UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

I. Abschnitt. Die Feuerungsanlagen.

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

Visual Library

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:

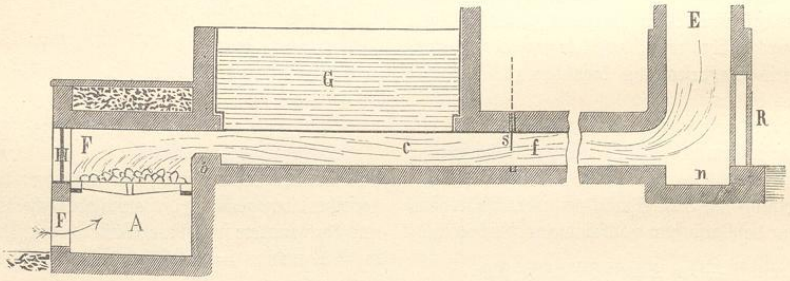
a) der Verbrennungsraum oder die Stätte der Wärmeerzeugung;

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,

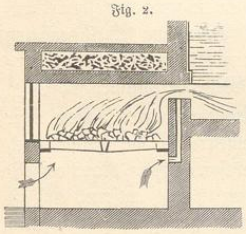
viele der Rauchverzehrungen zu diskreditieren. Auch befinden sich einige Konstruktionen darunter, die als recht rationell von kompetenter Seite empfohlen sind.

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

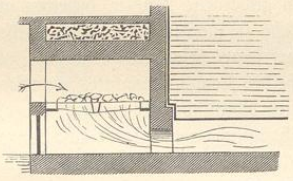
1) v. Reiche, a. a. O.

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

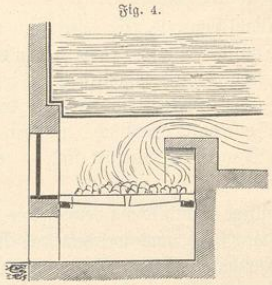
Fig. 3.



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.

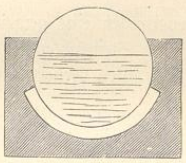


Fig. 6.

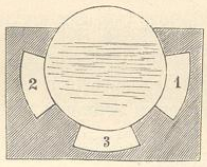
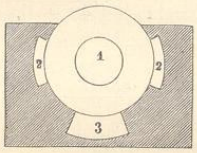


Fig. 7.



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.

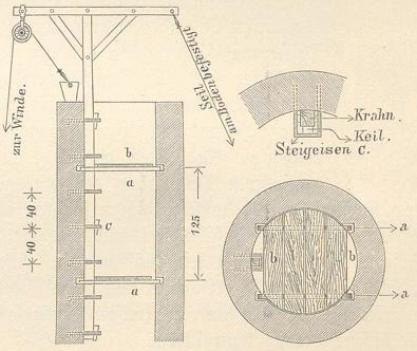
Die Schornsteine mit quadratischem Querschnitte erhalten in der Regel oben einen Aufsatz mit stark geneigten Seitenflächen, Tafel 3, Fig. 5. Es ist bei Herstellung desselben darauf zu sehen, daß die behauenen Seiten der Backsteine weder nach der Außen-, noch nach der Innenseite der Schornsteinwandung 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.

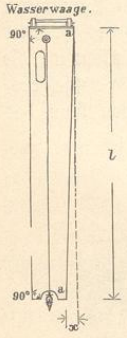
Wegen der bedeutenden Kosten, welche die Herstellung eines Gerüstes verursacht, werden in der Neuzeit hohe Fabrikschornsteine „von innen“ gemauert, wenn die Lichtweite derselben mindestens 75 cm beträgt. Gewöhnlich

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:

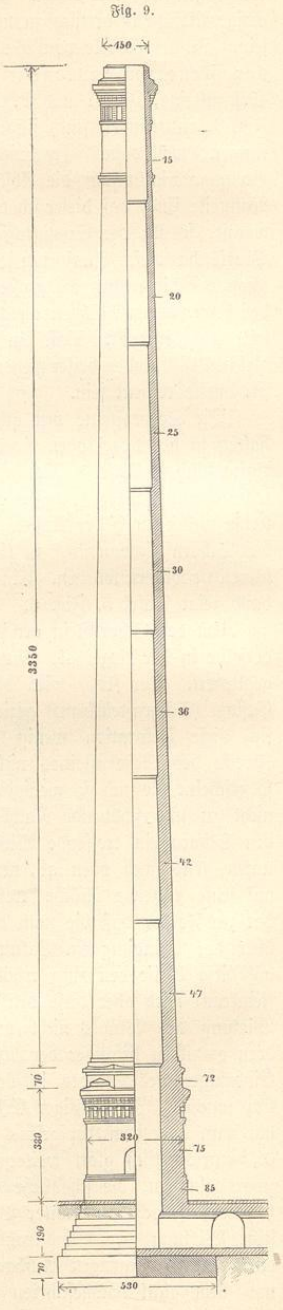
Kunheim & Co. in Berlin, H. R. Heinicke in Chemnitz u. a. Die erstgenannte Firma verfertigt zwölf verschiedene Sorten Formsteine für nachstehende Mündungsdurchmesser: 0,75 m, 1,00 m, 1,25 m und 1,50 m.

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.

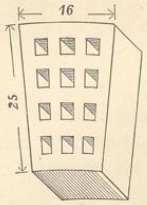


Fig. 11.

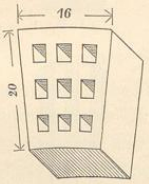
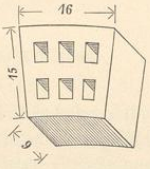


Fig. 12.



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.

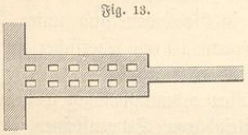
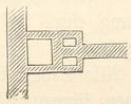


Fig. 14.



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.

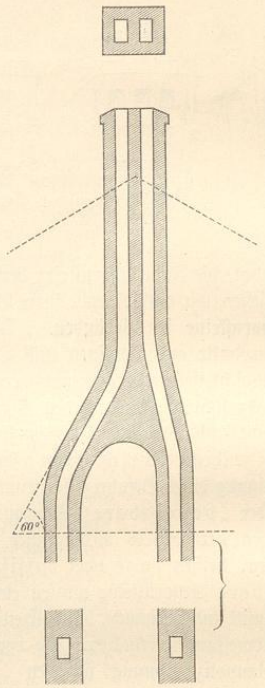
In der Dach-Etage pflegt man zwei oder mehrere nahe aneinander gelegene Schornsteine zu einem einzigen zu vereinigen, um den Dachverband und die Dachdeckung möglichst wenig zu stören. Es geschieht dies durch das sogenannte Ziehen und Schleifen der Schornsteine.

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).

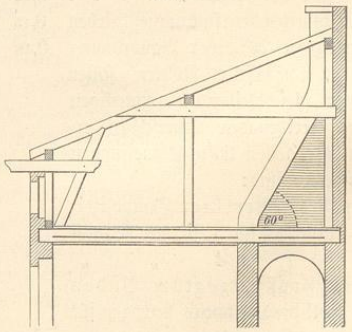
Das Ineinanderschleifen der Schornsteine, d. h. das Weglassen der Zungen nach vollzogenem Ziehen, ist auf

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.

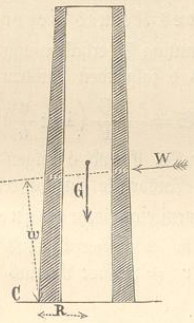
§ 11.

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:

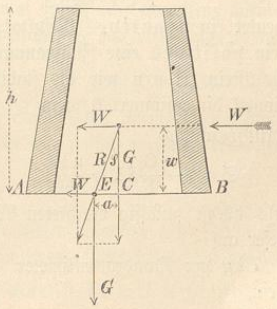
> daß in keinem Teile derselben eine übermäßige Zugspannung, vielmehr nur eine so geringe Zugspannung auftritt, daß eine Gefährdung der Konstruktion nicht zu gewärtigen ist.

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.

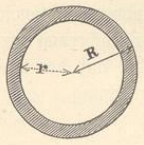
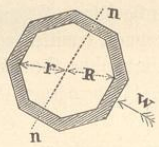


Fig. 20.



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

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

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

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.

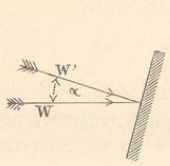
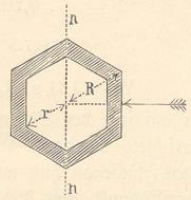


Fig. 22.



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

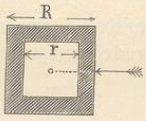
$$F = 2{,}598\,(R^2 - r^2)$$

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

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.

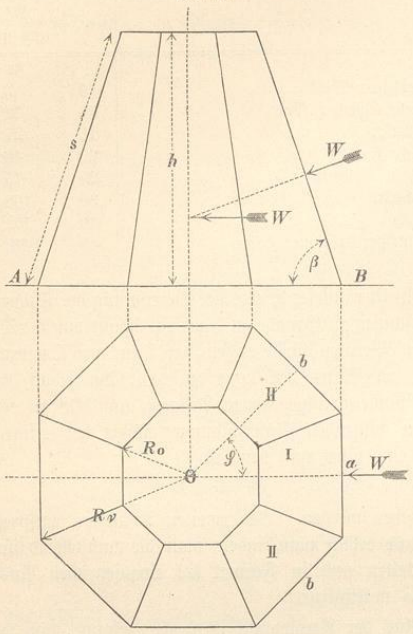
Der Mantel des Schornsteines ist in Fig. 24 im Grundriß und Aufriß dargestellt. Der Neigungswinkel der Seitenfläche gegen den Horizont sei β; dann ist der Winkel α zwischen der Windrichtung und der Normalen auf die Fläche I gleich $90° - \beta$, und der horizontale Winddruck auf Fläche I:

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

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

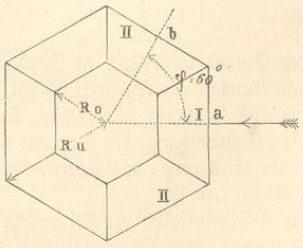
$$W\,w = 44\ h^2\,(2\ R_o + R_u)$$

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.

