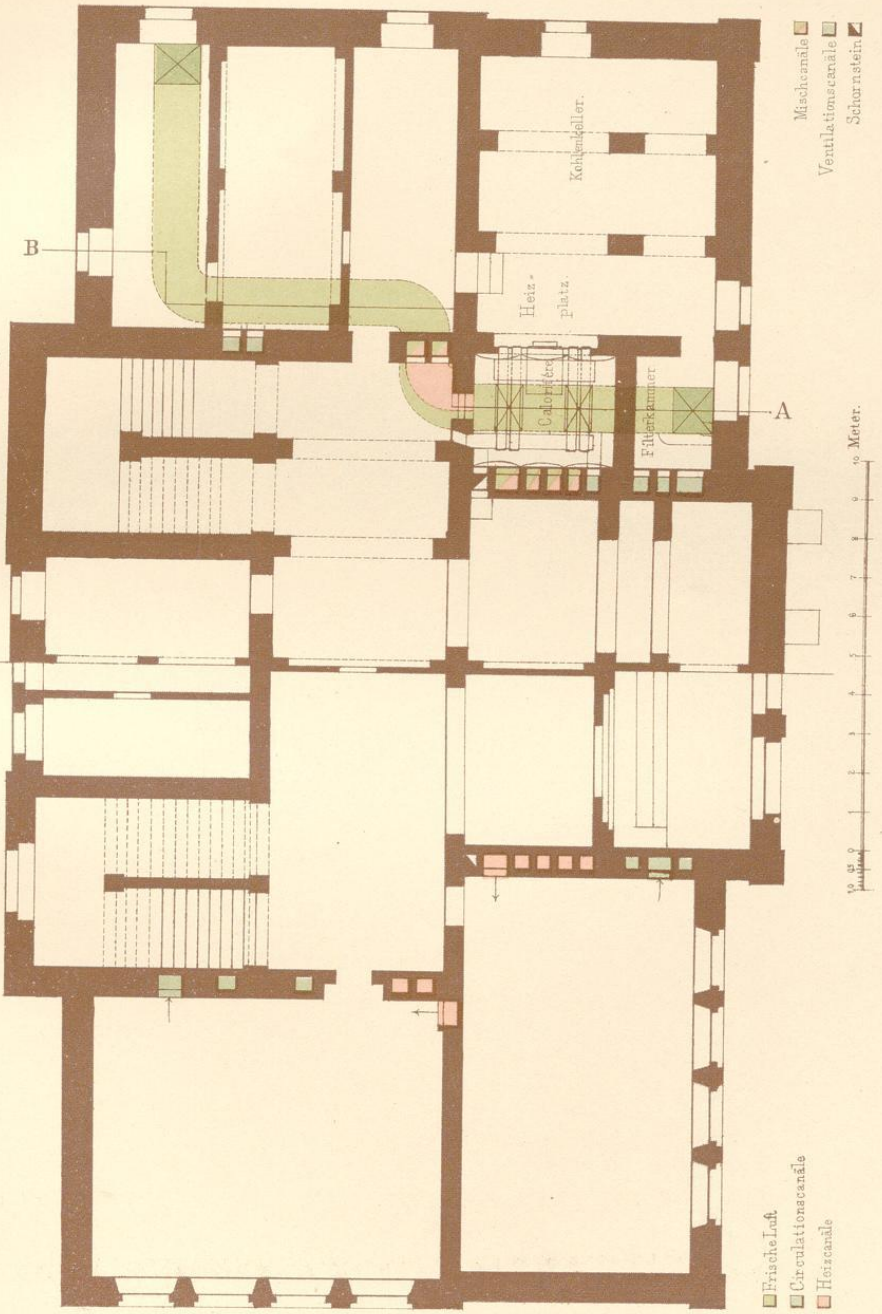


Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Volksschule am Albanithor in Göttingen.

Grundriss vom Erdgeschoss. Grundriss vom Kellergeschoss.



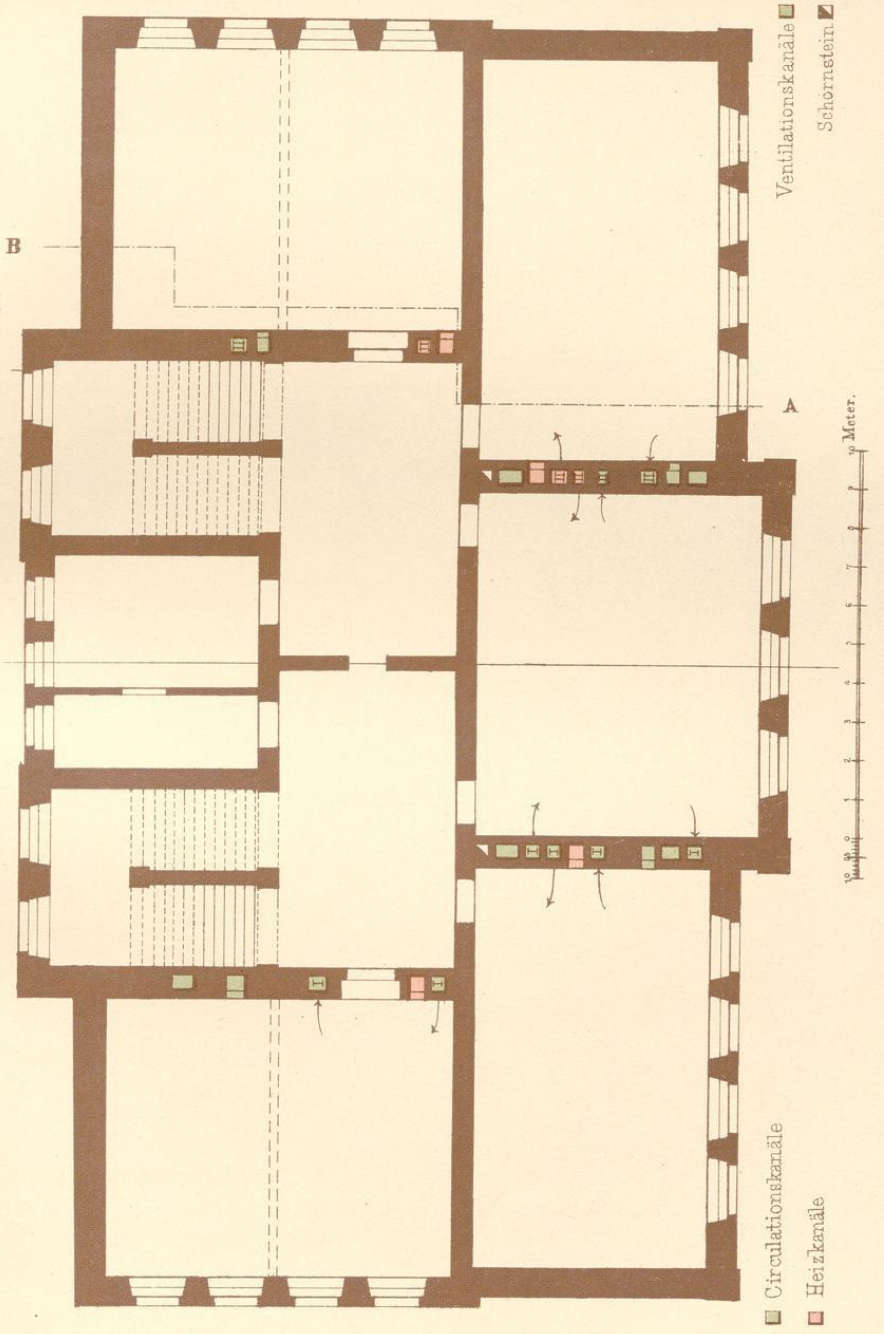
Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag., Leipzig.

Volksschule am Albanithor in Göttingen.

Grundriss vom II Stock.

Grundriss vom I Stock.

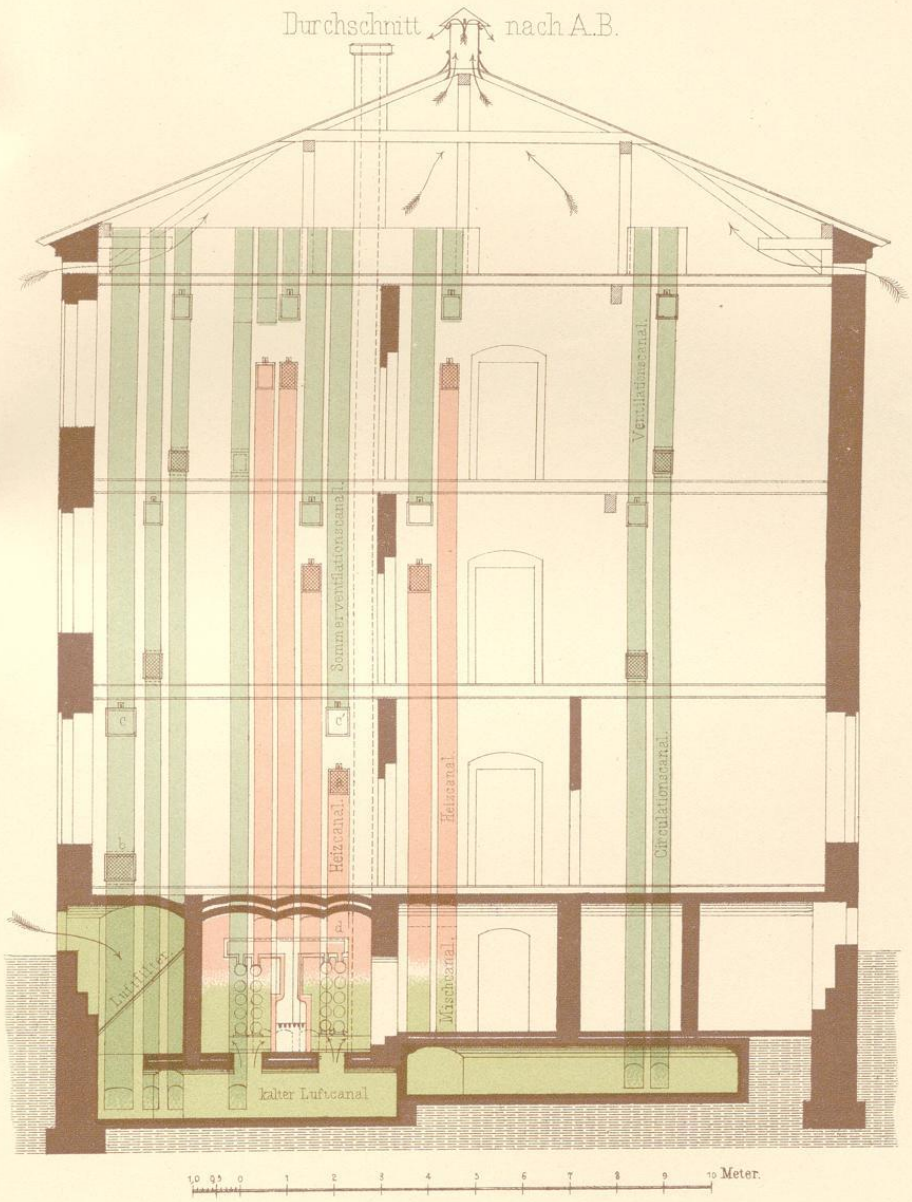


Taf. 28.

Heizungsanlage

der Volksschule am Albanithor in Göttingen.

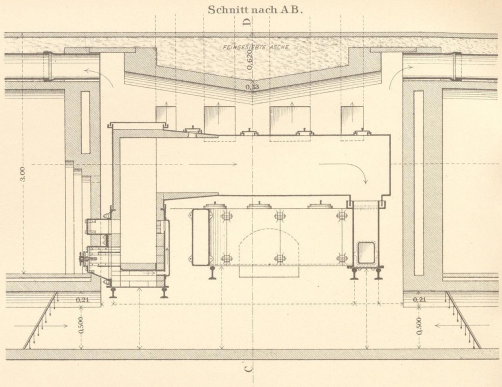
Durchschnitt nach A.B.



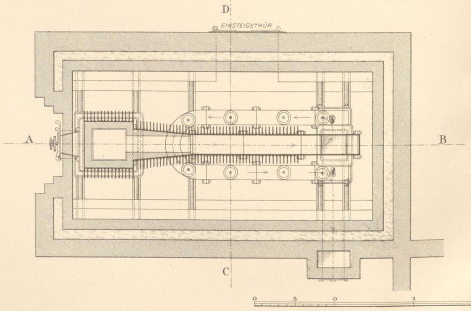
Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

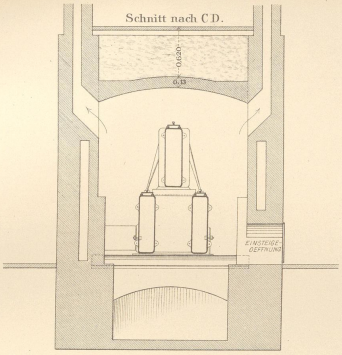
Schnitt nach A B.



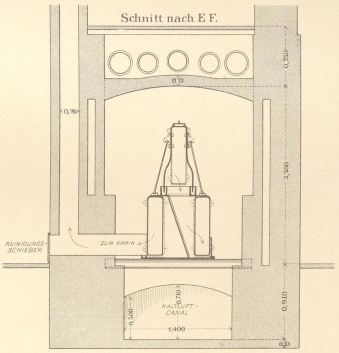
Grundriss.



Schnitt nach C D.

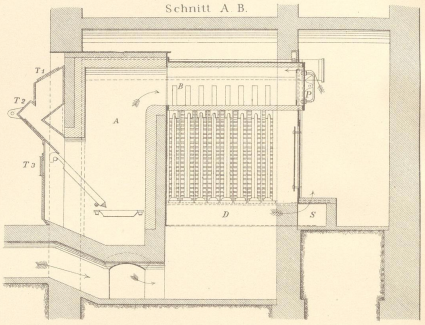


Schnitt nach E F.

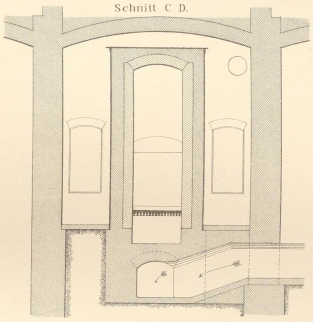


J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

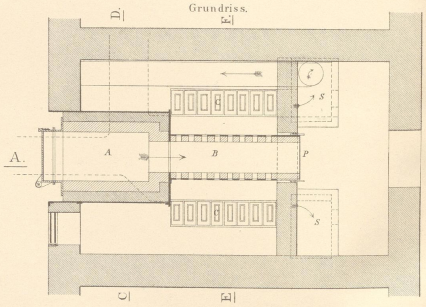
Schnitt A B.



Schnitt C D.



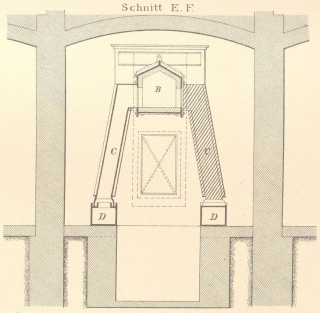
Grundriss.



A.

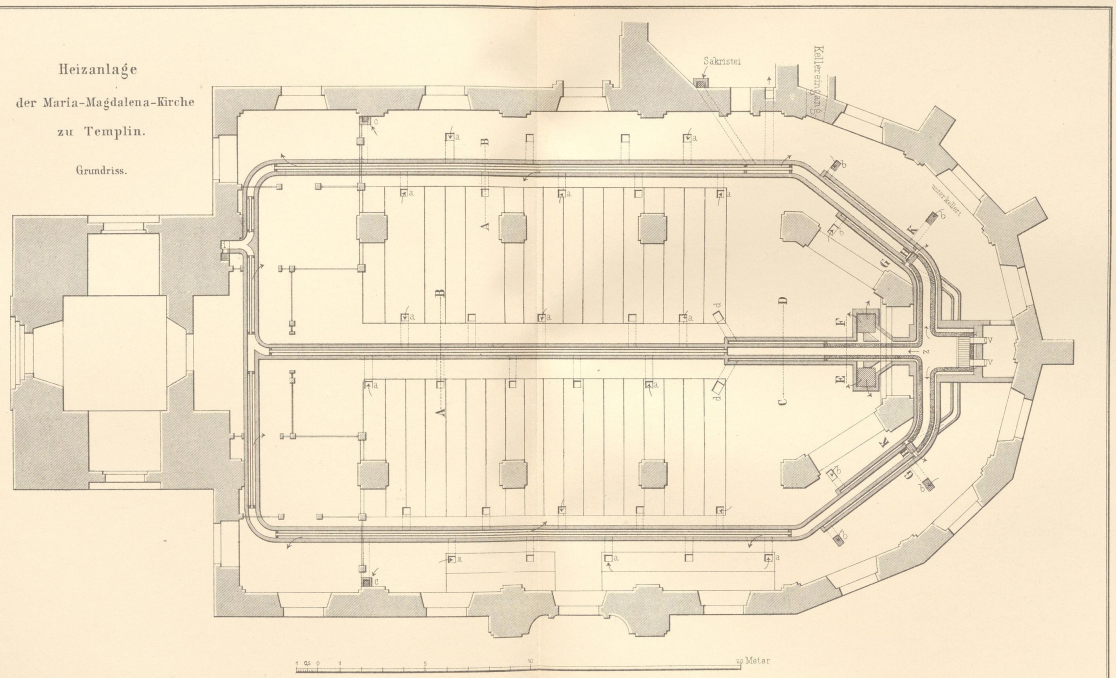
B.

Schnitt E F.



Heizanlage
der Maria-Magdalena-Kirche zu Templin.

Grundriss.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

Heizanlage der Maria Magdalena Kirche zu Templin. (Reg. Bez. Potsdam.)

Fig. 1. Längenschnitt.