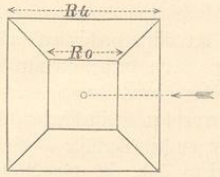


ein Prisma zu ersetzen, dessen Querschnitt der umschriebene Radius

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

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

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

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

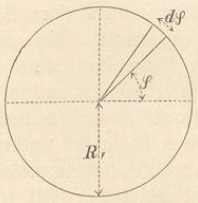
$$W\,w = 33\,h^2\,(2\,R_o + R_u).$$

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:

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

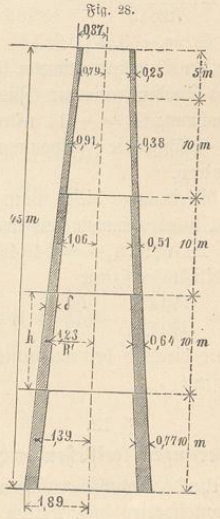
mithin:

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

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

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.

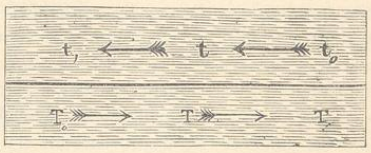
b) Der Wärmeübergang mit einfachem Strome kommt bei Dampfkesseln vor, wo eine Seite der Kesselwandung durch das Wasser berührt wird, während die heißen Feuergase die äußere Seite der Kesselwand bestreichen.

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 $K = 1{,}5$.

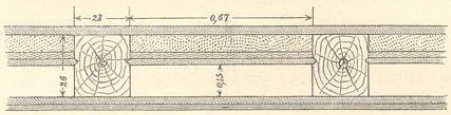
e) Es bleiben endlich noch die Werte von K für wagerechte, hohle Deckenkonstruktionen von Holz (gestakte Decken oder halbe Windelböden) zu bestimmen. Diese Verhältnisse hat H. Fischer sehr eingehend behandelt und rechnerisch entwickelt auf S. 54 des unten genannten Werkes. Hierbei wird zu unterscheiden 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

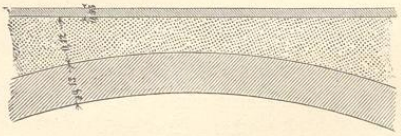
$$K = 0{,}35.$$

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.

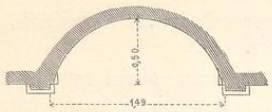
I. Kaminheizung.

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.

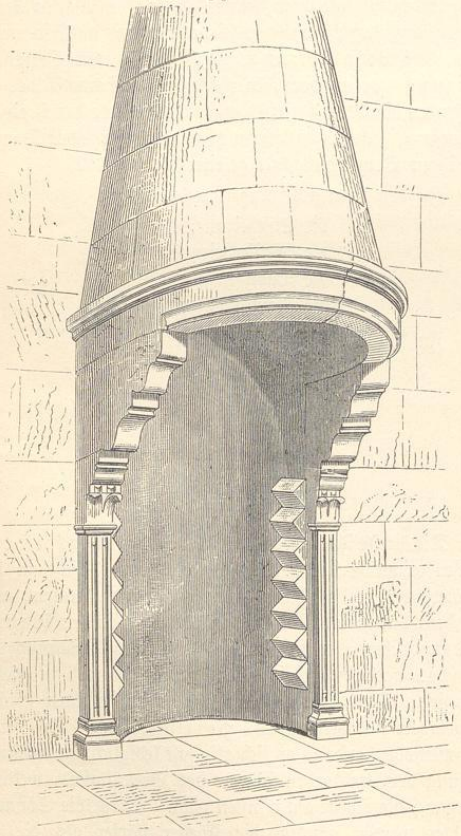
Geschichtliches. Im Altertum scheint man, soweit die Ausgrabungen in Pompeji darauf schließen lassen, diese Heizmethode nicht angewandt zu haben. Dagegen wird berichtet, daß im Zeitalter des Augustus die Wärme unterirdischer Heizungen durch vertikale Röhren in der Mauer in die obere Etage geleitet wurde. 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.

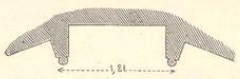
Fig. 33.



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.

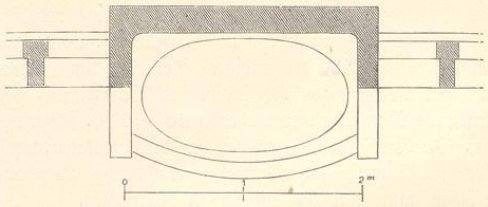
Diese ältesten Kamine haben gewöhnlich kreisförmigen Grundriß, wie nebenstehendes Beispiel aus dem Amtszimmer der Chorschule bei der Kathedrale Puy-en-Velai aus dem XII. Jahrhundert zeigt (Fig. 32). Die Seitenpfeiler und der Mantel des Kamines sind hier in Schnittstein ausgeführt und geradlinig überdeckt; 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.

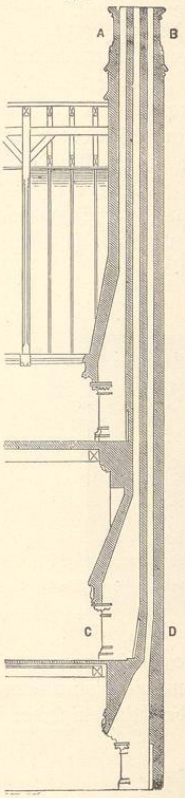


Fig. 36a.
Schnitt bei A B.



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])

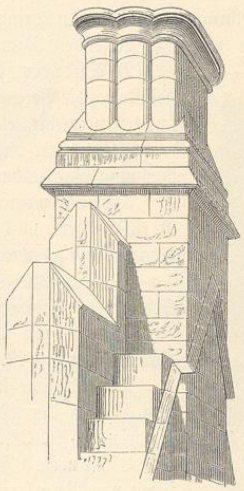
Beispiele von seltenem Reichtum und hoher Eleganz der Konstruktion enthalten endlich die Schlösser der Renaissanceperiode. Eine Anzahl derselben aus der Zeit Franz I., Heinrich II. und Heinrich III. sind durch César Daly[2]) publiziert.

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

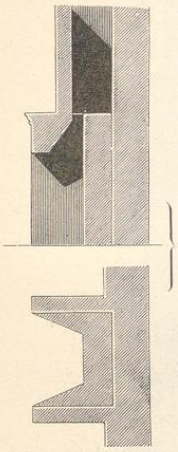
§ 24.

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.

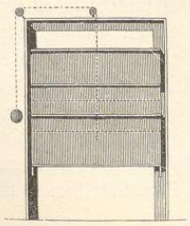
3) Die Temperatur des Rauches ist eine höhere, weil weniger unverbrannte Luft entweichen kann.

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.



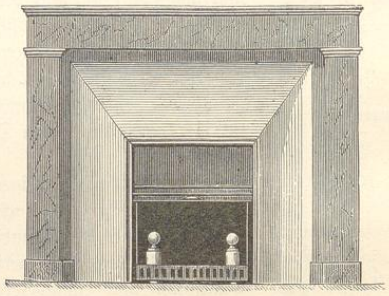
Den Betrag an strahlender Wärme, der durch gute Kamine erzielt werden kann, hat Péclet durch Versuche festgestellt: hiernach gelangen durch die Öffnung eines gut eingerichteten Kamines nur 25 Proz. der gesamten durch Strahlung entwickelten Wärme in das Zimmer. Da nun der Strahlungs-Koeffizient für Holz 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.

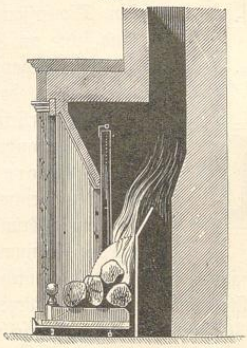
In betreff des Schornsteinquerschnittes kam Péclet nach Versuchen an Kaminen verschiedener Konstruktionen zu dem Ergebnis: daß in bedeckten Herden das Volumen der zugeführten Luft mindestens 100 cbm pro Kilogramm Holz beträgt und daß eine Schornsteinöffnung von 0,20 bis 0,25 m Seitenabmessung fast immer 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.

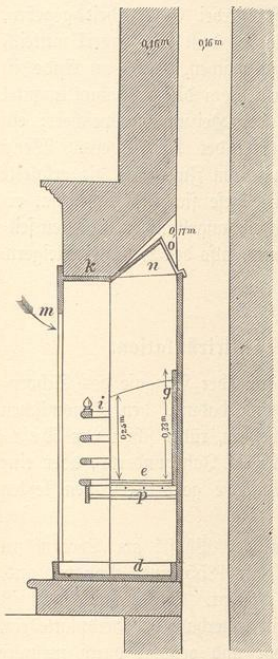


den Fond des Kamines gerückt wird. Nach erfolgtem Anbrennen schiebt man den beweglichen Herd so weit ins Zimmer vor, als ohne Rauchentwickelung statthaft ist, und

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.

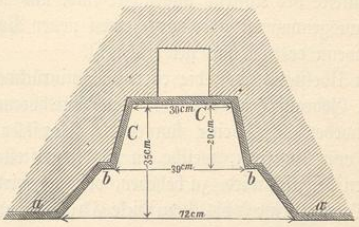


Fig. 44.

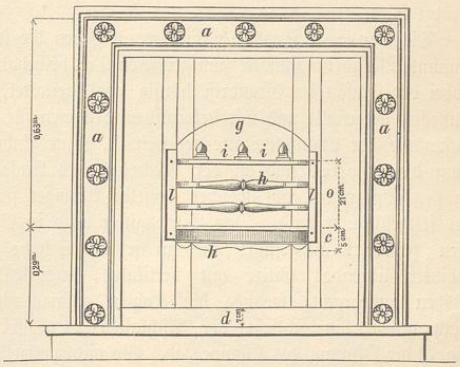
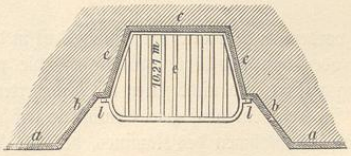


Fig. 45.



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.

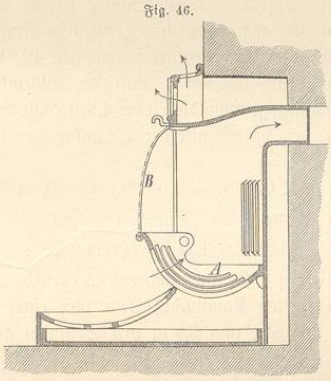
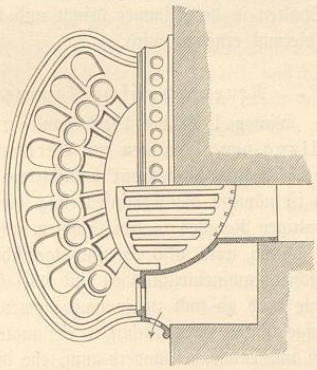


Fig. 47.