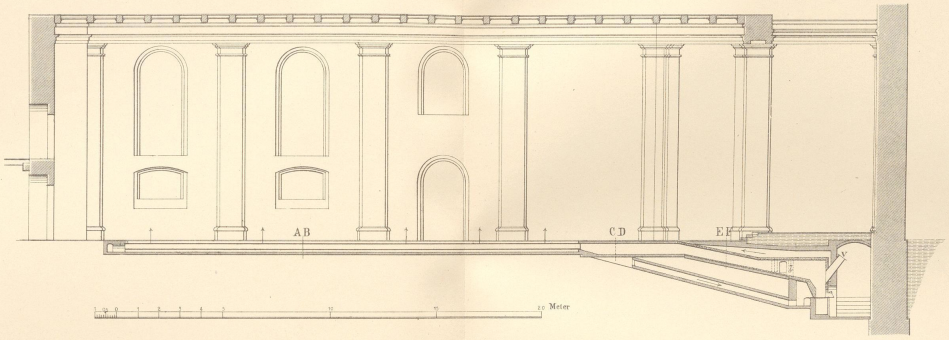


Fig. 4.
Schnitt CD

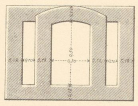


Fig. 6.
Schnitt GHK

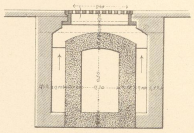


Fig. 5.
Schnitt EF

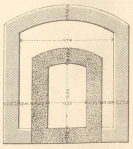
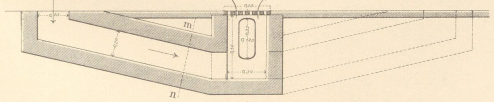


Fig. 3.
Schnitt m n



Fig. 2. Schnitt AB



Breymann IV. Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

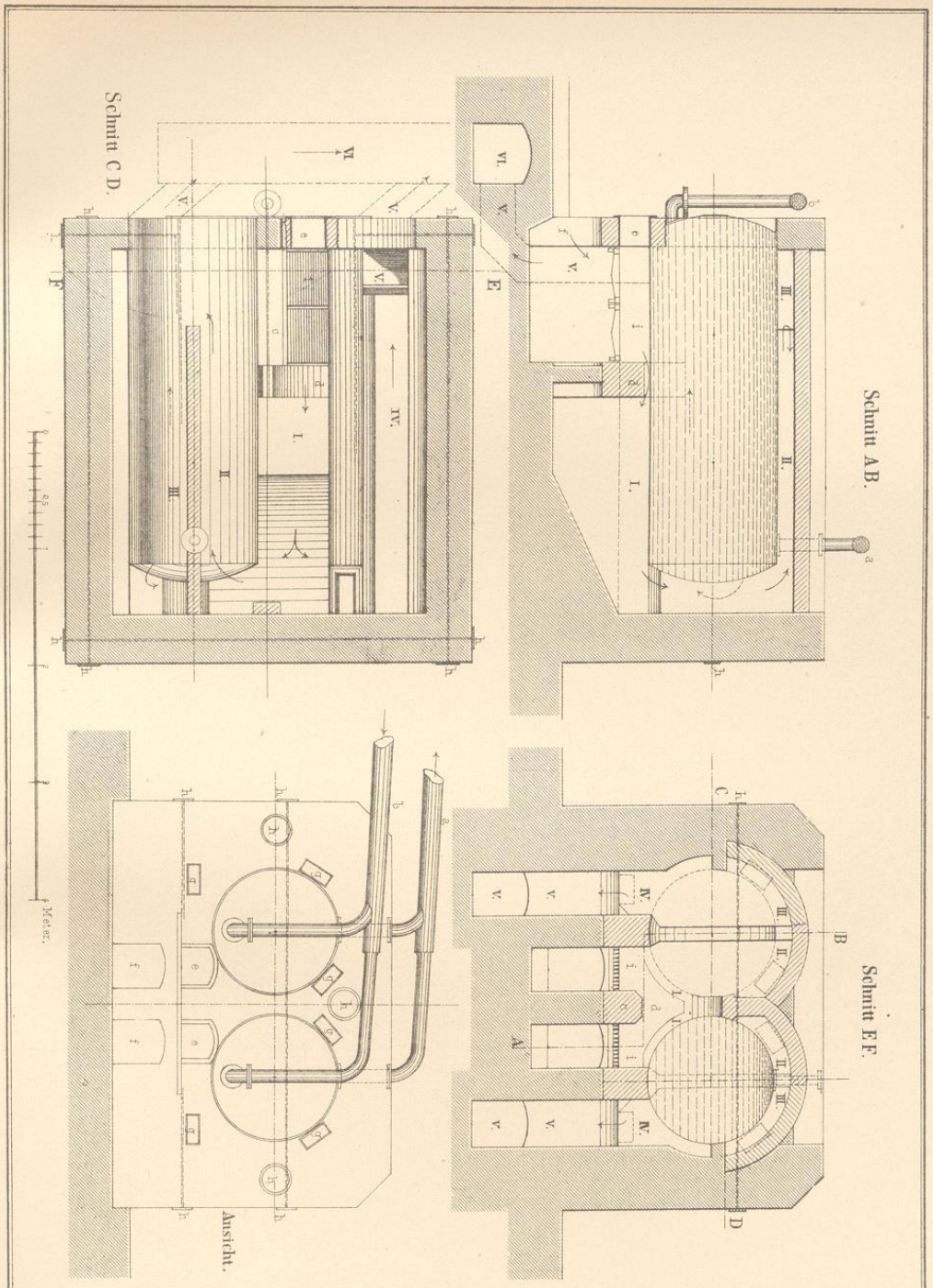

Schnitt C D.
Schnitt A B.
Schnitt E F.
Ansicht.
Maßst.

Fig. 1. Cylinderofen.

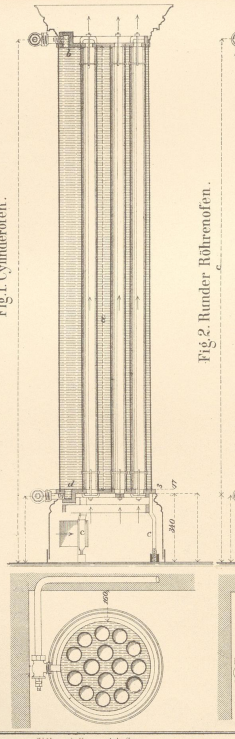


Fig. 2. Runder Röhrenofen.

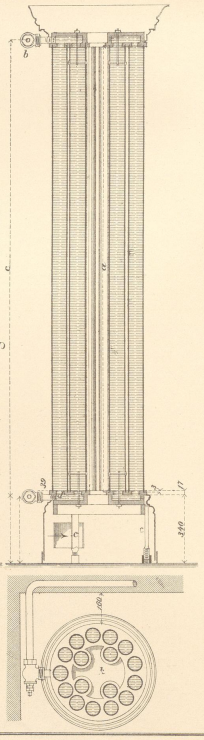


Fig. 3. Eck-Röhrenofen.

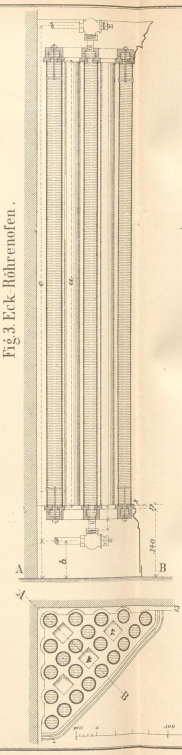


Fig. 4. Liegender Röhrenofen.

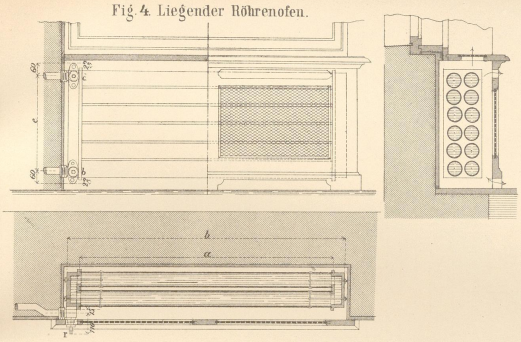
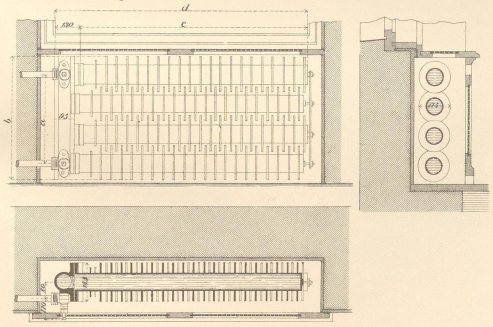


Fig. 5. Rippenrohr-Ofen.



Breymann IV. Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

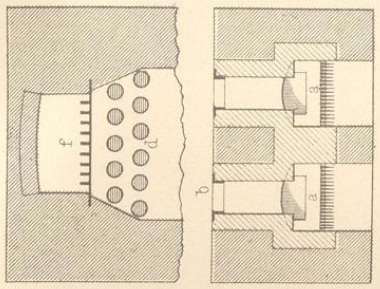


Fig. 3. Querschnitt.

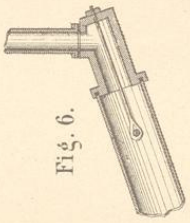


Fig. 6.

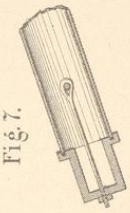


Fig. 7.

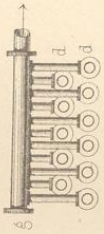


Fig. 4.

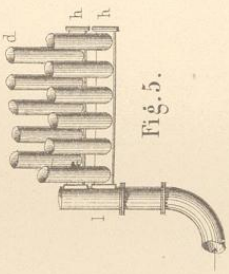


Fig. 5.

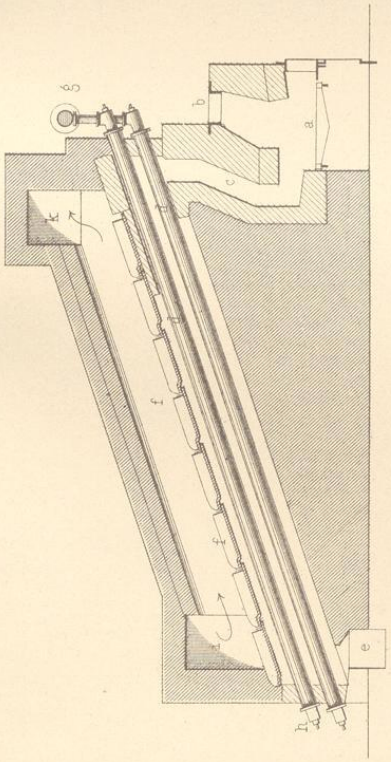


Fig. 2. Längenschnitt.

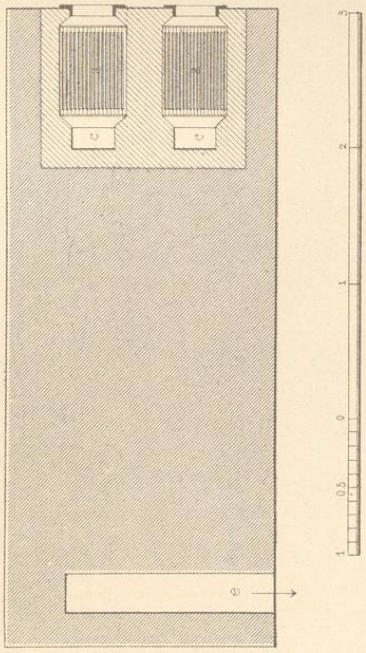


Fig. 1. Grundriss.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

H. Heine's Patent Wasserrohr Kessel

für Warmwasser Heizungen.

Fig. 1. Schnitt nach A B.

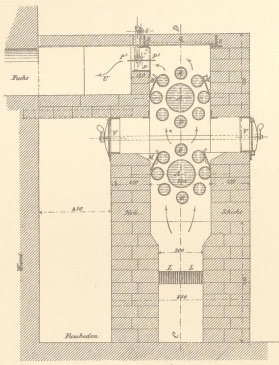


Fig. 2. Schnitt nach C. D.

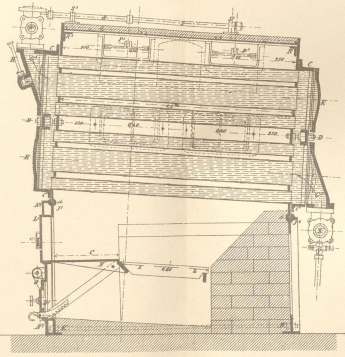
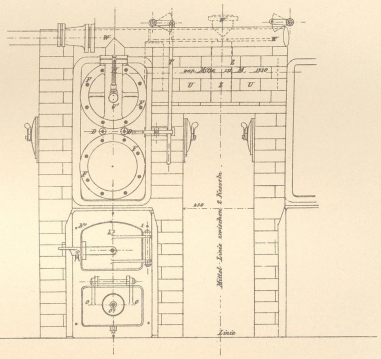


Fig. 3. Aeussere Ansicht.





Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

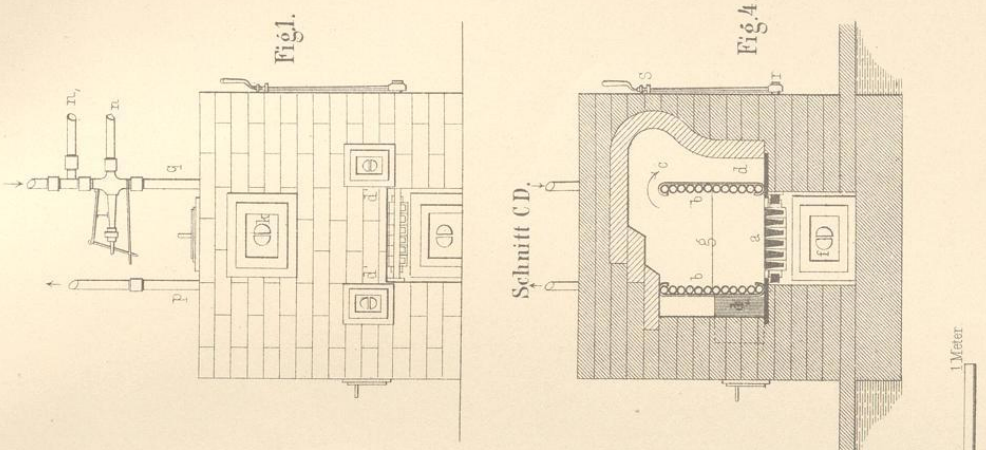
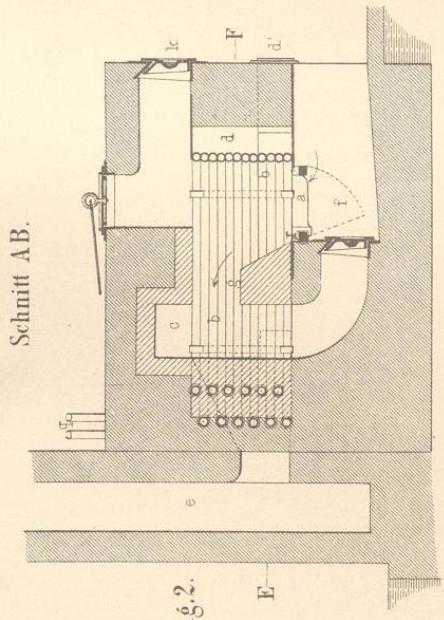


Fig. 1.

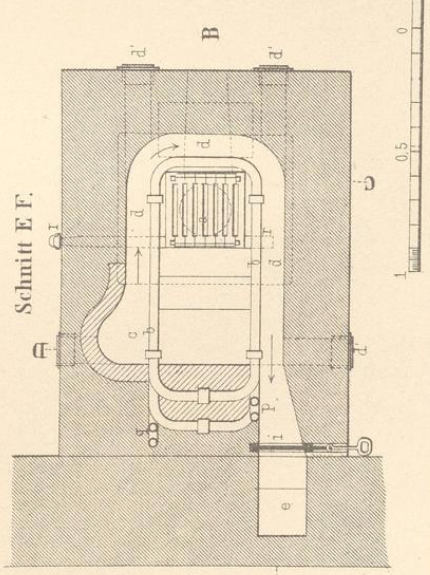
Fig. 4.

Schnitt CD.



Schnitt AB.

Fig. 2.



Schnitt EF.

Fig. 3.

1 Meter

Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 2. Schnitt A B C D.

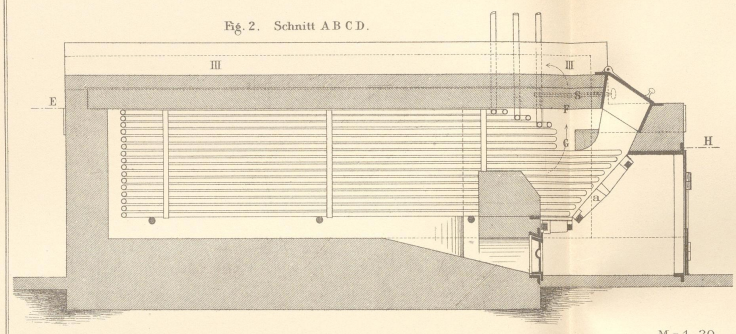
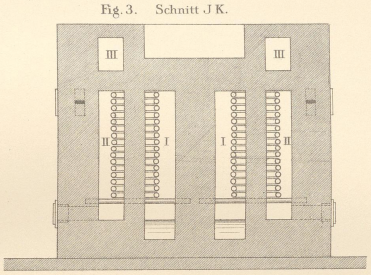


Fig. 3. Schnitt J K.



M. = 1 20.

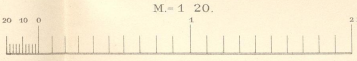


Fig. 4.
Vorderansicht.

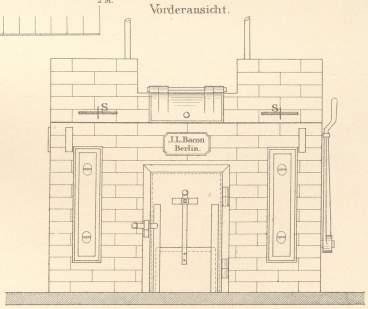
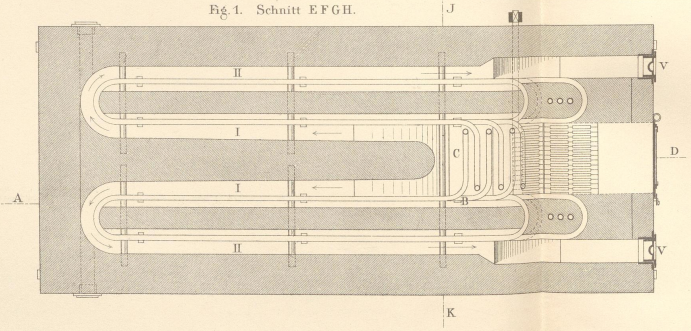


Fig. 1. Schnitt E F G H.

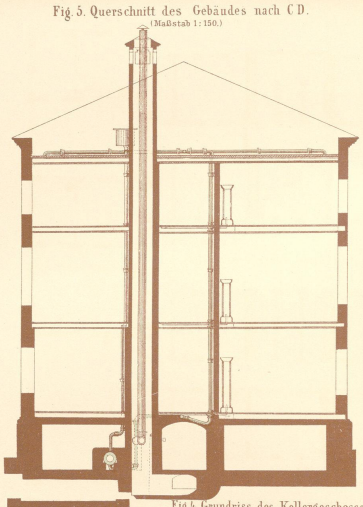


Breymann IV Versch. Konstr. 4 Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Warmwasser-Niederdruck-Heizung im Schulhause zu Westerwik (Schweden.)

Fig 5. Querschnitt des Gebäudes nach C D.
(Maßstab 1:150.)



Maßstab 1/300 nat. Gr. zu Fig. 1-4.

Fig 4. Grundriss des Kellergeschosses.

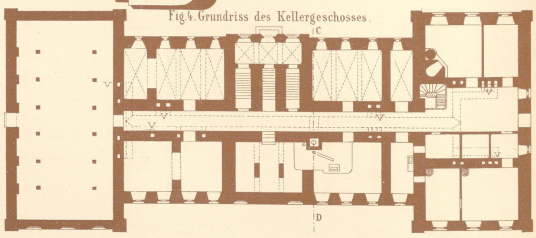


Fig 1. Grundriss des zweiten Stocks.

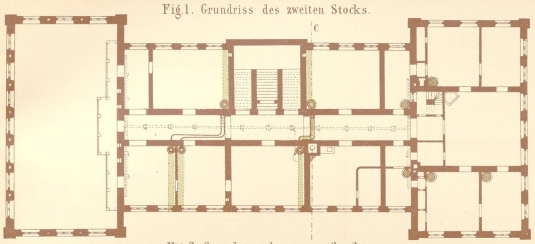


Fig 2. Grundriss des ersten Stocks.

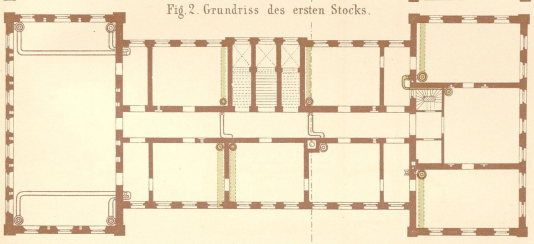
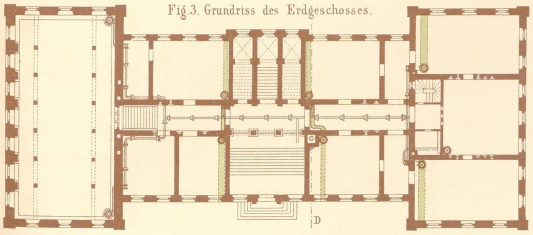
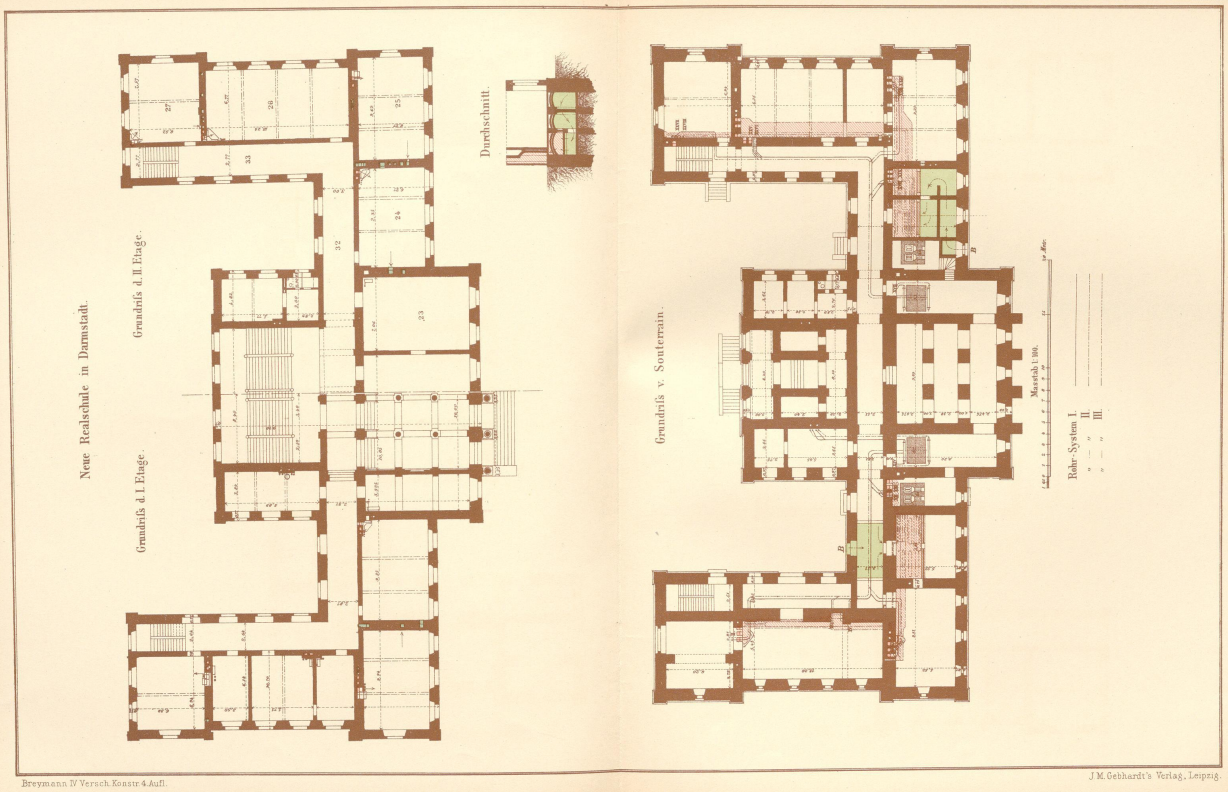


Fig 3. Grundriss des Erdgeschosses.

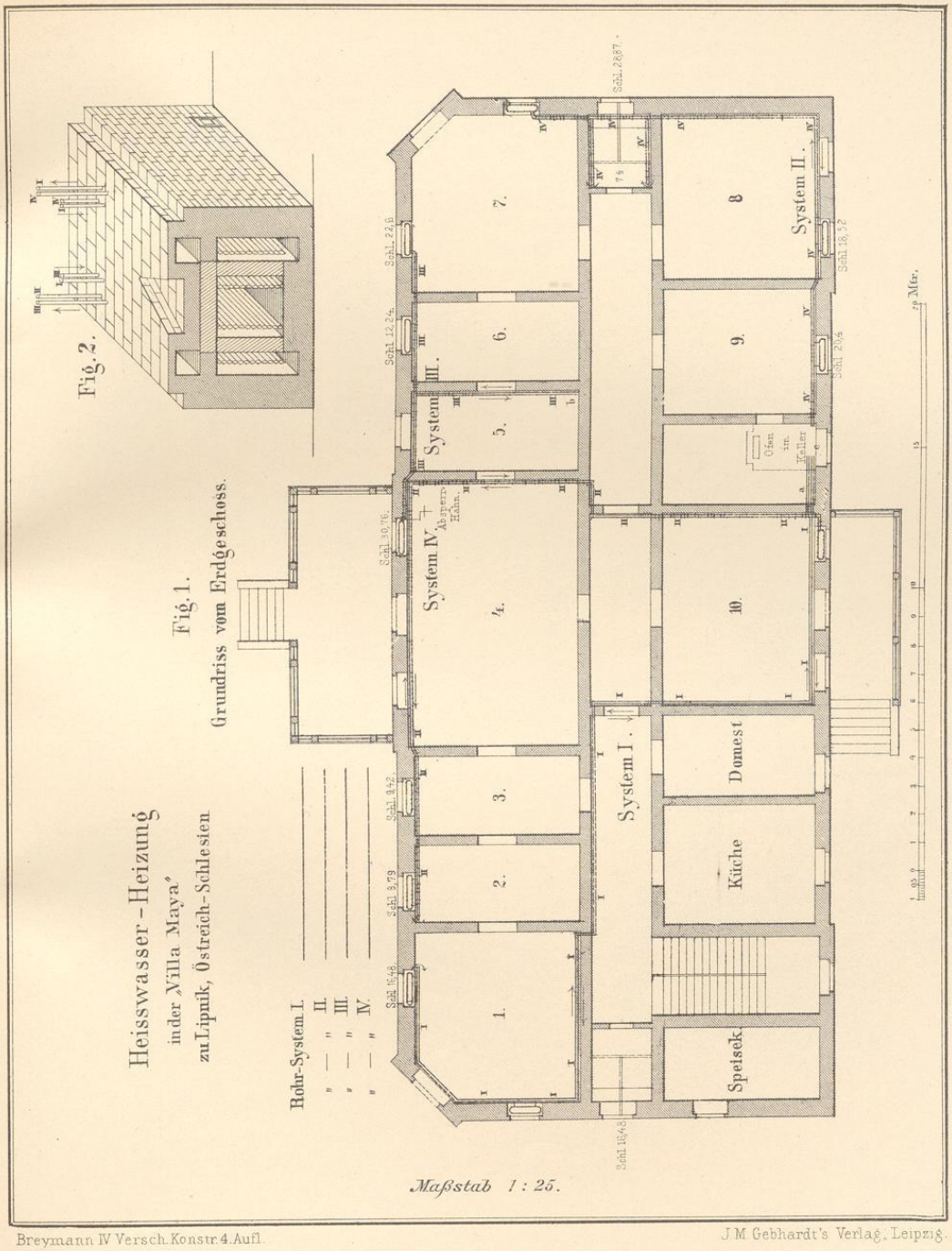


Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



Maßstab 1 : 25.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 2.

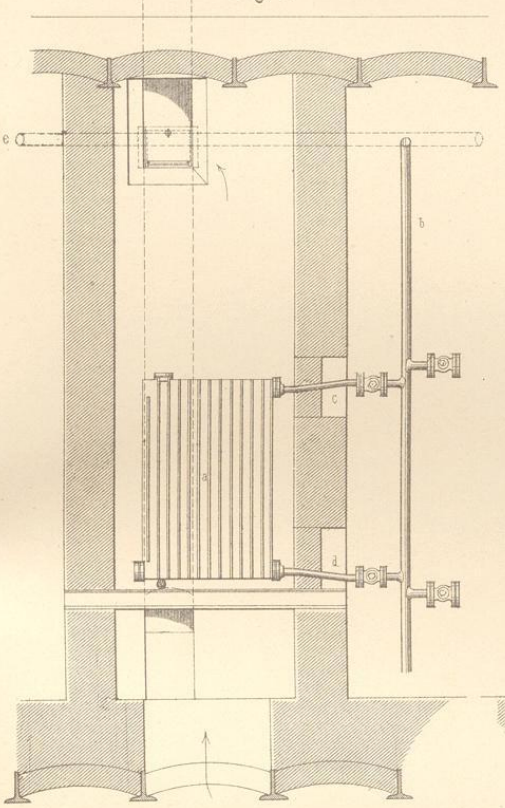


Fig. 3.

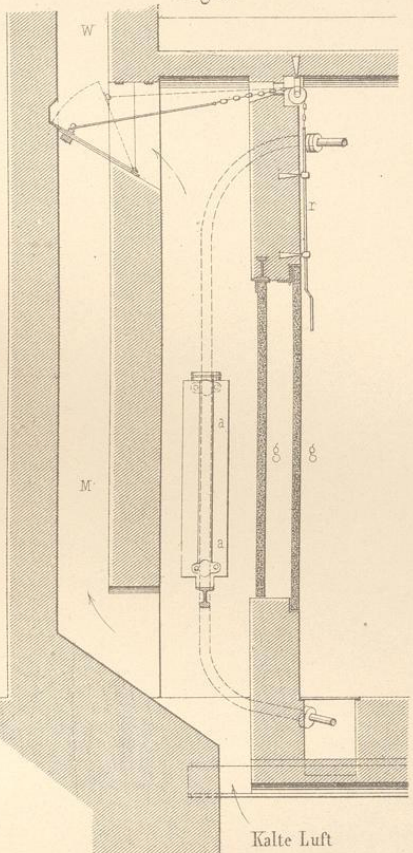
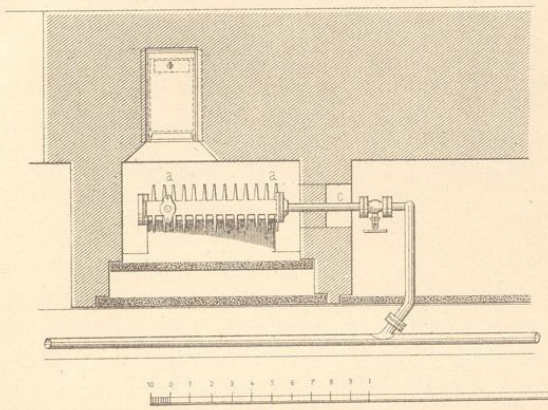
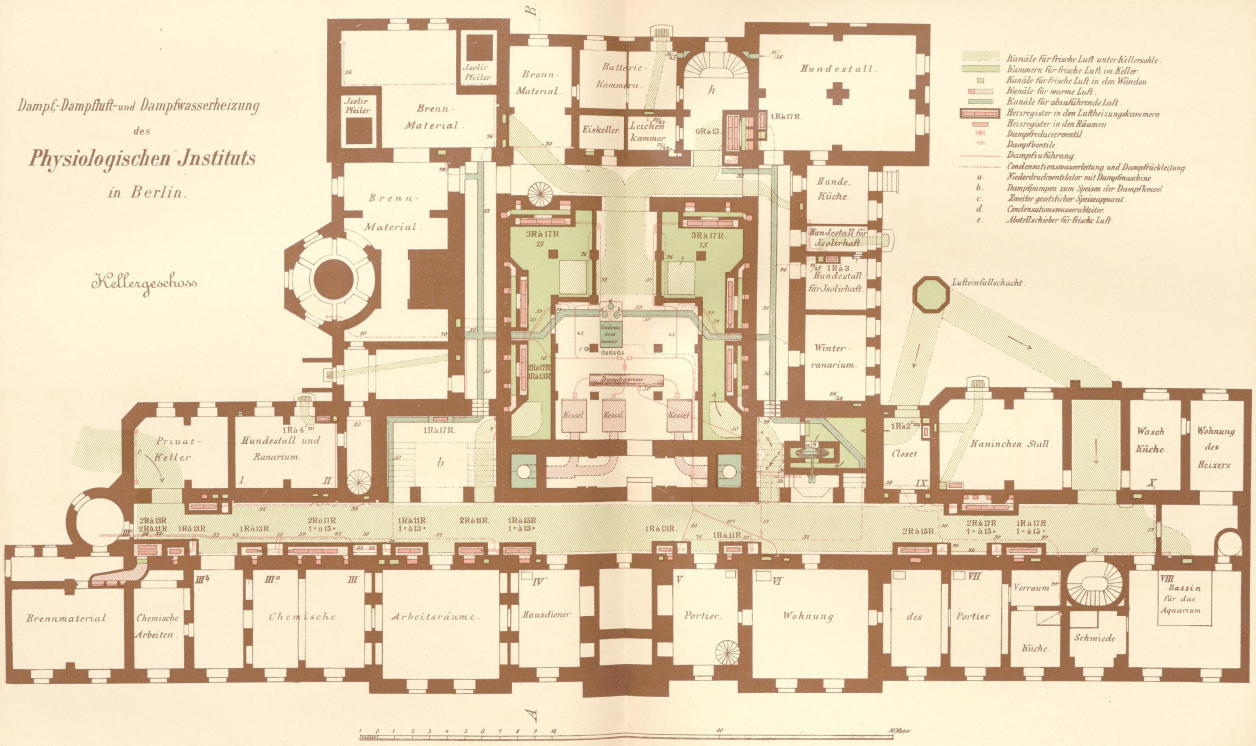


Fig. 1.



Dampf-, Dampfluft- und Dampfwasserheizung
des
Physiologischen Instituts
in Berlin.

Kellergeschoss

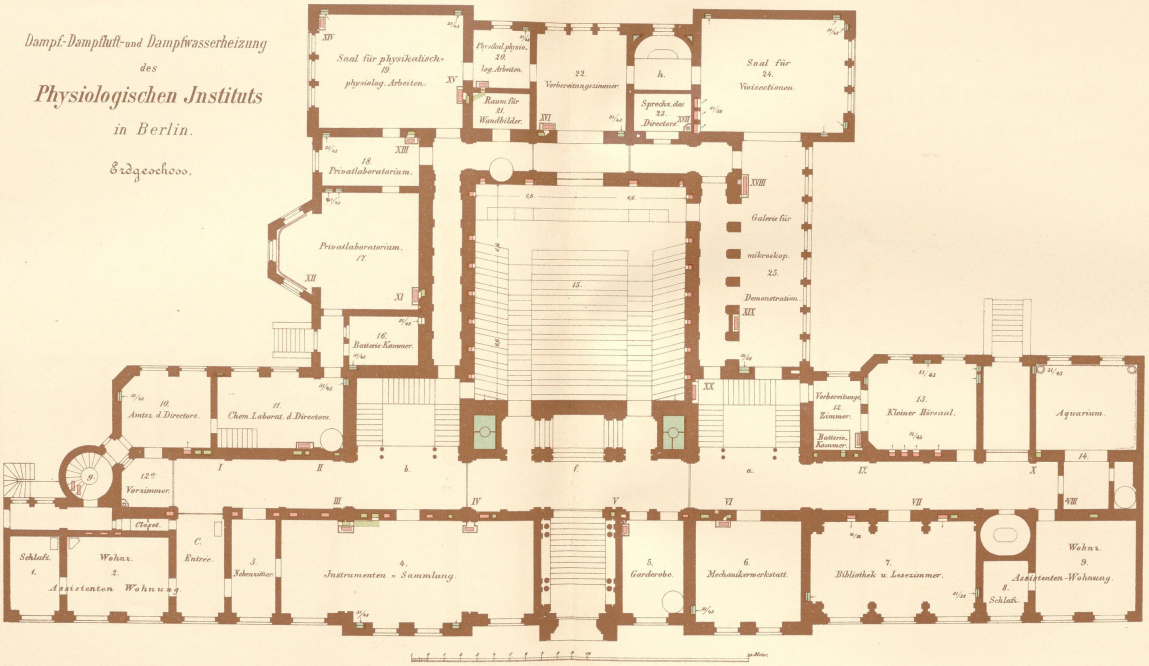


Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Dampf-Dampfluft- und Dampfwasserheizung
des
Physiologischen Instituts
in Berlin.