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.

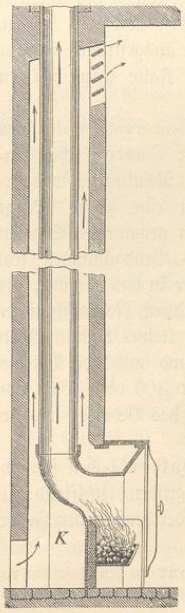
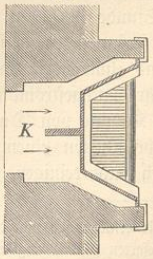


Fig. 49.

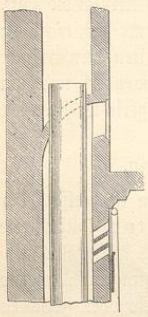


Decke aufsteigt und die Erwärmung der quadratisch geformten Luftkammer K bewirken soll. Die Chamottesteine verhindern das Glühendwerden des Einsatzes an der stark exponierten Feuerstelle. Die Wärmekammer liegt hinter dem Feuerherd, kommuniziert mit der Außenluft und mündet dicht unter der Decke in das 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.

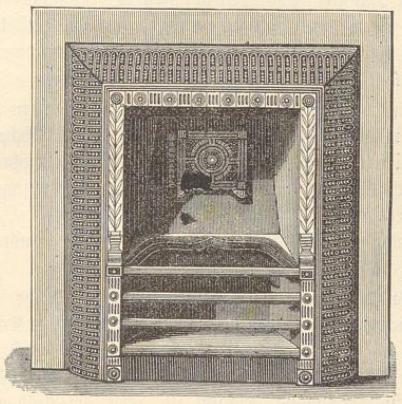
Rauchentwickelung, welche je nach der Quantität der aufgeworfenen Kohle 5 bis 10 Minuten anhält.

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.

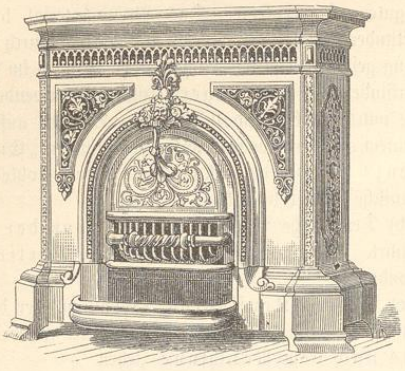
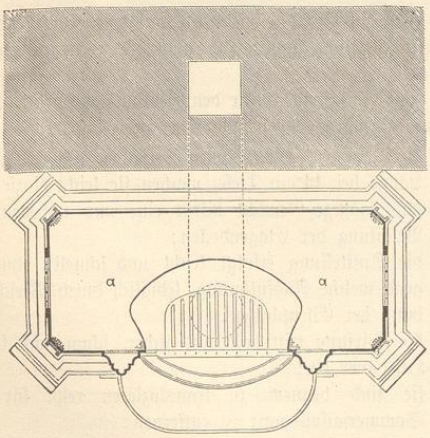


Fig. 53.



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:

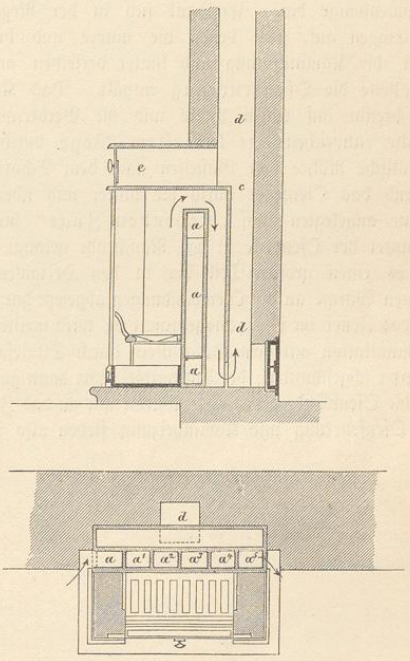
ad 1 bis 3) durch Aufstellung eines Ventilations- oder eines Kensington-Kamines, resp. eines der neueren Patentkamine von Musgrave u. a.;
ad 4) durch Erhöhung des Schornsteines oder Verengung der Ausflußöffnung;
ad 5) durch genügende Zuführung von Ventilationsluft;
ad 6) jeder Kamin muß seinen besonderen, 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.

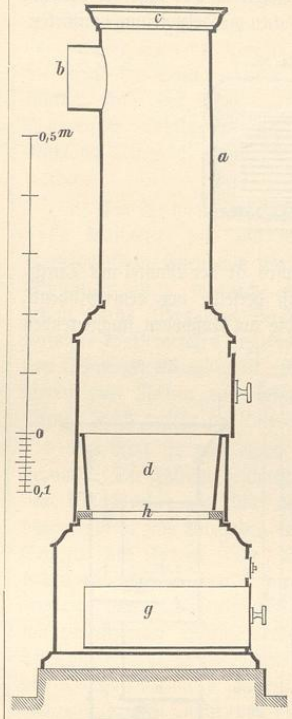
In der That zeigen die eisernen Öfen neuerer Konstruktion, daß man fortgesetzt bemüht ist, die Übelstände, welche aus dem Material entspringen, bis zu einem gewissen Grade zu beseitigen. Diese Versuche werden sich am leichtesten bei der Besprechung der einzelnen Ofengattungen erläutern lassen. Wir beginnen 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.

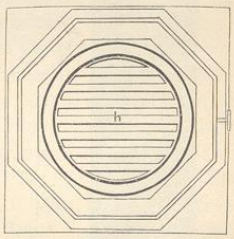
Der Cylinder a wird auf einen sockelähnlichen Fuß gestellt und oberhalb durch einen dichtschließenden Deckel geschlossen, unter welchem sich das Rauchrohr b abzweigt, das die Verbindung mit dem Schornstein herstellt.

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.



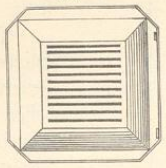
Unter dem Rost, in dem achteckigen Sockel, befindet sich der Aschenkasten g. Der Abschluß nach unten erfolgt durch das achtseitige Postament (Fig. 57), das auf eine Sandsteinplatte aufgesetzt wird, um die Dielung vor dem Durchbrennen zu schützen. Das Rauchrohr wird gewöhnlich erst in größerer Höhe, näher 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.

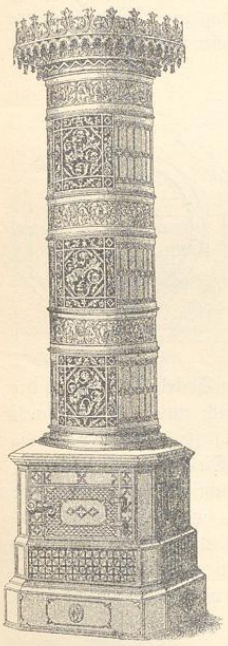
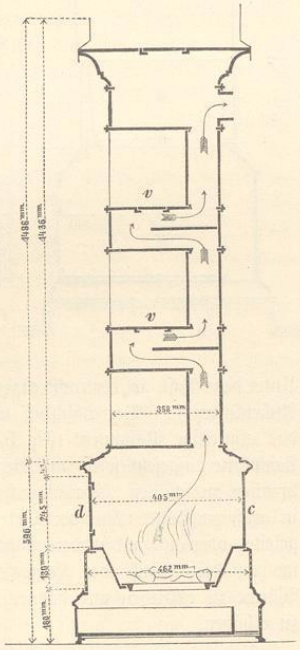


Fig. 60.



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.

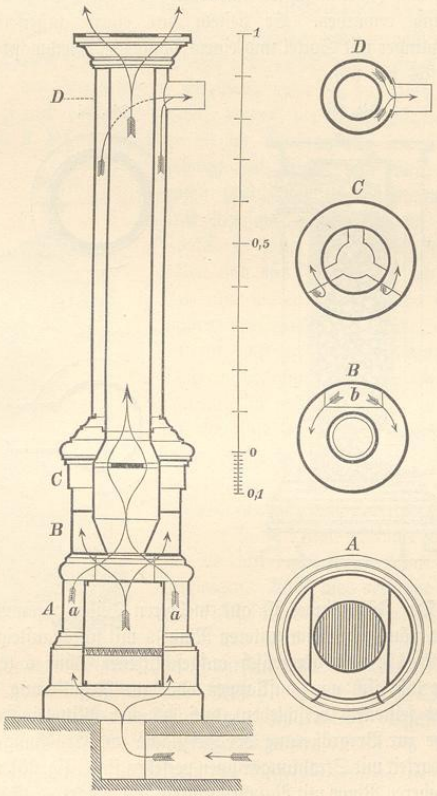
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 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.

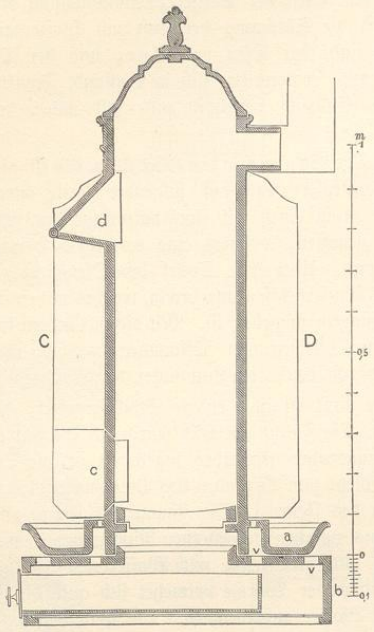
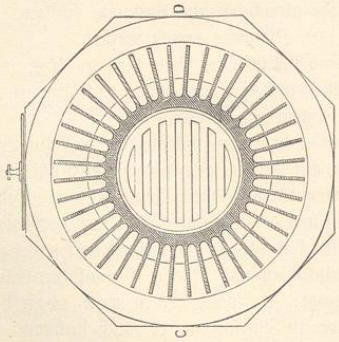


Fig. 63.



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.