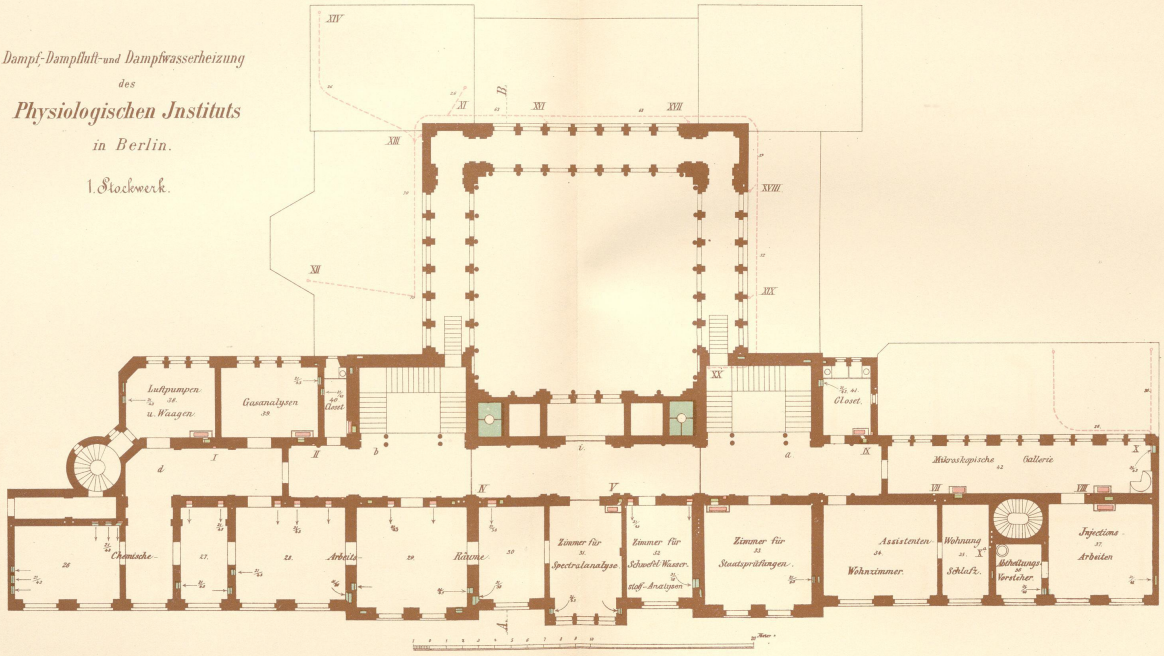
Erdgeschoss.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

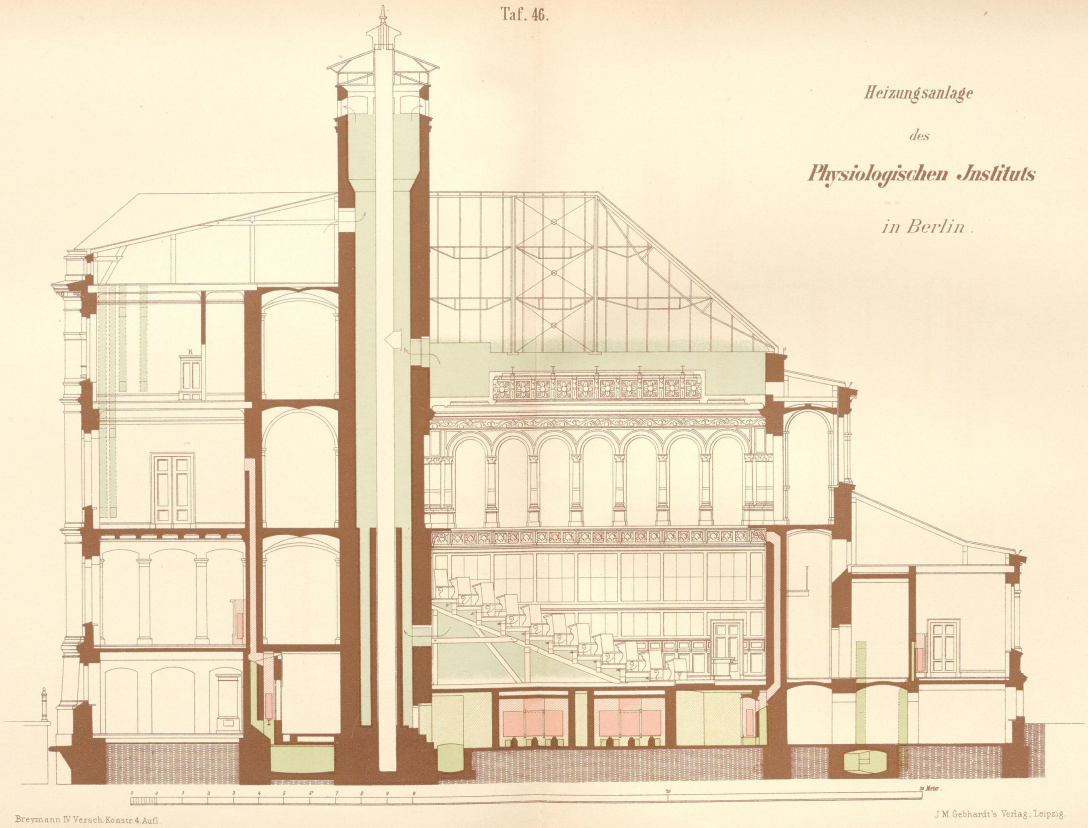
Dampf-, Dampfluft- und Dampfwasserheizung
des
Physiologischen Instituts
in Berlin.
1. Stockwerk.



Breymann IV Versch. Konstr. 4 Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Heizungsanlage des Physiologischen Instituts in Berlin.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Taf. 47.

Fig. 2.

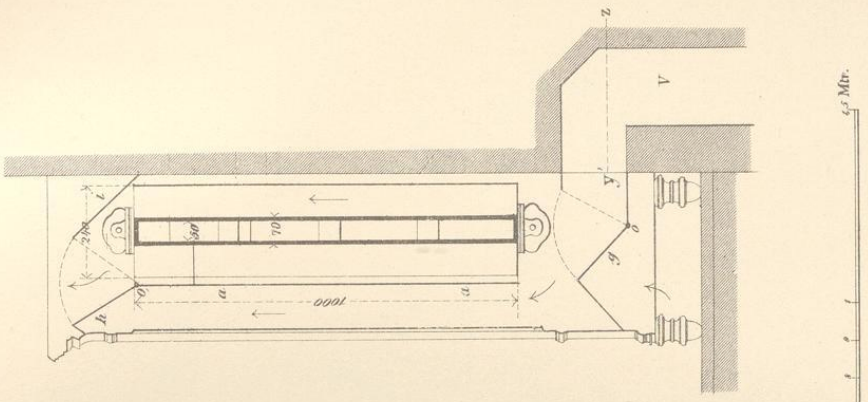


Fig. 1.

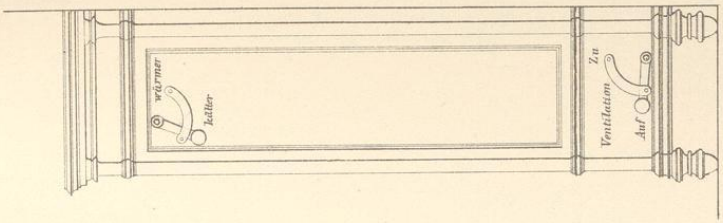


Fig. 4.

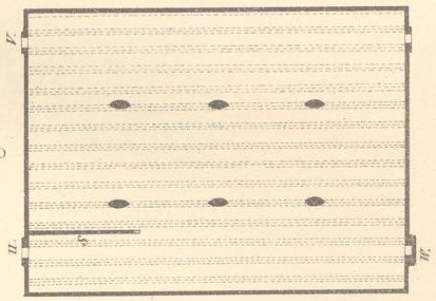
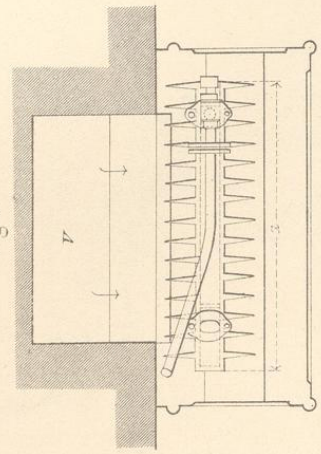


Fig. 3.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Taf. 48.

Fig. 2.

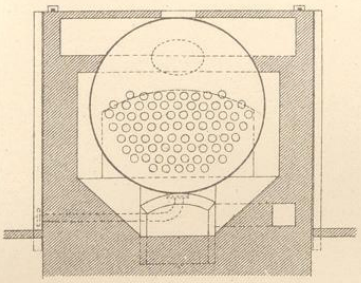
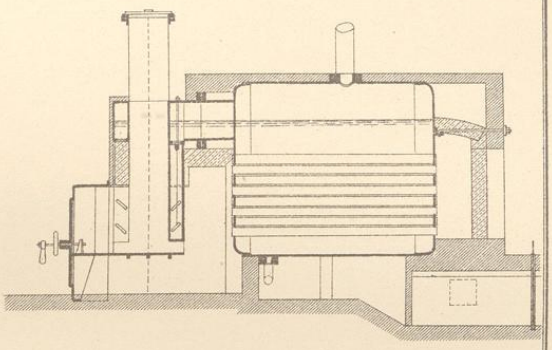


Fig. 3.



Maaßstab 1:20.



zu Fig. 1,2,3.

Fig. 1.

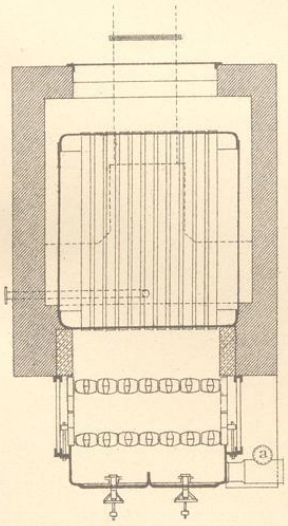
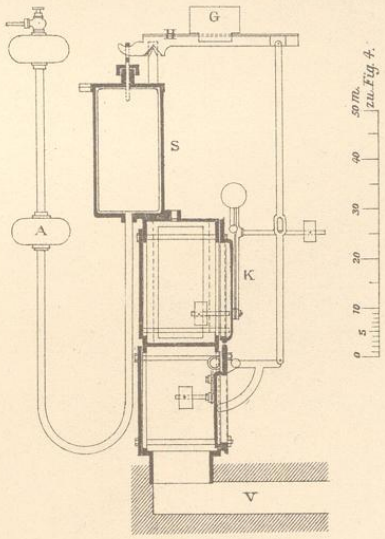


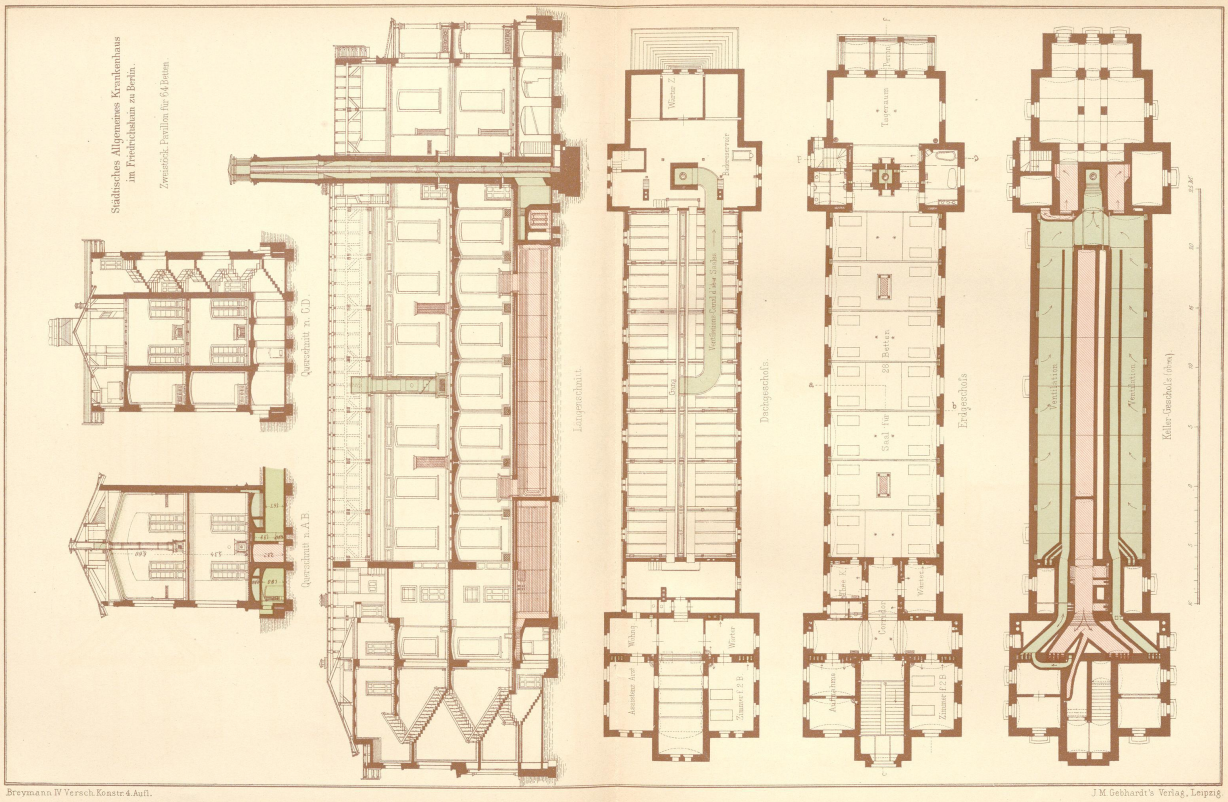
Fig. 4.



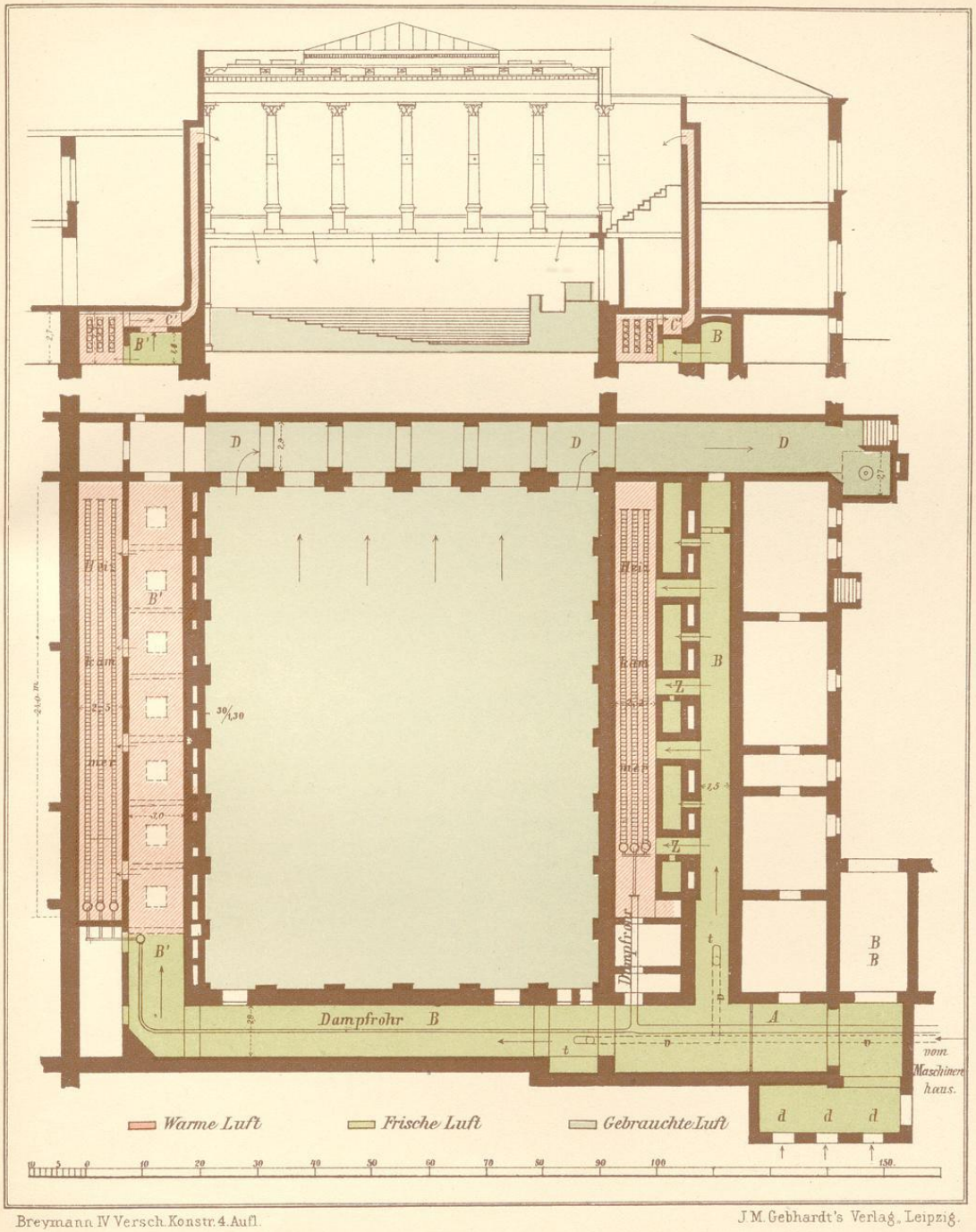
zu Fig. 4.