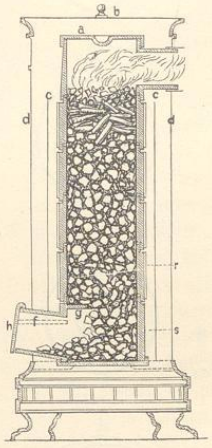


Fig. 65.

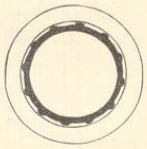
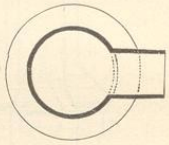


Fig. 66.



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

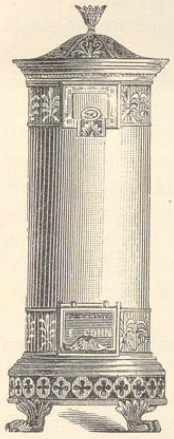
1) Prospekt der Kaiserslauterner Fabrik 1870 und Katalog der Kasseler Spezialausstellung 1877.

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.

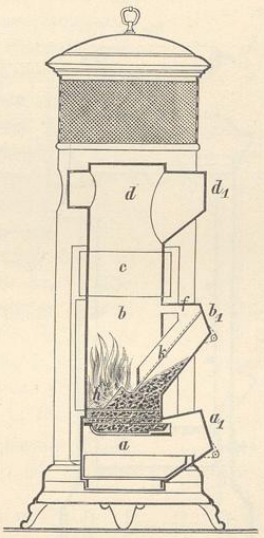
1) Dr H. Zwick, Die Zimmeröfen der letzten 10 Jahre. Leipzig.

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.

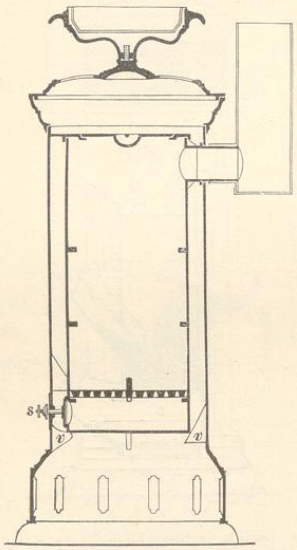
Bedienung des Ofens. Backkohlen können nur in dünnen Schichten aufgebracht werden; Stein- und Braunkohlen bringt man durch die mittlere Thür derart ein, daß der Schacht bis oben gefüllt ist. Bei h soll sich stets hellbrennendes Feuer befinden und beim Nachfüllen darf dasselbe nie verschüttet werden. — 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.

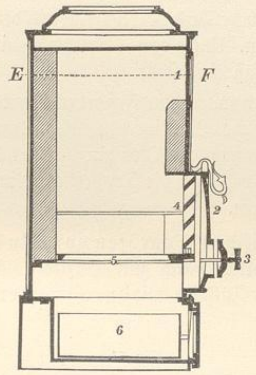


Fig. 71. Grundriß

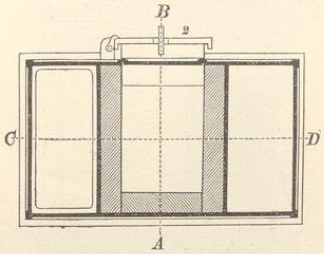
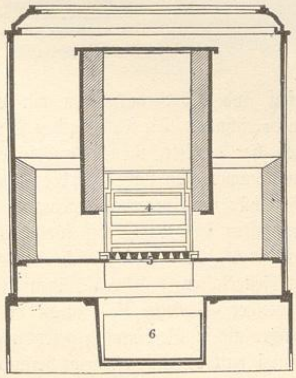


Fig. 72. Schnitt CD.

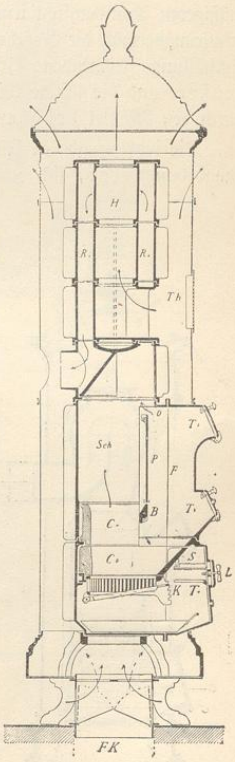


Es ist bezeichnet: die Fullthür mit 1, die Regulierthür nebst Regulierschraube mit 3; der eingehängte Treppenrost (4) hindert das Herausfallen der Kohlen. Der Feuerrost wird eingemauert. Die Wände des Brennschachtes sind mit Chamotteplatten ausgefuttert. Über dem Roste geht zu beiden Seiten des Brennschachtes 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.

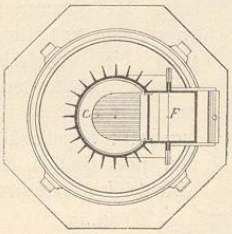
Gut bewährt hat sich namentlich für Krankenhäuser der dem Ingenieur Kori patentierte Ofen Fig. 73 u. 74. Der Verbrennungsraum bildet die Fortsetzung des Füllschachtes F und ist mit Chamottesteinen C_1 und C_2 ausgefuttert. Unterhalb der Ausfutterung befindet sich der Korbrost K mit angehängtem, beweglichen 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.

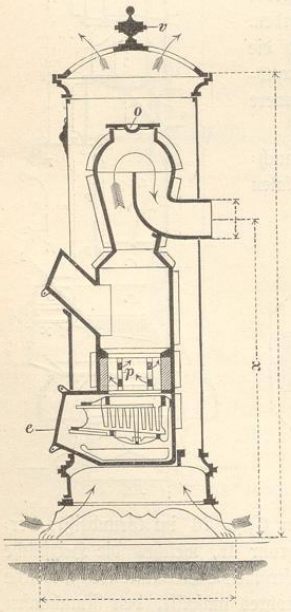
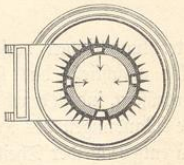


Fig. 76.



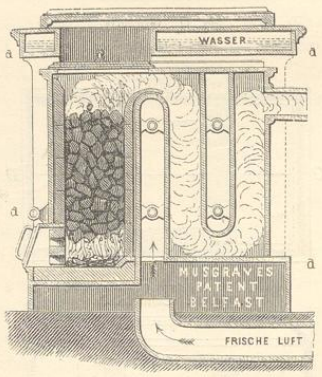
1) Schinz, Die Wärmemeßkunst.

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.

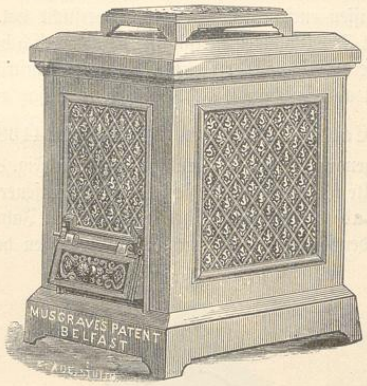
Fig. 77.



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.

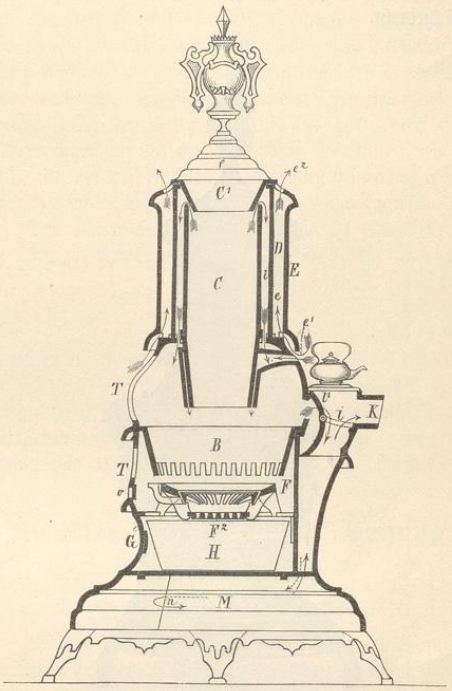
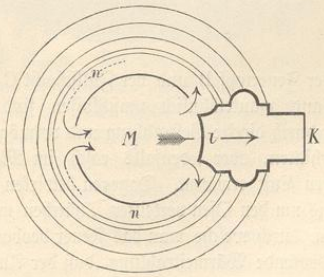


Fig. 79a.



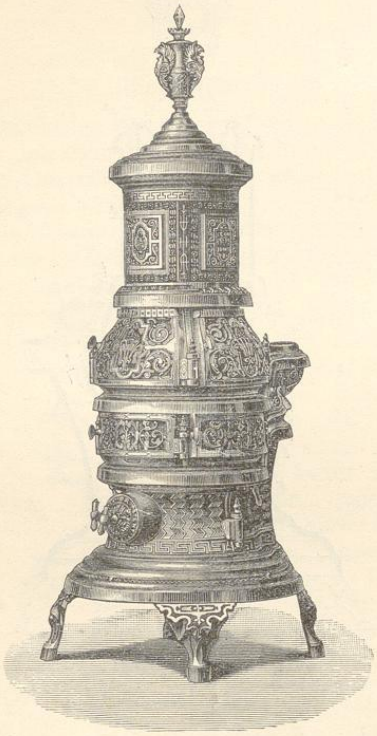
Details sind zum Teil sehr durchdacht; der Preis ist ein mäßiger.

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.

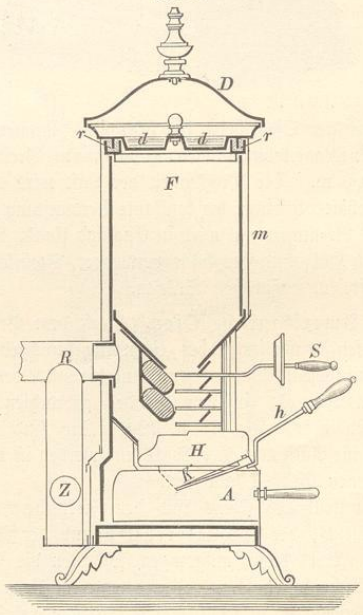
Resumé. Der Anblick der prasselnden Flamme kann wegen der in ihrem Gefolge auftretenden lästigen Strahlung nicht als Vorzug gelten und die Ähnlichkeit mit den amerikanischen Kaminen, den sogenannten „Franklinen", ist nur eine sehr geringe, da vor allem die den Kaminen eigene, belebende Lufterneuerung 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.



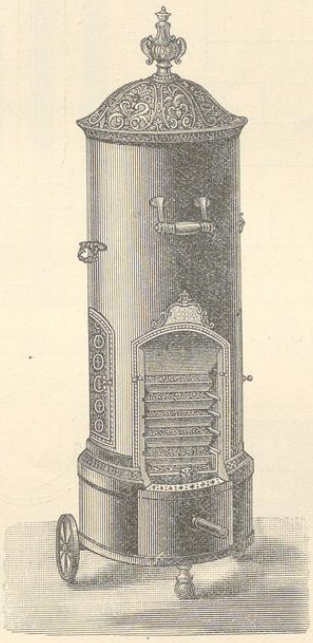
Der Füllschacht F des Ofens ist cylindrisch und wird im unteren Teile durch zwei schräge Metallflächen bis zur Weite des Brennraumes verengt. Oberhalb ist derselbe durch den abnehmbaren gußeisernen Deckel d, der mit Wasser gefüllt werden kann, geschlossen. Dies Wasser dient zur Befeuchtung der Zimmerluft. 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.

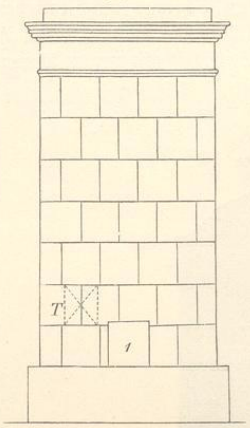


Fig. 84.

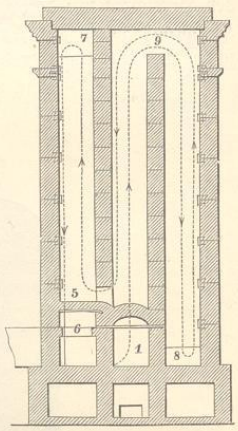


Fig. 85.

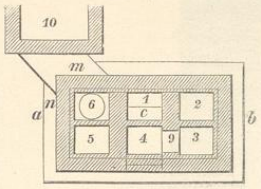


Fig. 86.

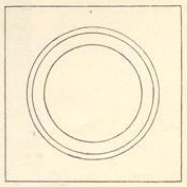


Fig. 87.

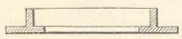
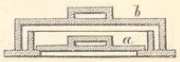


Fig. 88.



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.

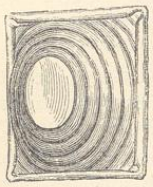
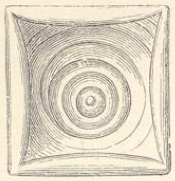


Fig. 90.

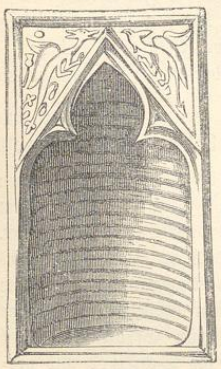


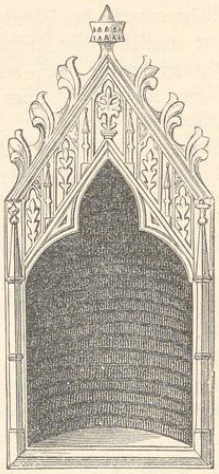
ist — die Schüsselhöhlung nach außen trat. Der umgeschlagene quadratische Rand ist zum bequemen Aufbau der Schichten nötig. Solche primitive Kacheln sind nicht glasiert; der Ofen wurde höchstwahrscheinlich äußerlich mit einer Kalktünche überzogen.

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.

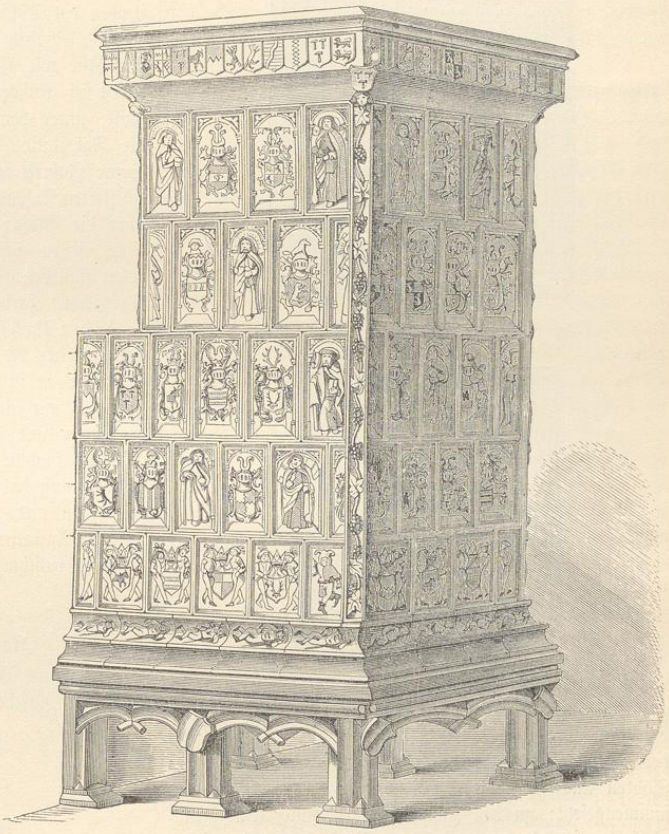


20 cm breit und 32 cm hoch; die Pressung ist scharf, die Palette um zwei Farben vermehrt: der Farbenschmelz ist ein außerordentlich gelungener. Andere Kacheln dieser Periode stellen mit Vorliebe Heiligenbilder oder biblische Vorgänge dar, wie der Ofen aus der Sakristei von St. Stephan in Wien. Überhaupt 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

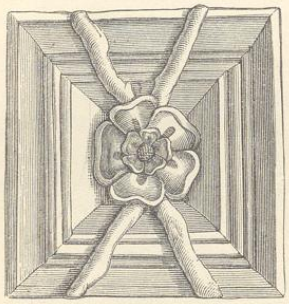
auch im XVI. Jahrhundert in Deutschland geübt; aber es änderte sich der Stil und die Modellierung; die Farbe gewann an Frische und Reinheit.

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.

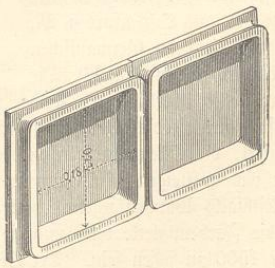
Eine Umkehr von dieser landläufigen Produktion ist erst vor circa 20 Jahren erfolgt, indem einzelne Fabrikanten, wie Sälzer in Eisenach und Fleischmann in Nürnberg, zunächst mit Reproduktion schöner mittelalterlicher Öfen vorgingen und dadurch anregend wirkten. Die bewußte Wiederaufnahme der Majolikatechnik 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.

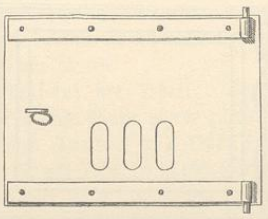
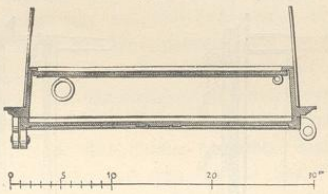


Fig. 101.



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.

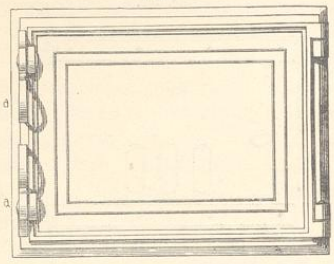


Fig. 103.

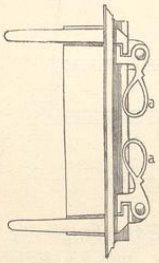
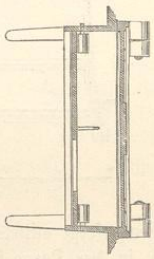


Fig. 104.



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.

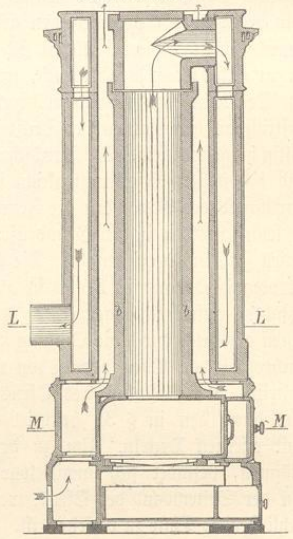
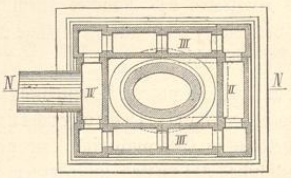


Fig. 106.
Schnitt bei LL.



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.

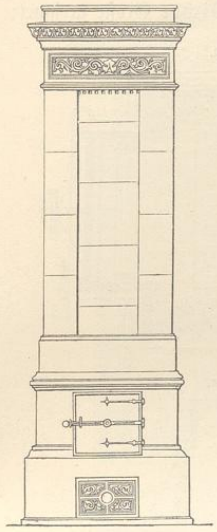


Fig. 109.

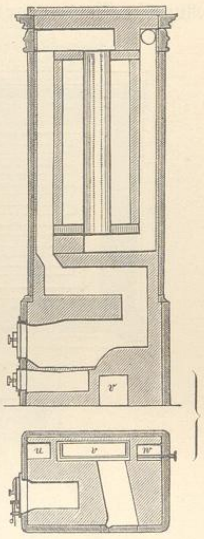
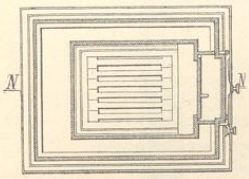


Fig. 108.
Schnitt nach MM.



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.