Städtisches Allgemeines Krankenhaus
im Friedrichshain zu Berlin.

Zweistöck. Pavillon für 64 Betten


Querschnitt n. C.D
Querschnitt n. A.B
Längenschnitt
Dachgeschoss
Erdgeschoss
Keller-Geschoss (tiefes)
Ventilation
Ventilation
Waschküche
Kochküche
Wärter
Wärter
Aborte
Aborte
Treppe
Treppe
Treppe

Taf. 50.

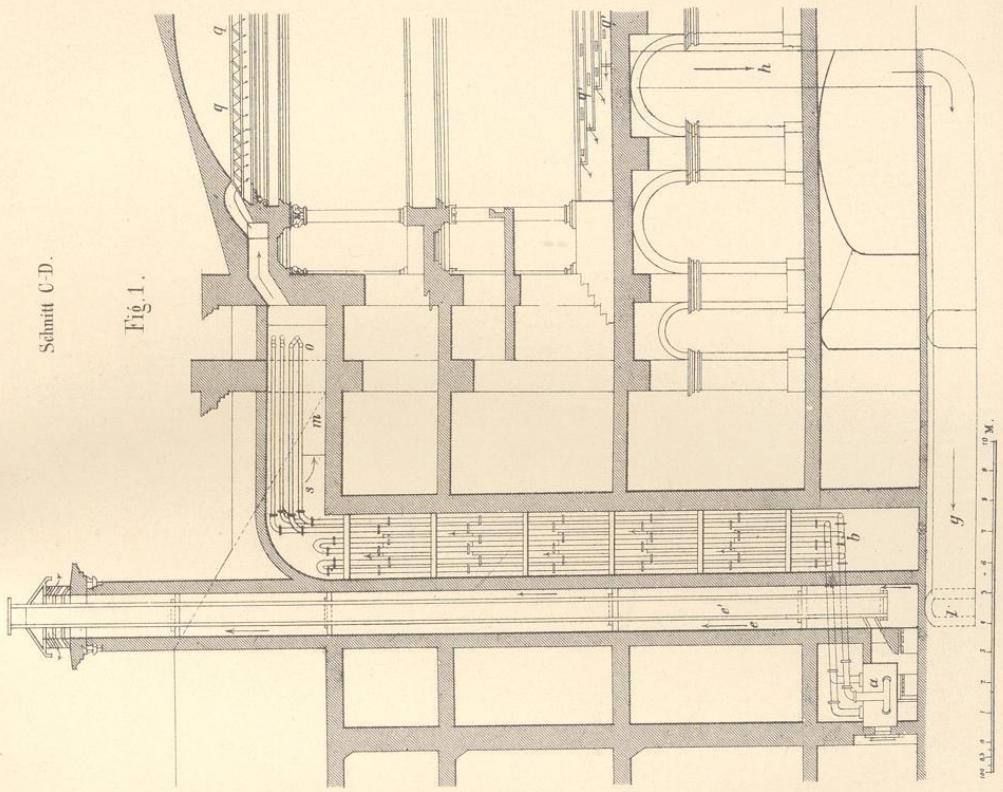


Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

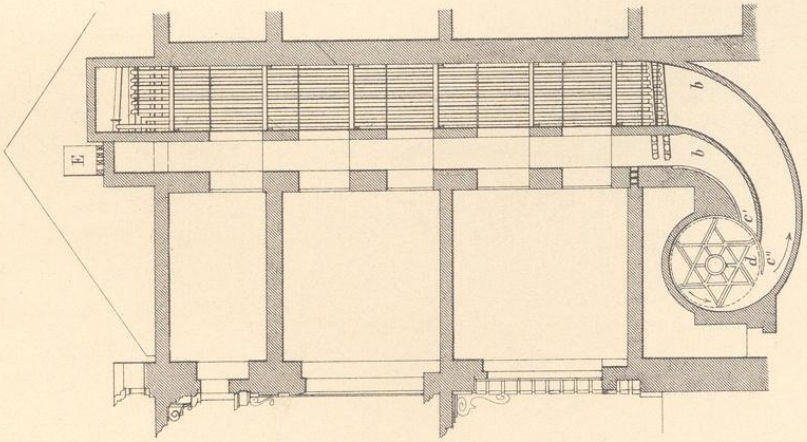
Schnitt C-D.

Fig 1.



Schnitt A-B.

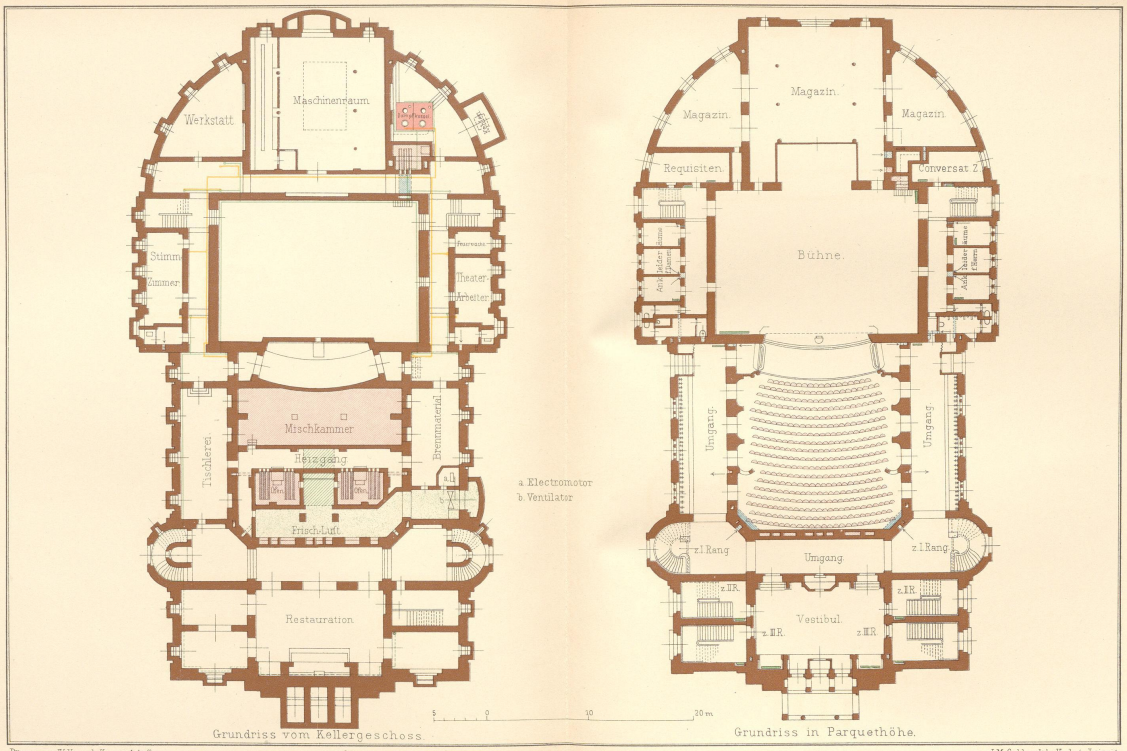
Fig 2

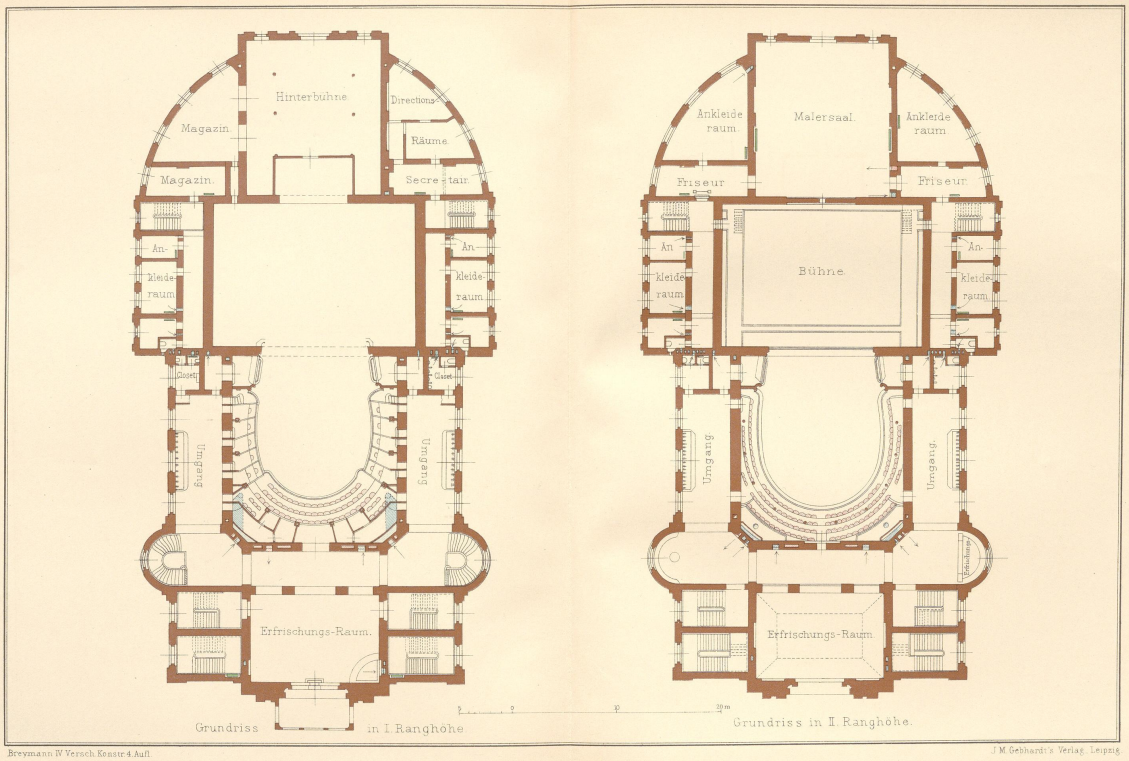


UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

52

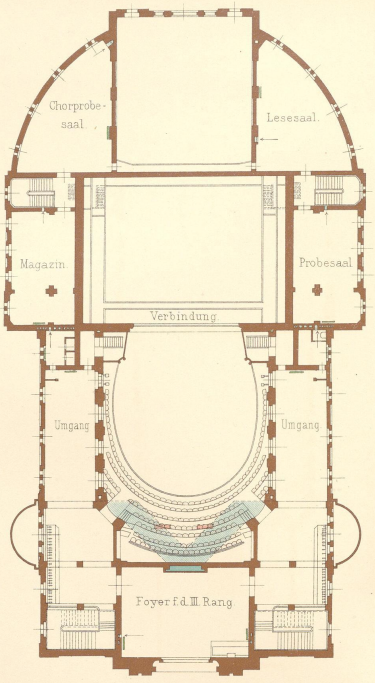
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN


Werkstatt
Maschinenraum
Stimm Zimmer
Theater Arbeiter
Mischkammer
Heizgang
Tischlerei
Brennmaterial
Frisch Luft
Restauration
a. Electromotor
b. Ventilator
0
10
20 m
Grundriss vom Kellergeschoss.
Magazin.
Magazin.
Magazin.
Requisiten.
Conversat. Z.
Bühne.
Umgang.
Umgang.
z. I Rang
z. I Rang
Umgang.
z. II R.
z. II R.
Vestibul.
z. III R.
z. III R.
Grundriss in Parquethöhe.

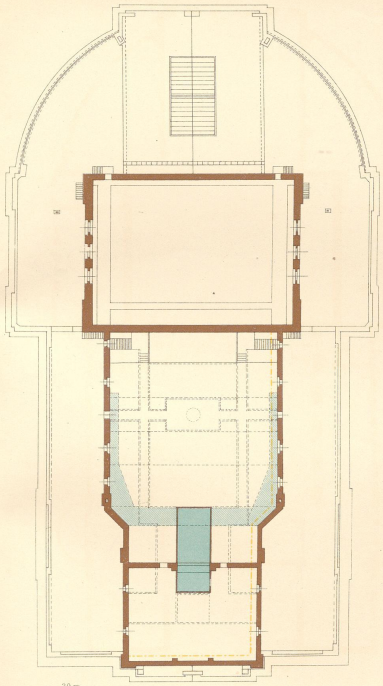


Breymann IV. Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



Grundriss in III. Ranghöhe.



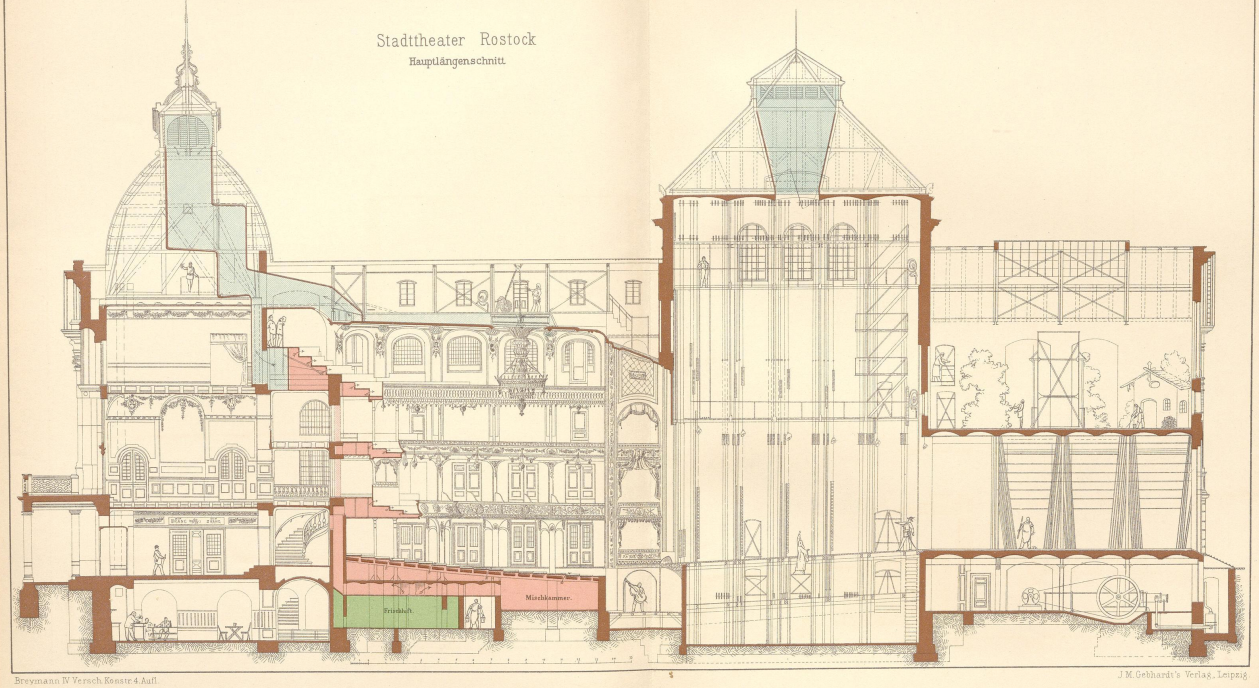
Grundriss vom Dachgeschoss.

Breymann IV. Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Stadttheater Rostock

Hauptlängenschnitt.

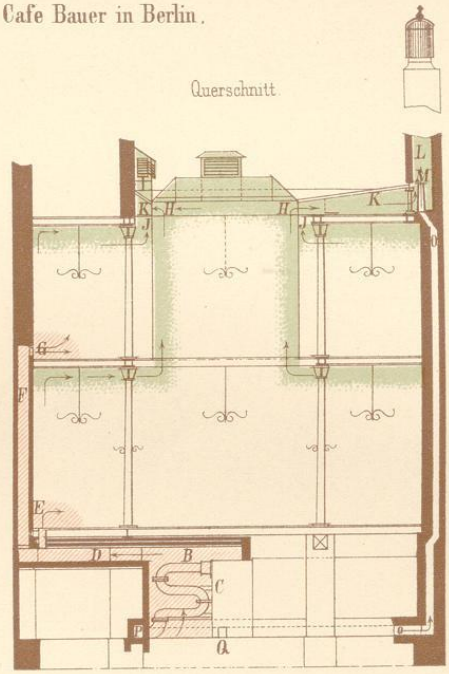


Breymann IV Versch. Konstr. 4 Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

Lüftungs-Anlage des Cafe Bauer in Berlin.

Querschnitt.



Grundrifs.

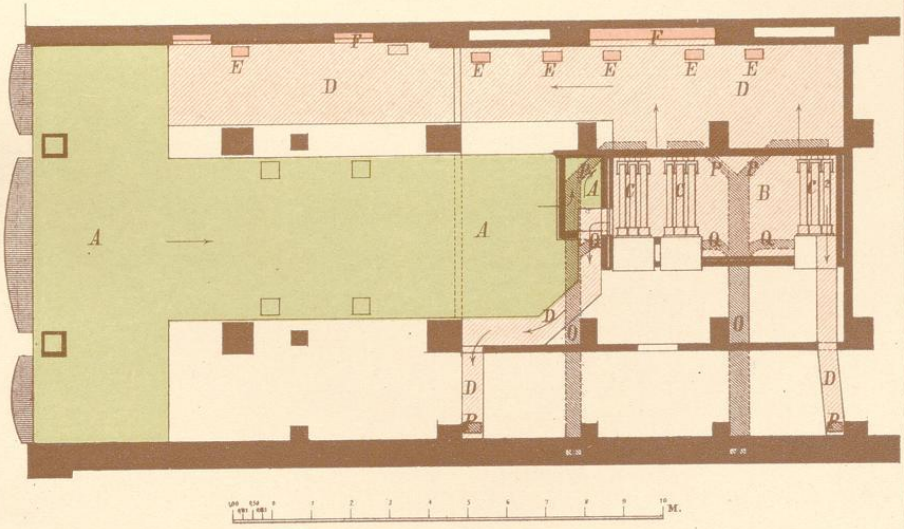


Fig 1. Grundriss.