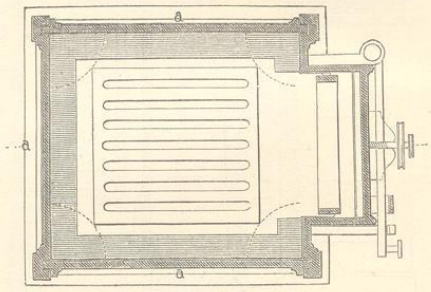
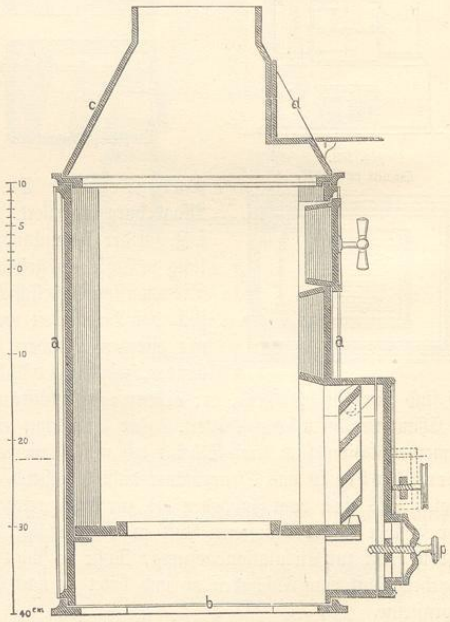


Fig. 111.



b) Einfassungsöfen, postamentähnlich, für kleine elegante Zimmer oder Boudoirs;

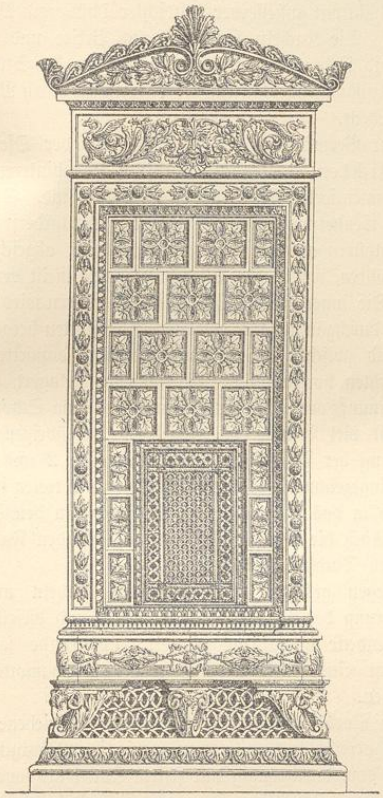
c) Öfen mit Mittelsims, in deren Untersatz ein besonders großer Einsatzofen eingefügt ist;

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.

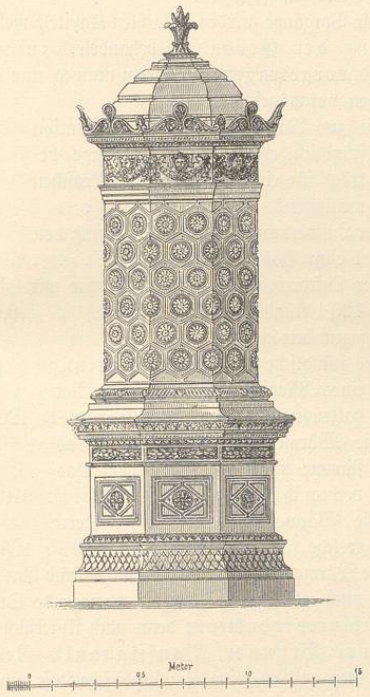
In Norddeutschland ist die zuletzt beschriebene Ofengattung gemischter Konstruktion wenig im Gebrauch; man setzt sie dort durchgängig mit festem Sockel als sogenannte „Grundöfen", die Wärmröhren mit Gitterkachel fallen fort.

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.

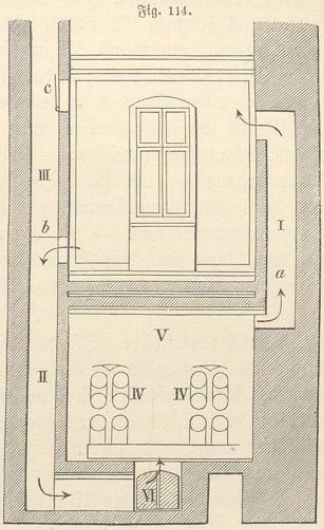
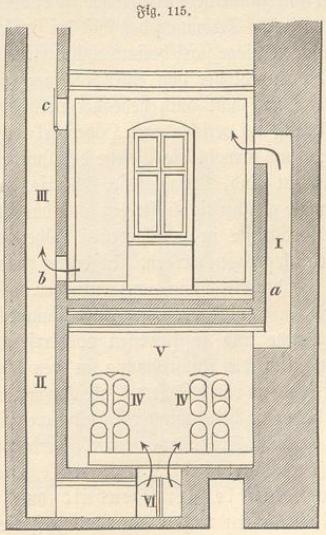


Fig. 115.



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.

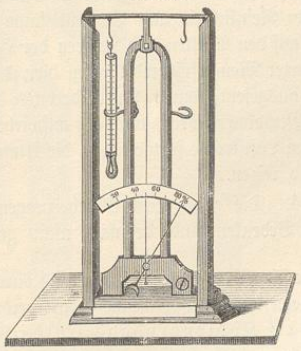
1) Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1874, Nr. 27.

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.

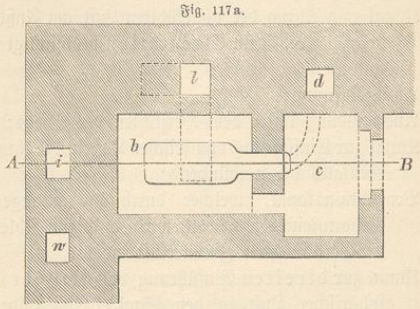
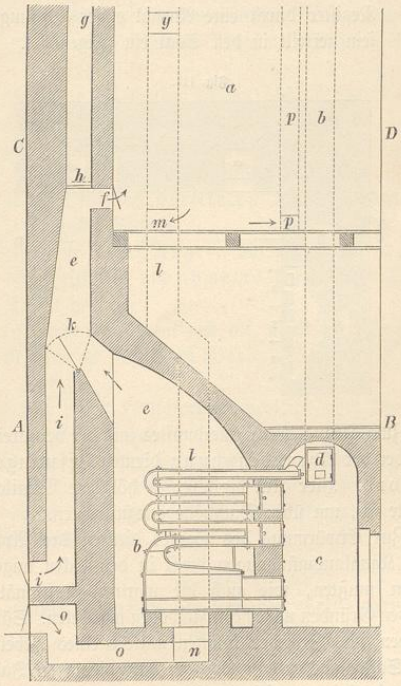


Fig 117.



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;

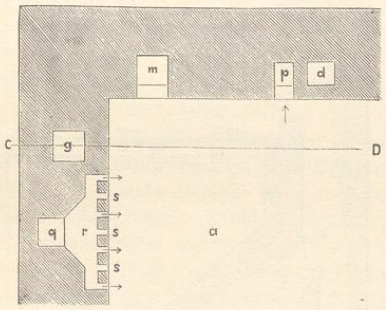
n Ausmündung unter dem Heizkasten des Ofens;

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.

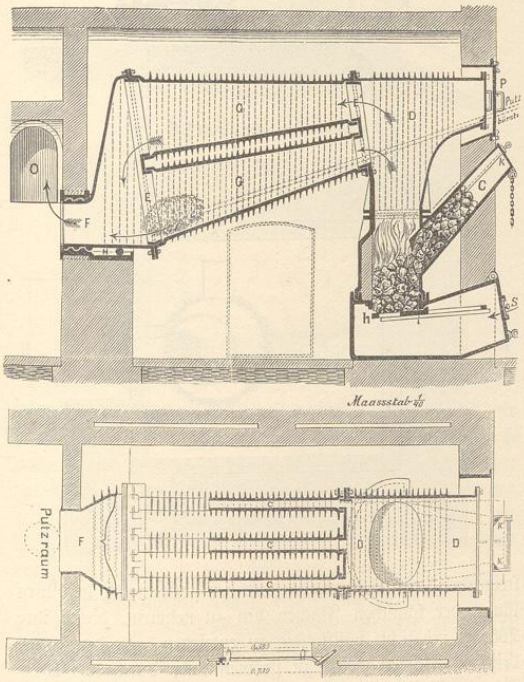
§ 42.

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

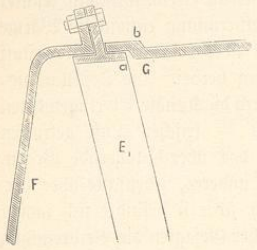
Kohlensäure	3,570
Kohlenoxyd	0,033
Sauerstoff	13,400
Hierzu Stickstoff	53,600
	70,603
Der Rest besteht aus Stickstoff der verbrannten Luft und aus Wasserdampf	29,397
	100,000

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])

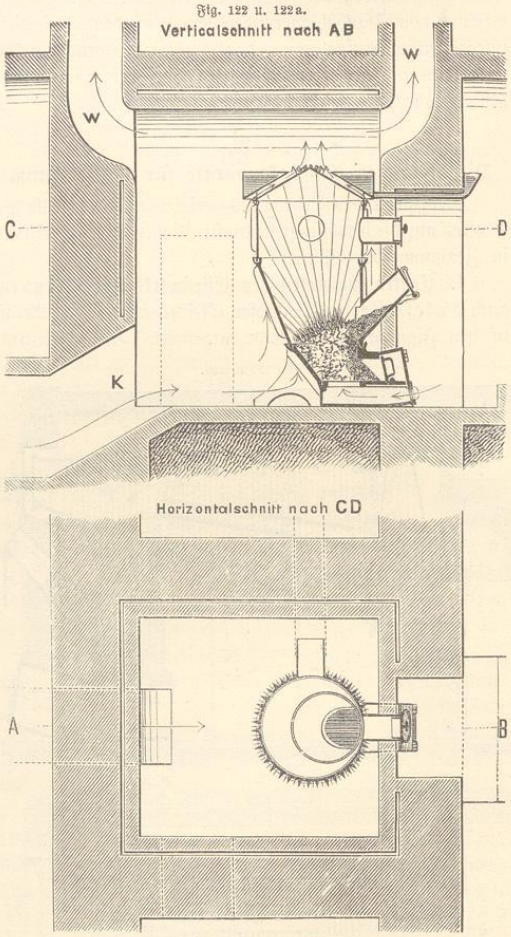
Der Centralschachtofen von Kaiserslautern erfüllt in Bezug auf bequeme Bedienung, Entrußung und Reinigung, sowie möglichste Rauchsicherheit und angemessenen Nutzeffekt alle billigen Anforderungen, und wird bei nur wenigen Apparaten ein gleich günstiges Verhältnis nachzuweisen sein.

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.

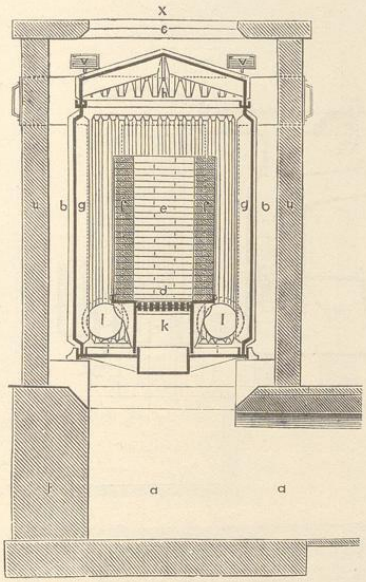
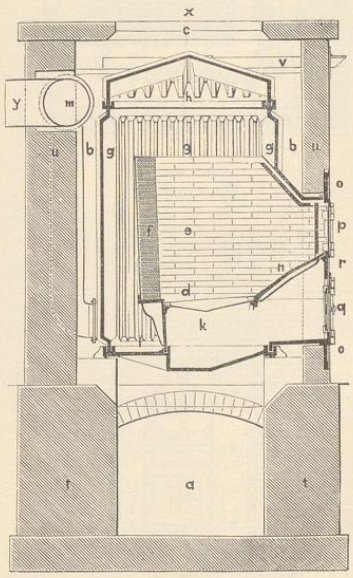


Fig. 124.

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.

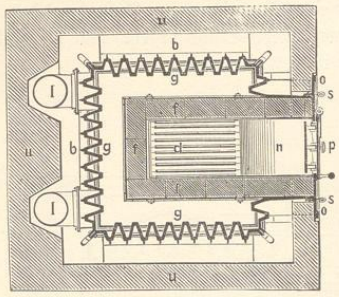
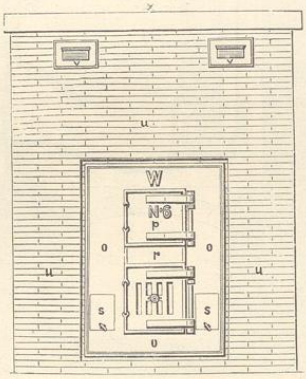


Fig. 126.
Vorderansicht.



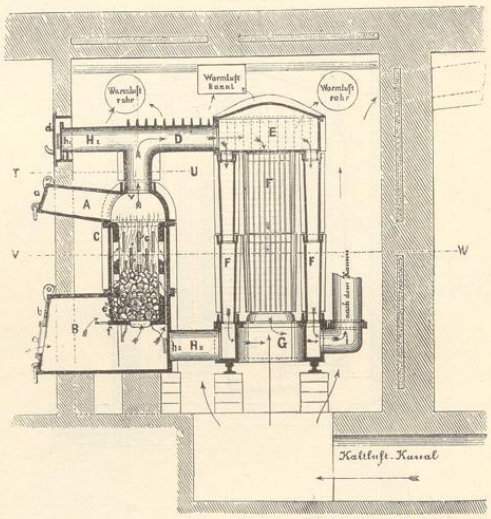
Die Zuführung der atmosphärischen Luft in die Kammer erfolgt durch den Kanal a unterhalb der Bodenplatte i, so daß reine Gegenstromheizung stattfindet; die Lage der Transmissionsflächen ist für die aufsteigende Bewegung des Luftstromes eine sehr günstige, mit Ausnahme der unvorteilhaft gewählten Bodenplatte. 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.

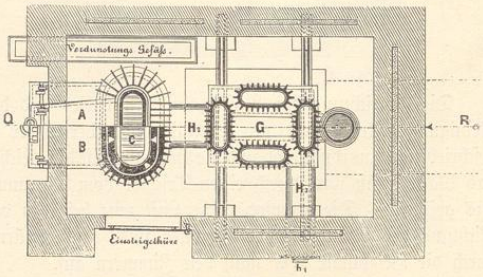
Das Ausrußen des Apparates erfolgt durch die Rußkapseln s s (in der Vorderansicht), seitlich der Aschenkastenthür.

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.

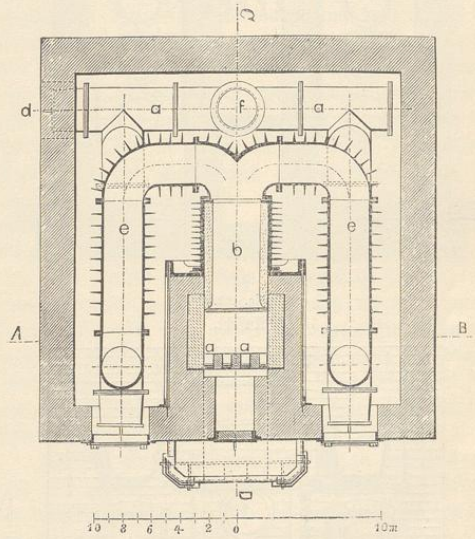
V. Der **Centralheizungsofen von J. H. Reinhardt in Würzburg** ist in Fig. 129 bis 132 dargestellt, und zwar ist Fig. 129 ein Horizontalschnitt in Höhe von E F (Fig. 130) mit dem Arrangement der Einfeuerung und des Rostes; Fig. 130 ist der Querschnitt, Fig. 131 der Längenschnitt durch die Heizkammer 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.

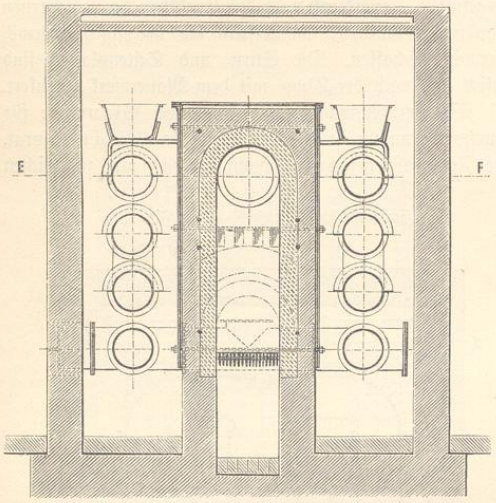


Fig. 131.
Schnitt C—D.

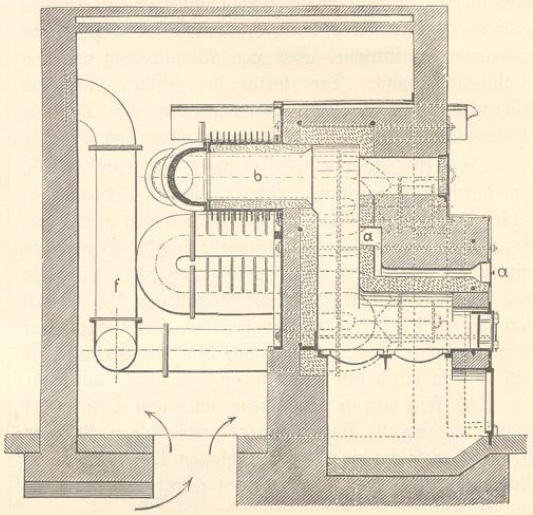
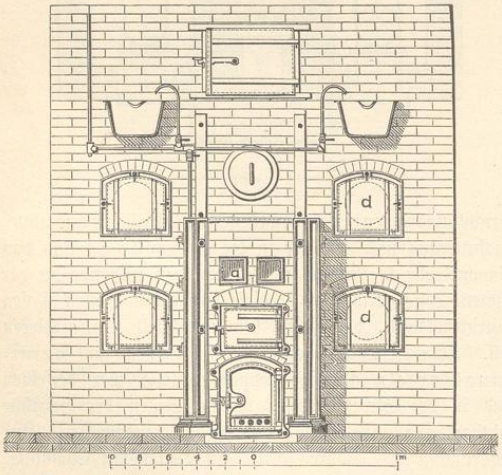


Fig. 132.
Ansicht.



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.

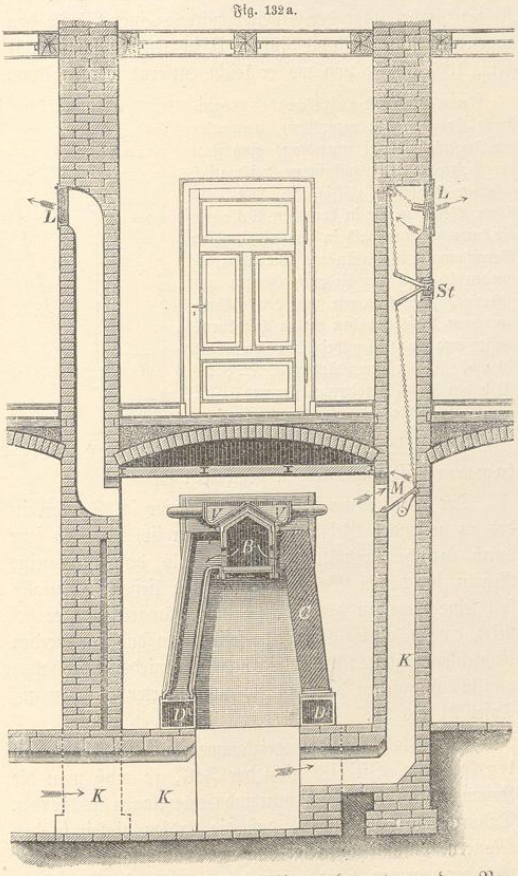
Das Verteilungsrohr B ist fünfeckig, innen mit Chamotte ausgefuttert, oben mit Rippen besetzt; an den Seitenflächen sind Schlitze angebracht, durch welche die Heizgase in die Rippenelemente einströmen. Diese Heizkörper sind so eng gestellt, daß die Rippen zweier benachbarter Elemente sich

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.



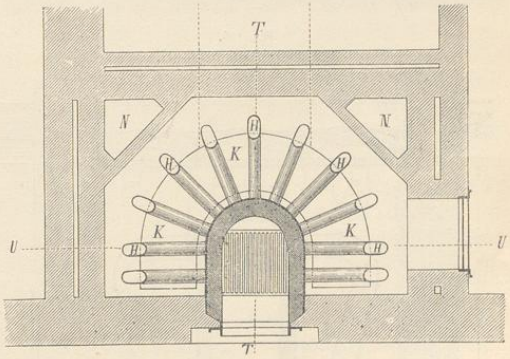
Die Befestigung der Rippenelemente an dem Verteilungsrohr B erfolgt durch Schrauben, unterhalb greifen dieselben in angegossene Falze an dem Sammelrohr D. Horizontale Flächen, auf welchen sich Staub ablagern könnte, sind bei dem Apparat von Körting gänzlich vermieden.