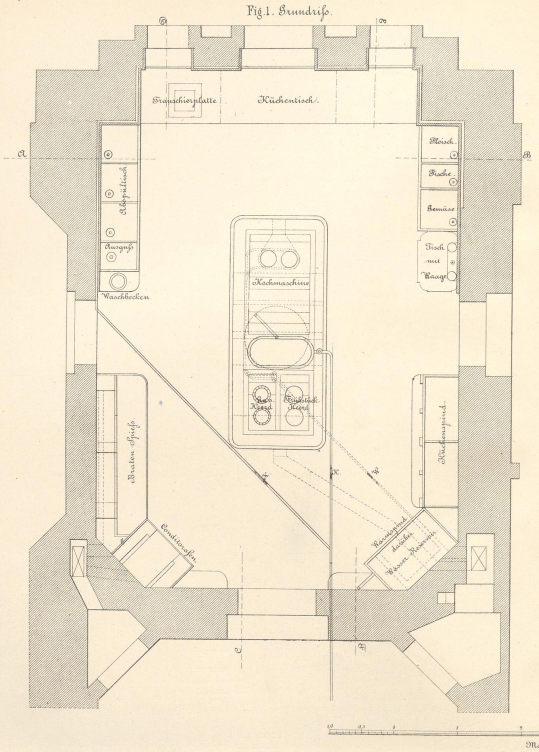

C
D
Brauchwasserplatte
Küchentisch
A
B
Mensch
Fische
Bouillon
Fisch mit Wasser
Kochmaschine
Kochherd
Bratofen
Waschbecken
Kochherd
Ausguss
Bratofen-Gerüst
Kochherd
Bratofen-Gerüst
Kochherd
Kochherd
Kochherd

Fig. 4.

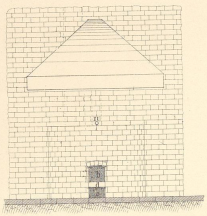


Fig. 3.

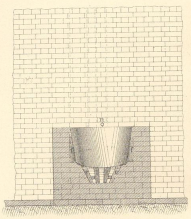


Fig. 5.

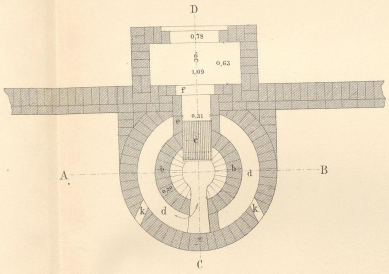


Fig. 7.

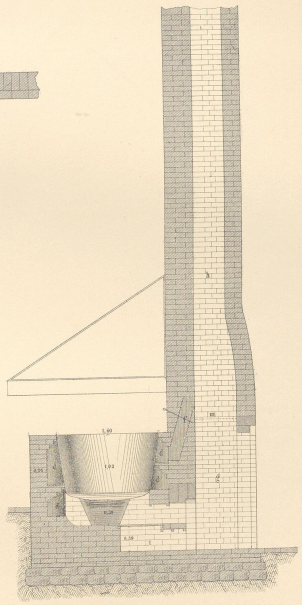


Fig. 1.

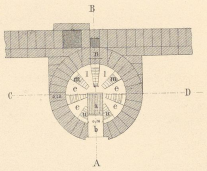


Fig. 2.

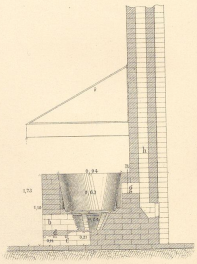
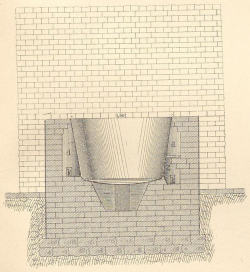


Fig. 6.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Neuer Berliner Strafsenbrunnen.

Fig. 2.

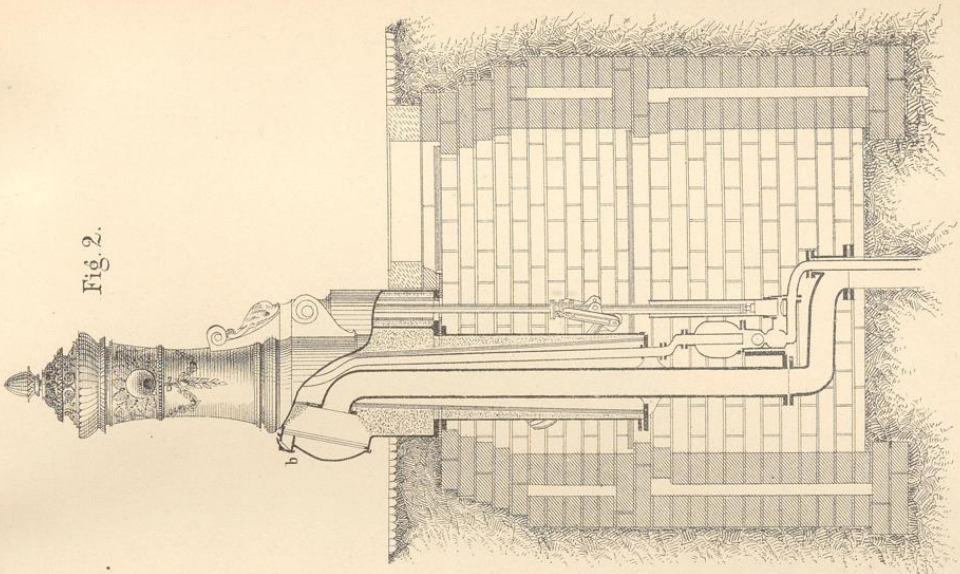
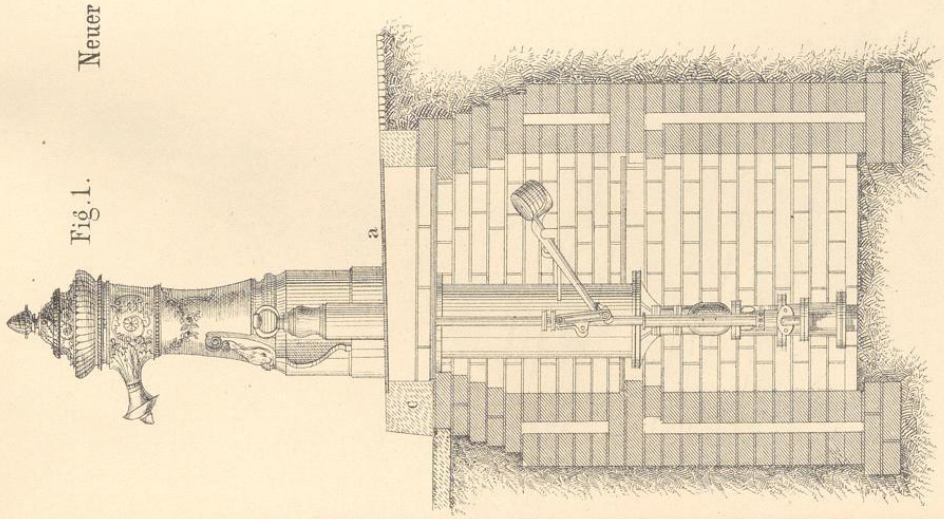


Fig. 1.



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wassermesser aus Bronze

für 30 m/m Röhrenweite

SYSTEM SIEMENS & HALSKE.

Fig. 1.

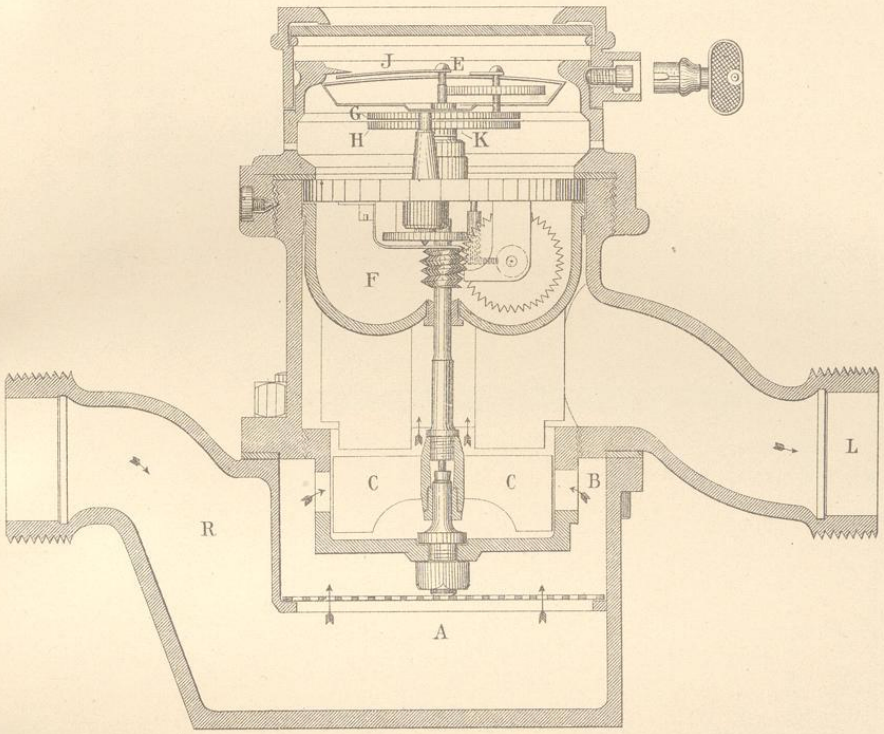


Fig. 4.
Zeigerwerk
mit feststehendem Zifferblatt.

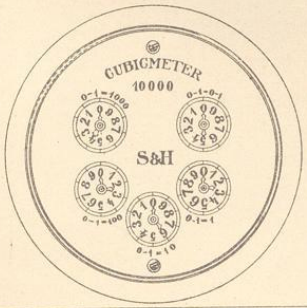


Fig. 2.

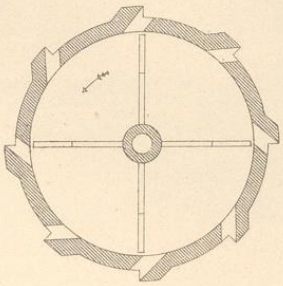
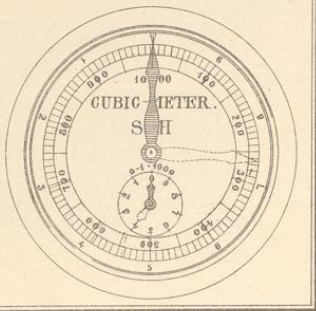


Fig. 3.
Zeigerwerk
mit rotirendem Zifferblatt.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Fig. 2.

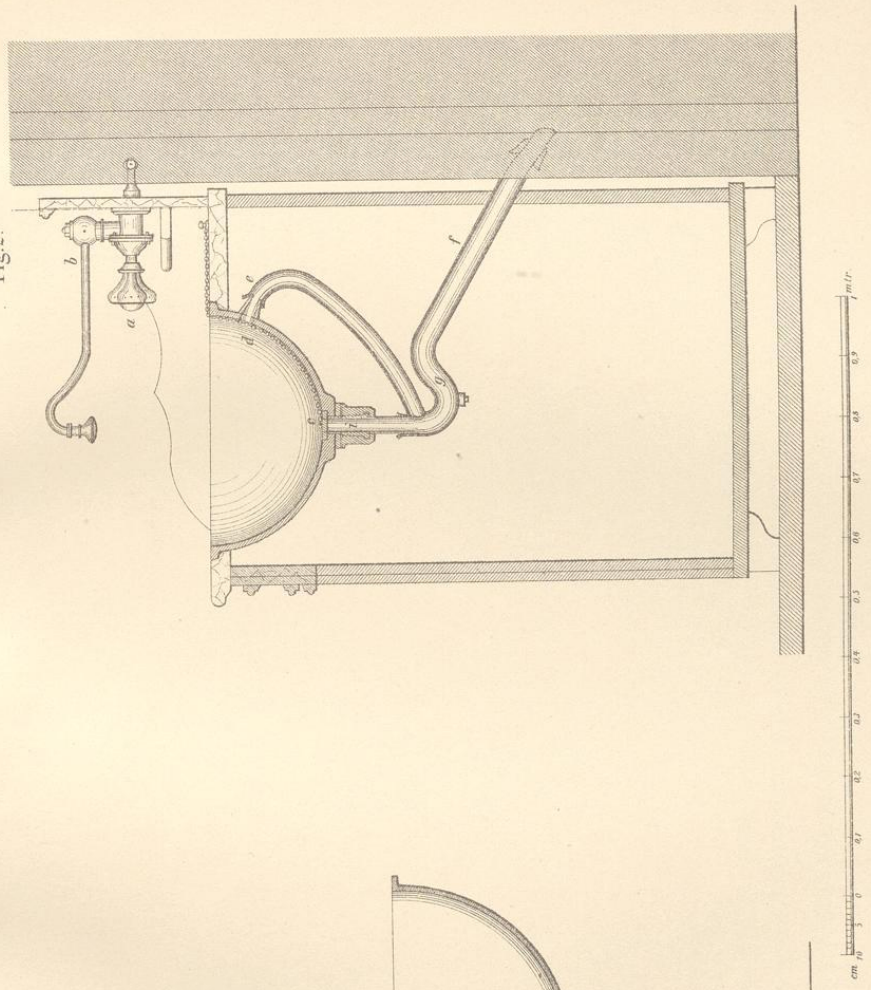
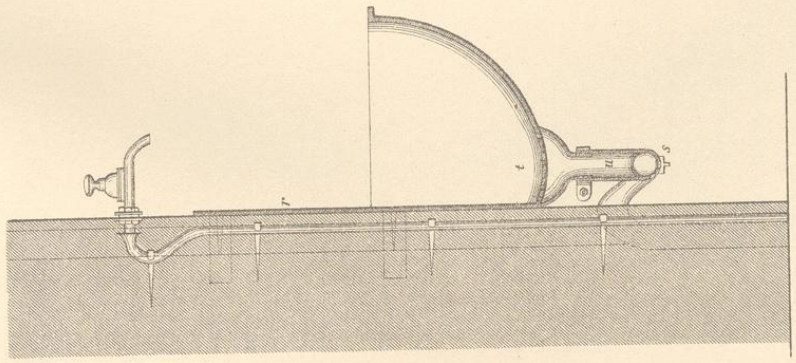
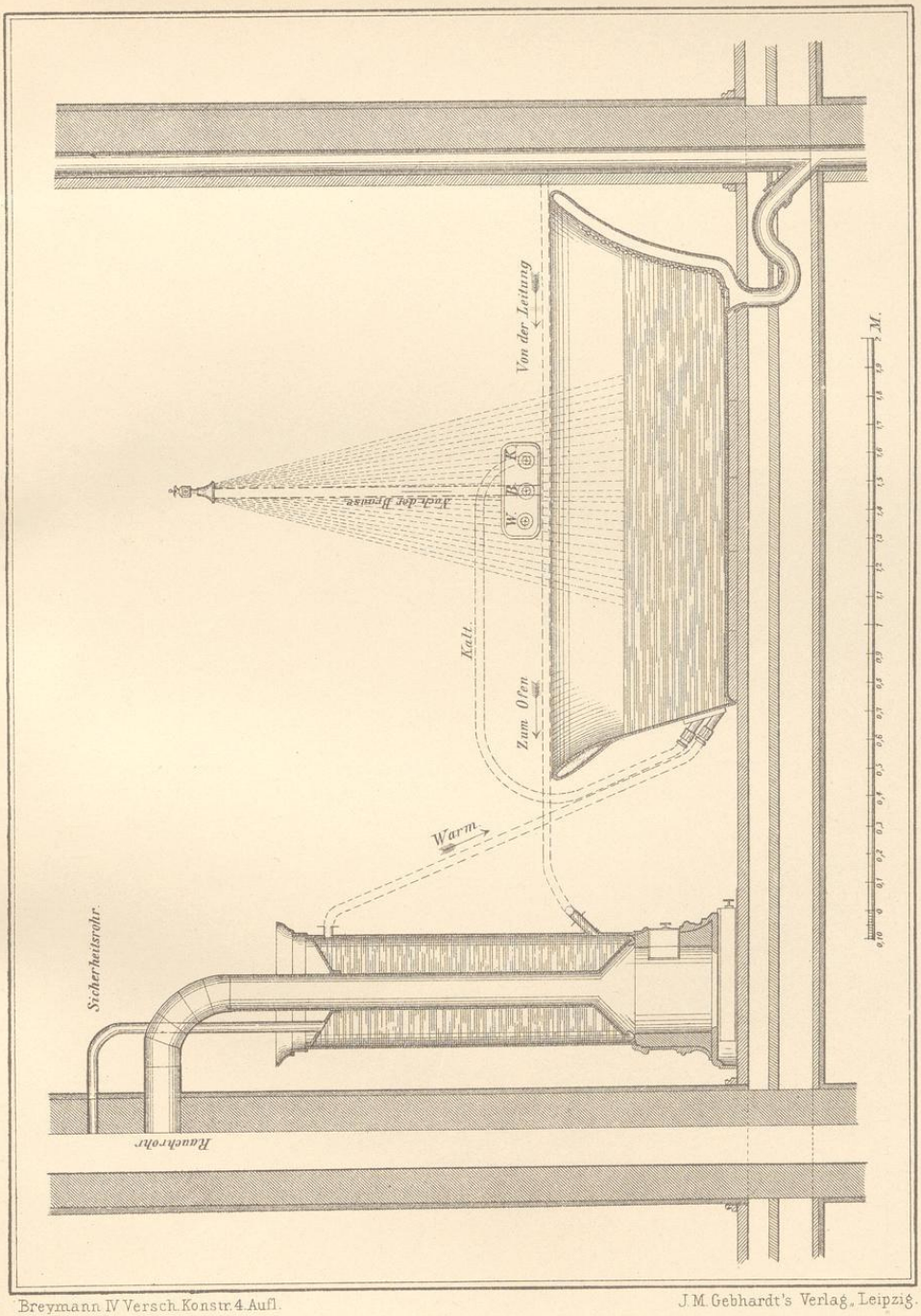


Fig. 1



Taf. 62.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Wasser-Zuleitung
Grundleitung

Taf. 64.

Fig. 2.

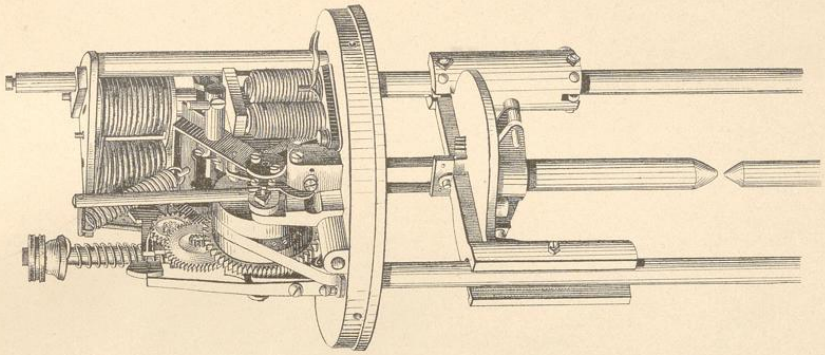


Fig. 1.

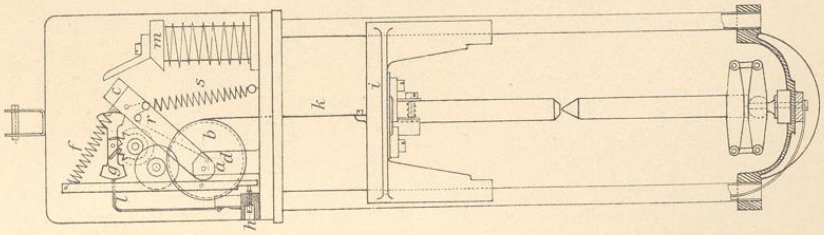


Fig. 3.

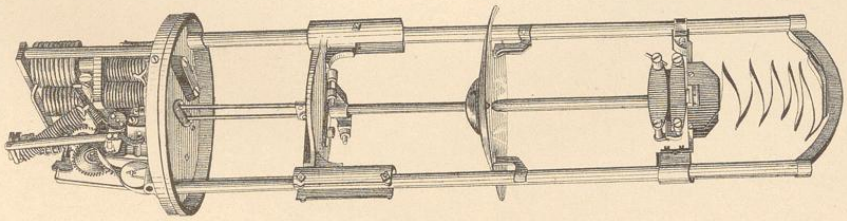


Fig. 1. Gleichstrom-Bogenlampe
Strahlungskurve.

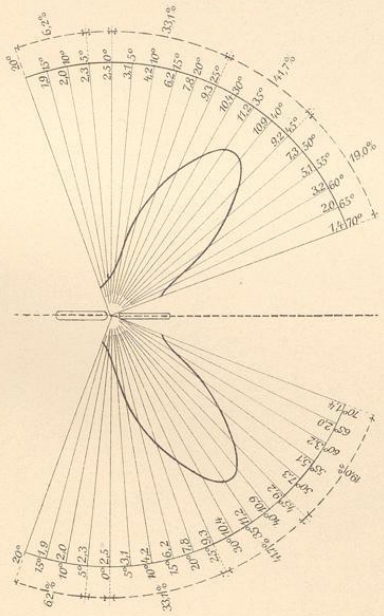


Fig. 2. Wechselstrom-Bogenlampe
ohne Reflektor.

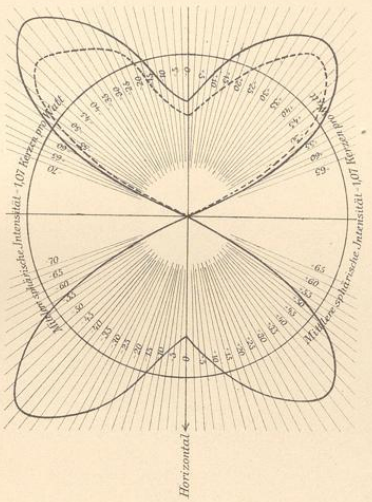


Fig. 3. *mit Reflektor.*

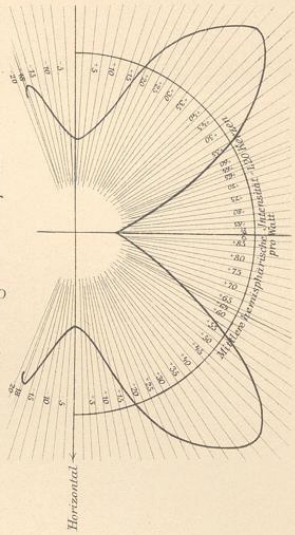
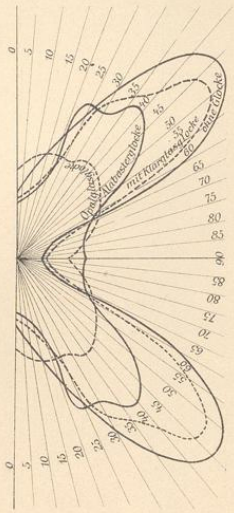


Fig. 4. Schwächung der Leuchtkraft
durch Glasglocken.



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 4.

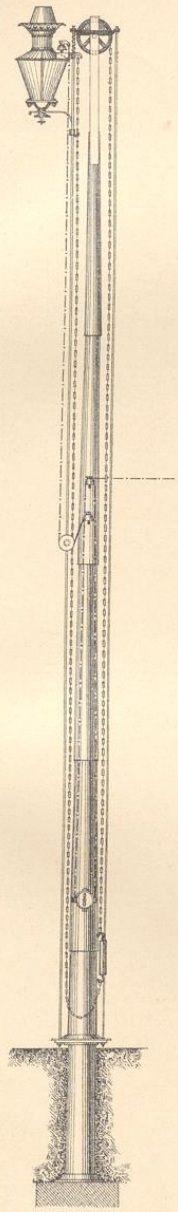


Fig. 3.

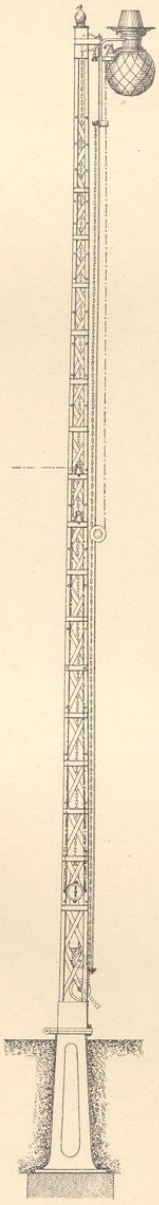


Fig. 2.

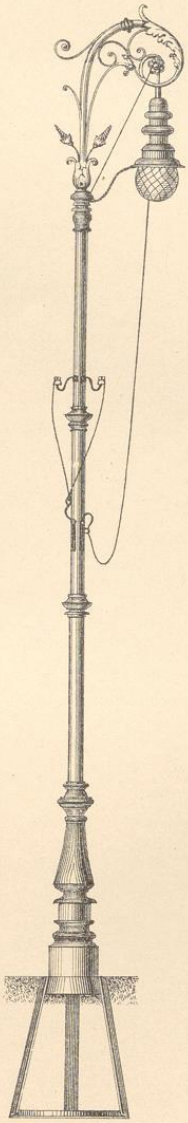
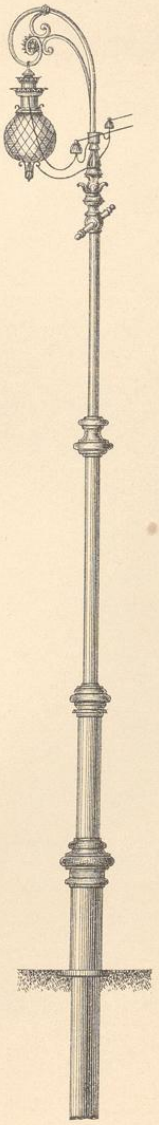


Fig. 1.

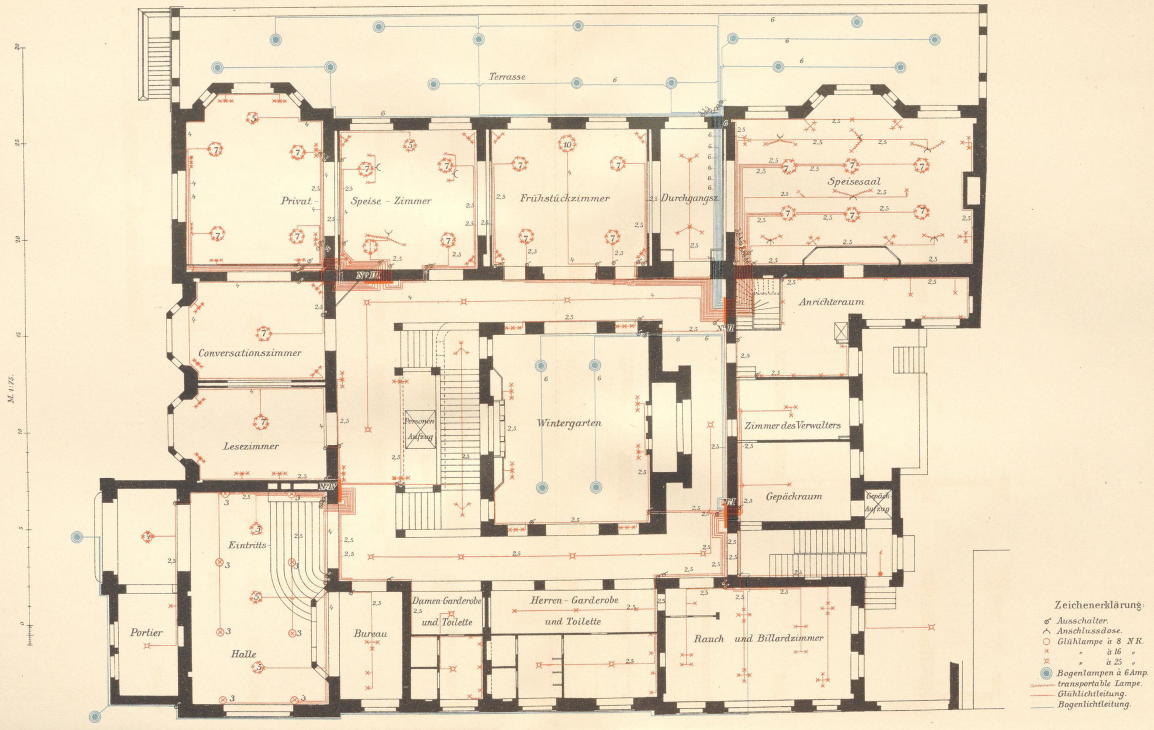


Maßstab 1 : 25.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Taf. 67.

Beleuchtungsplan für das Erdgeschoss.



Zeichenerklärung:

- Ausschalter.
- Anschlussdose.
- Glühlampe à 8 NK.
- " à 16 "
- " à 25 "
- Bogenlampen à 6 Amp.
- transportable Lampe.
- Glühlichtleitung.
- Bogenlichtleitung.

Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Nasser Gasmesser mit Absperr-Vorrichtung.

Fig. 1. Ansicht von vorn.

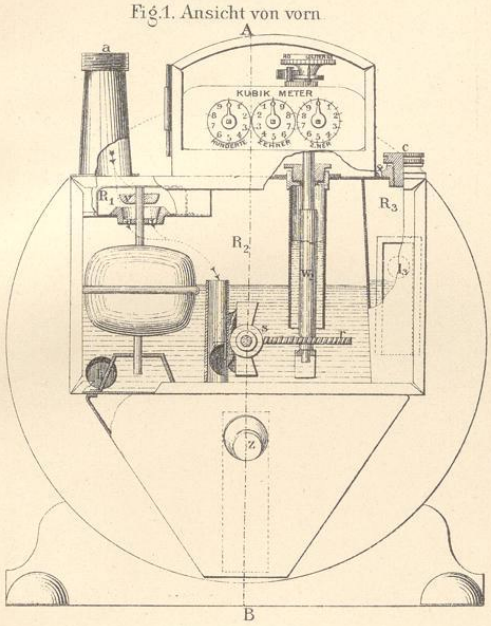


Fig. 2. Schnitt nach A B.

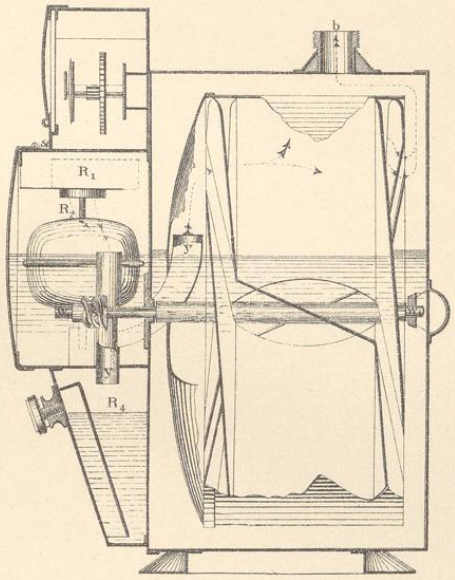


Fig. 3. Perspectivische Ansicht.

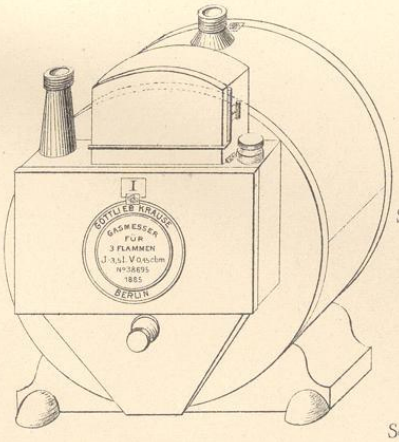


Fig. 4. Zählwerk.

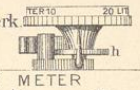


Fig. 4. a.

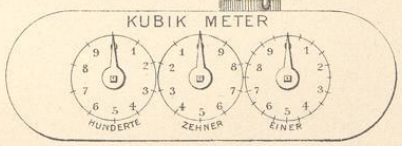
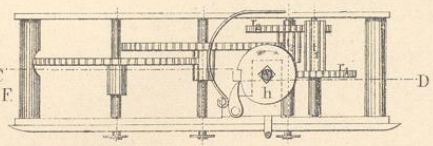


Fig. 4. b. C
Schnitt nach E F.



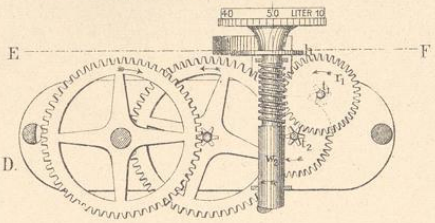
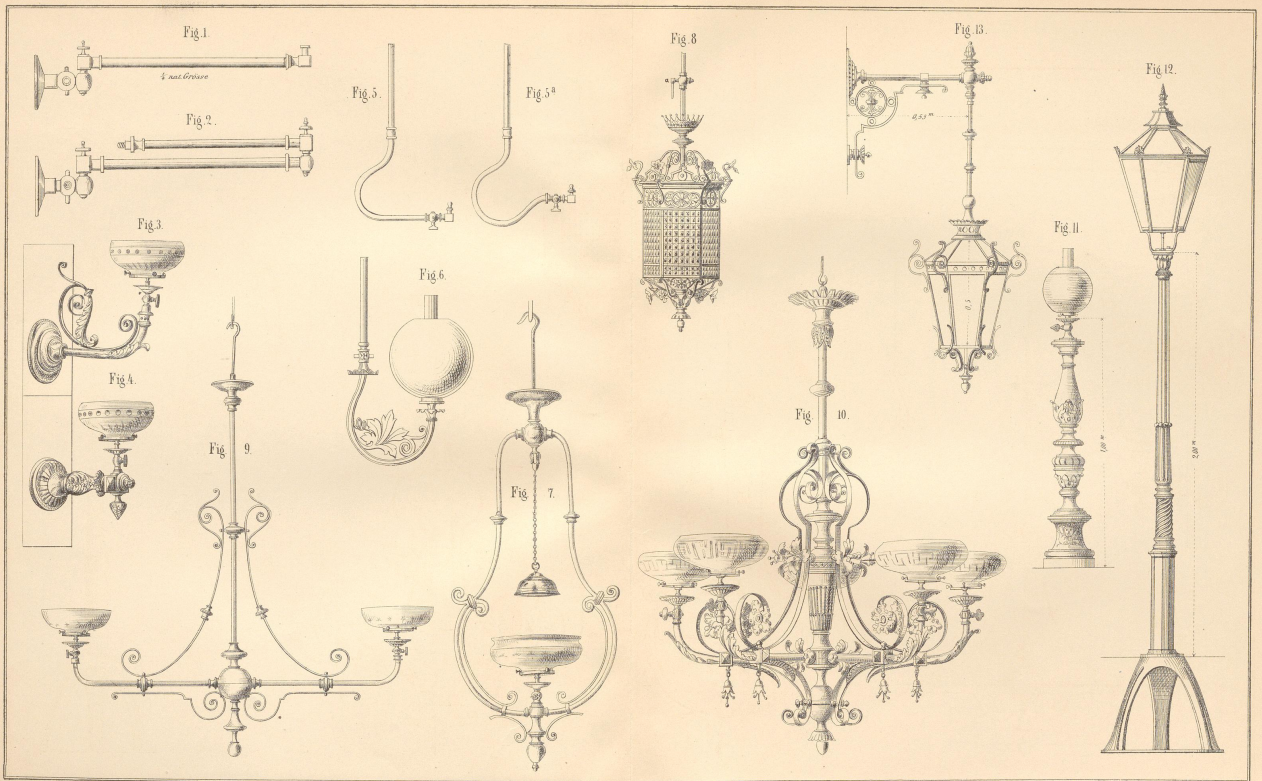


Fig. 4. c.
Schnitt nach C D.

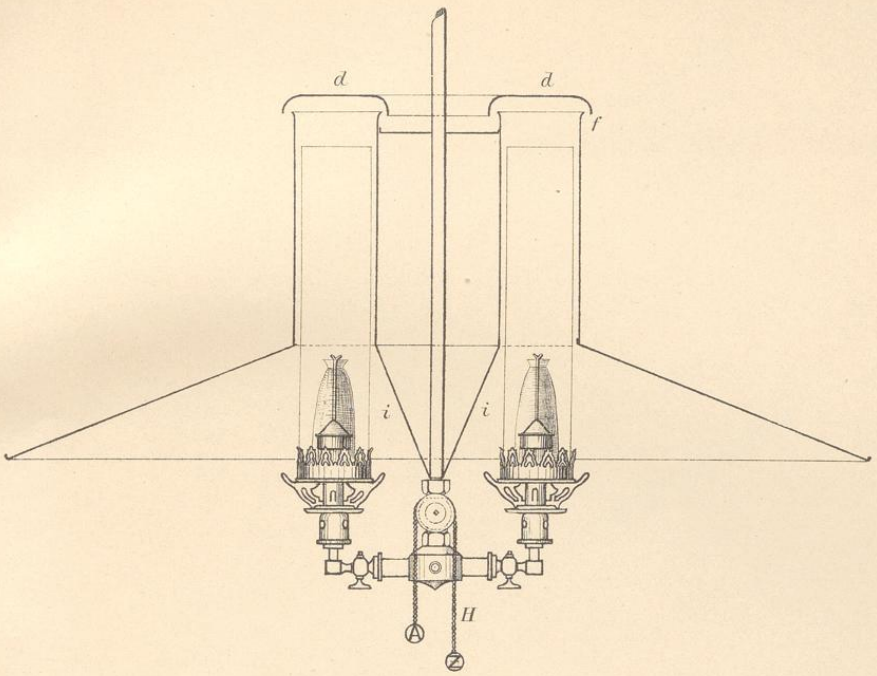


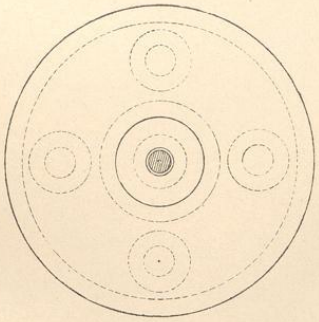
Brevmann IV Versch. Konstr. 4 Aufl.

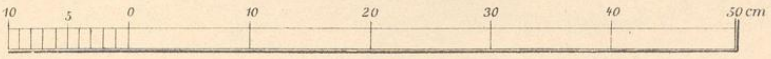
Die Muster Fig. 3, 4, 7, 8, 9, 13 sind gesetzlich geschützt.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Taf. 70.







Taf 71.

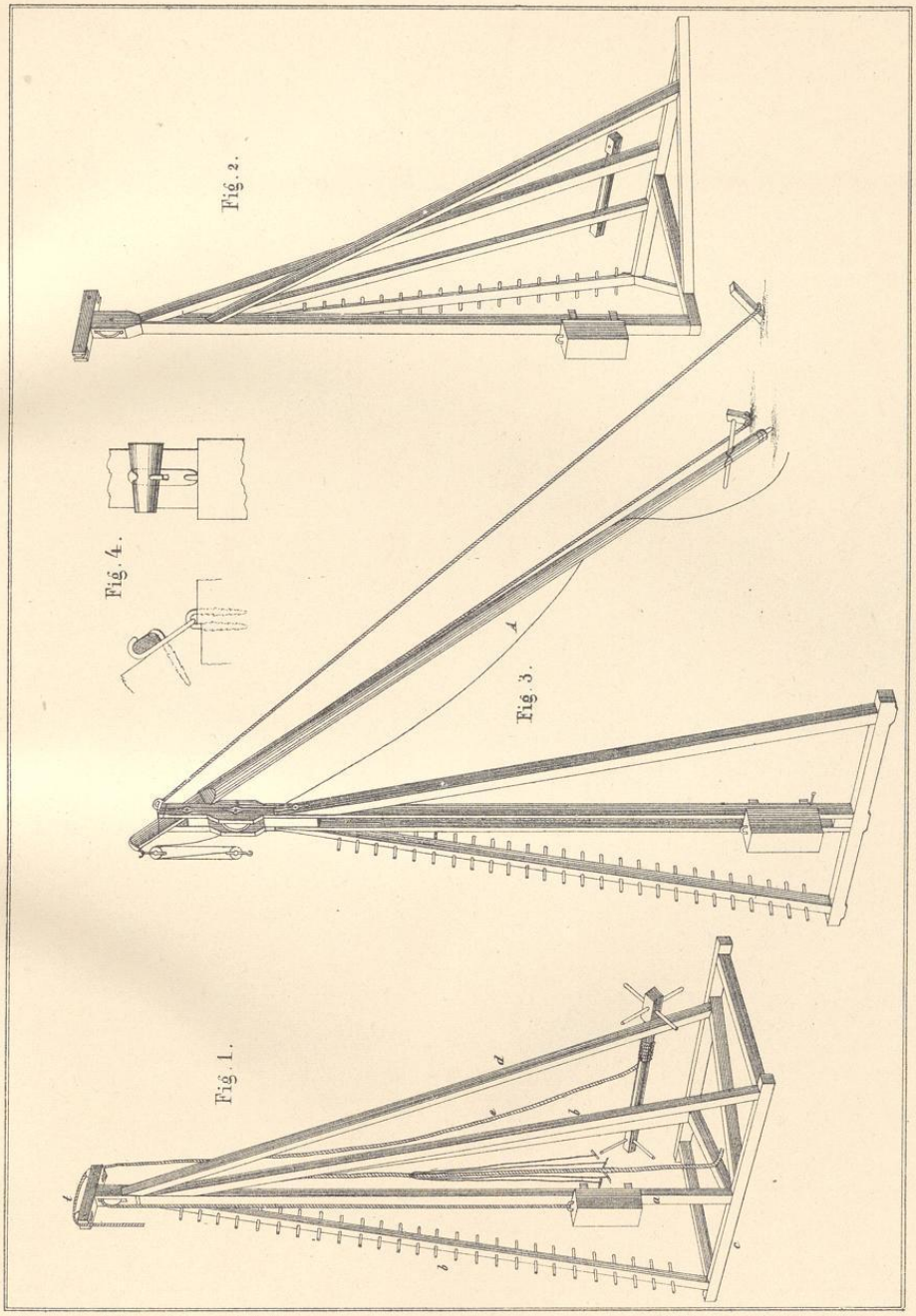


Fig. 4.

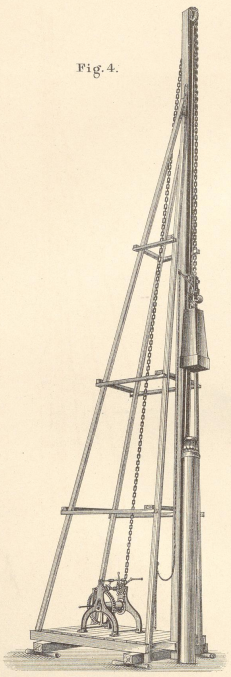


Fig. 3.

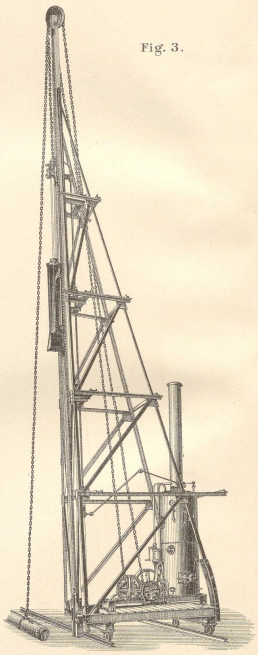


Fig. 2.

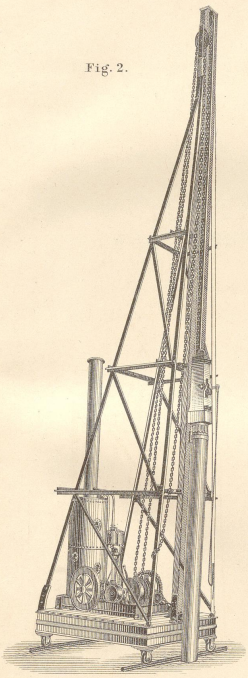
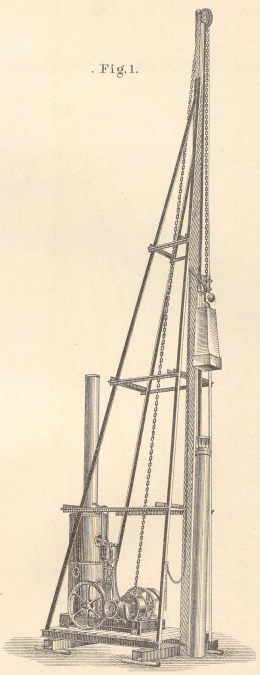


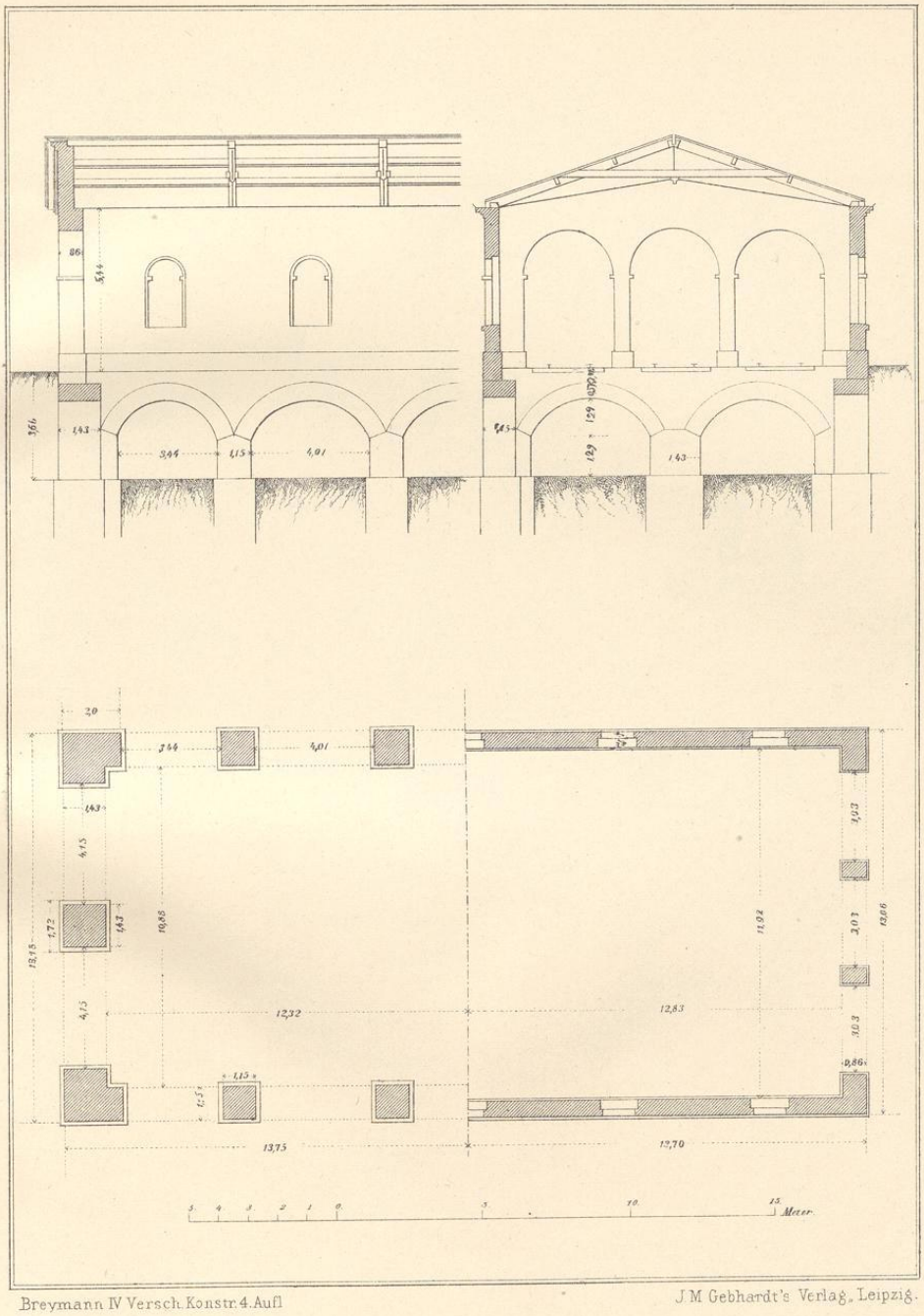
Fig. 1.



Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl.

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Taf. 73.

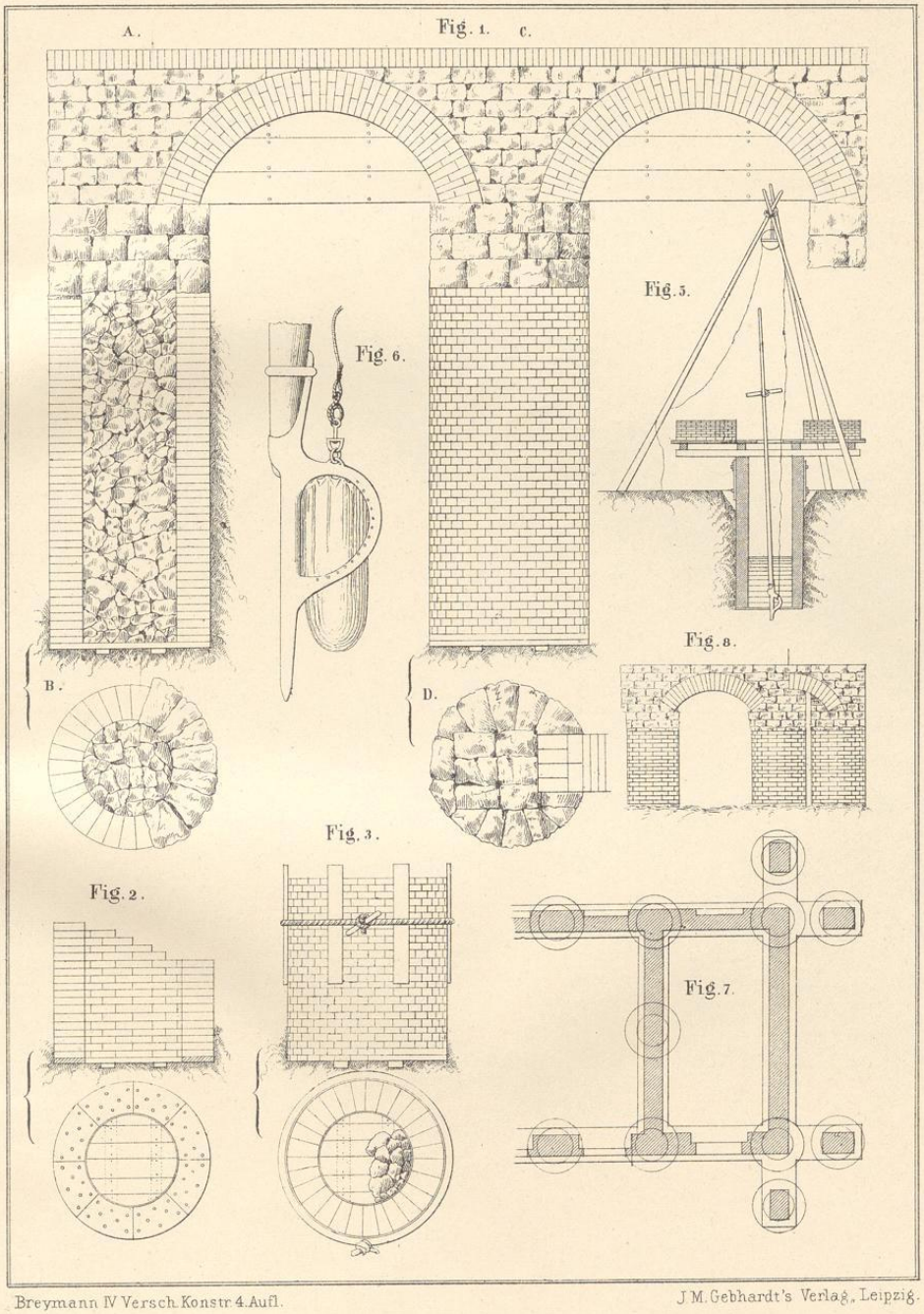


Breymann IV Versch. Konstr. 4. Aufl

J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

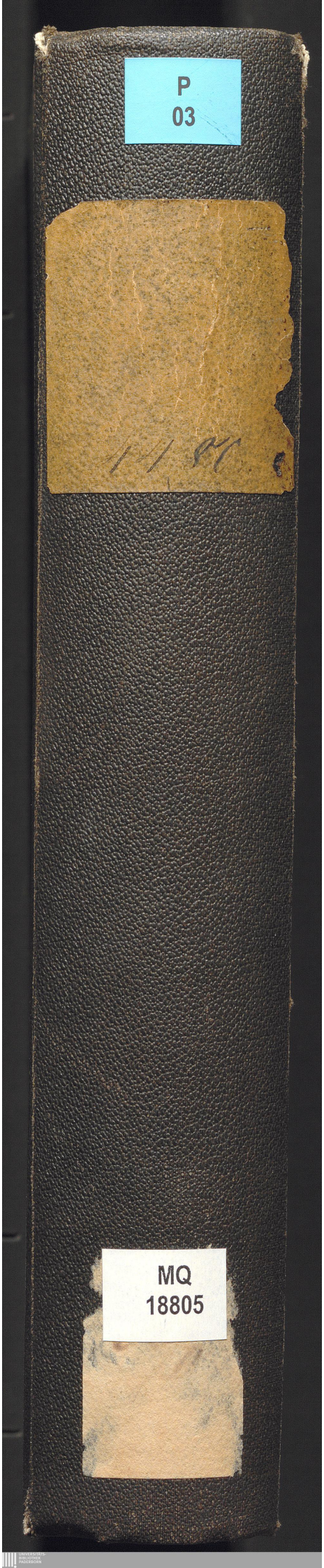
Taf. 74.



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

03MQ18805

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN


P
03
MQ
18805