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.

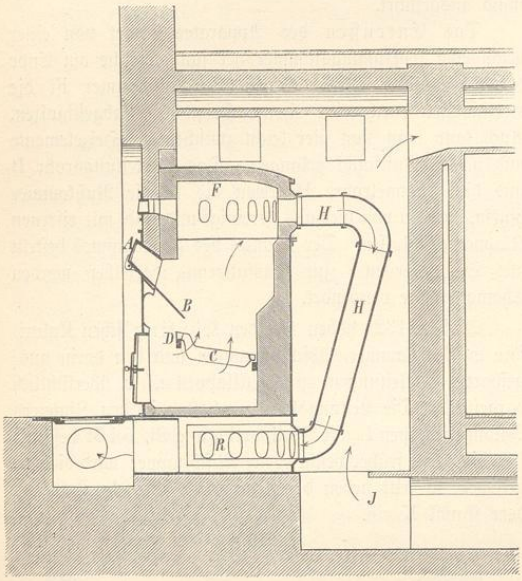
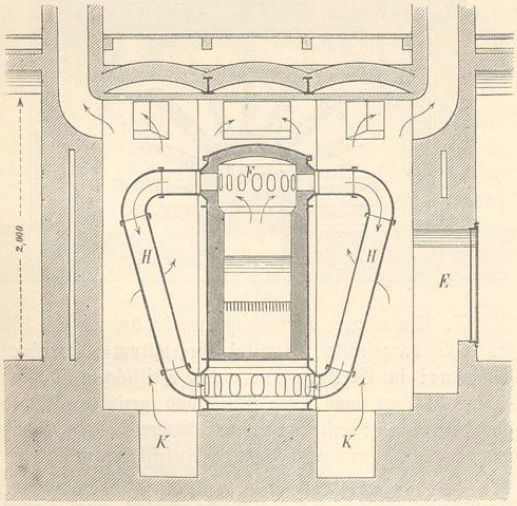


Fig. 135.
Durchschnitt nach U—U.

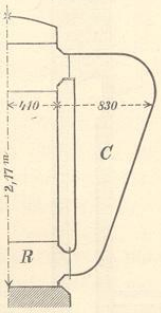


Ein Vorteil des Gegenstrom-Kalorifère liegt in dessen geringer Konstruktionshöhe und seinen relativ niedrigen Anlagekosten.

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.

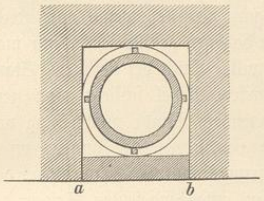
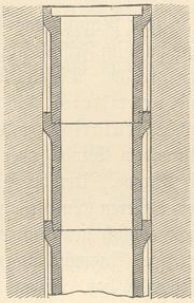


Fig. 138.



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

$$v = 4{,}4\sqrt{\frac{H\,(T-t)}{273+T}},$$

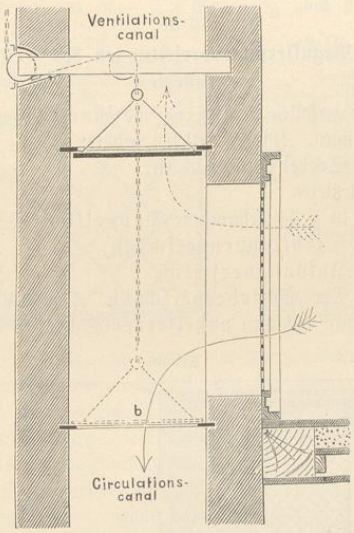
jedoch ist die effektive Abzugsgeschwindigkeit nur = 0,5 der theoretischen.

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.

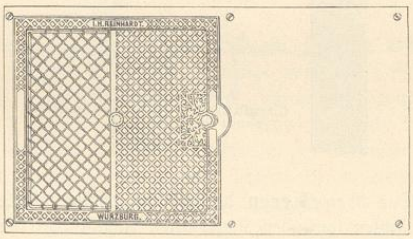
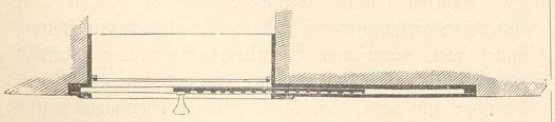


Fig. 141.



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.

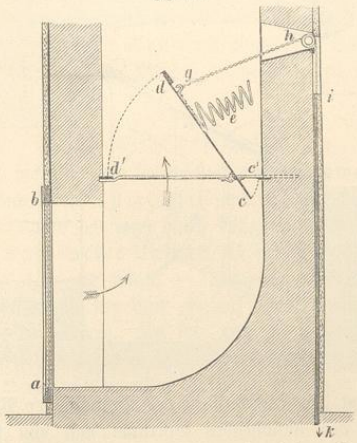
Die auf Tafel 25, Fig. 3, bei W angedeutete Mischklappe ist ebenfalls eine Drehklappe, bei welcher die Drehachse am Fußpunkte der Mündung liegt. Die Klappe hat das Bestreben, durch ihre Schwere in horizontale Lage zu gelangen und dadurch den Mischkanal zu schließen; daran wird sie gehindert durch das 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.

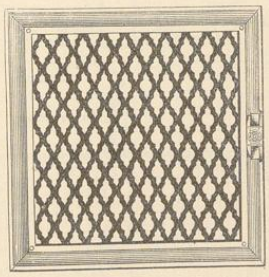
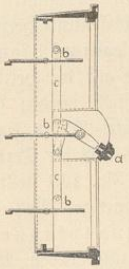


Fig. 144.



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.

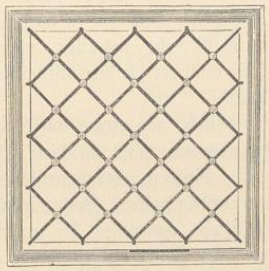
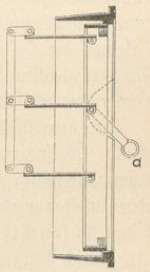


Fig. 146.



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

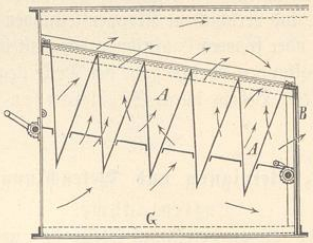
1) Diese Anordnung ist für Schulräume besonders empfehlenswert.

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.

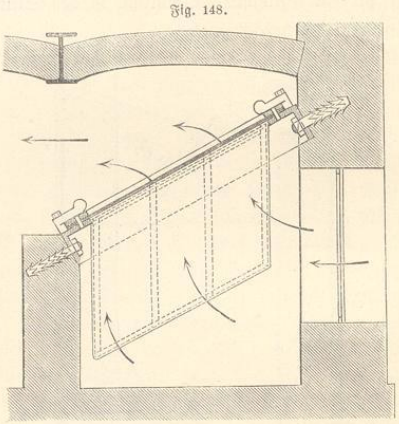
Fig. 147.



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.

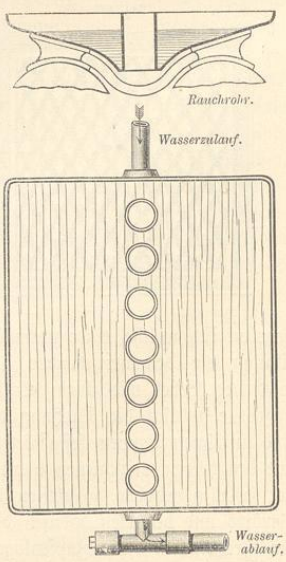


Fig. 149 stellt eine derartige Befeuchtungspfanne mit durchgehenden Warmluftröhren, wie solche von der Firma Kelling in Dresden konstruiert werden im Grundriß und Querschnitt dar. Die aus Kupferblech hergestellte Pfanne folgt in ihrer Kontour der Form der beiden obersten Rauchrohre des Kalorifère,

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.

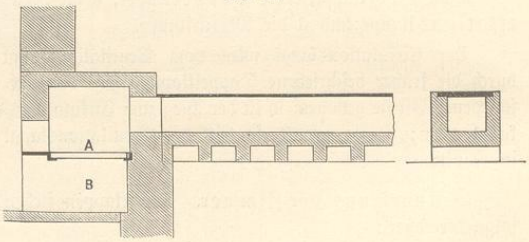
Diese Heizmethode war schon bei den Römern der Kaiserzeit, namentlich zur Erwärmung in den Thermen, gebräuchlich, und die Chinesen verwenden sie noch heute mit Vorliebe, da sie meist Räume zu ebener Erde bewohnen. Für unsere Verhältnisse findet die Kanalheizung da Anwendung, wo man die Verbrennungsgase 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

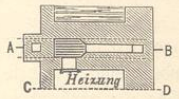
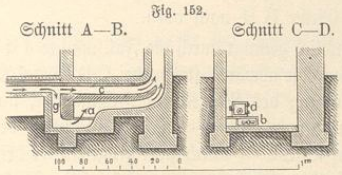


Fig. 151.

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.

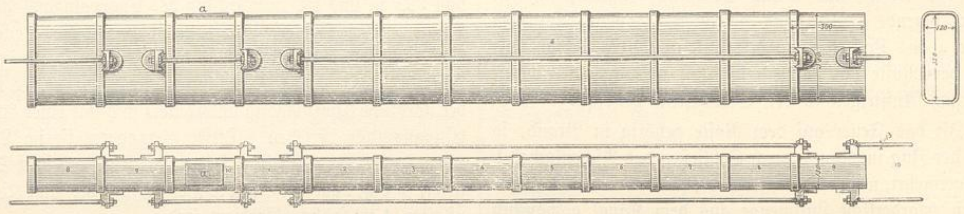
Infolge der hohen Anordnung des Feuerraumes — der Scheitel des Gewölbes liegt 1,78 m über dem Rost — wird hohe Schichtung des Brennmateriales ermöglicht und das Bersten des Gewölbes vermieden. Dicht unter dem Gewölbescheitel spalten sich die Feuergase und treten bei z im Grundriß in einen mittleren und 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.

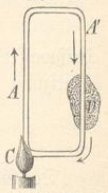
5) Verhältnismäßig geringer Kostenaufwand für die erste Anlage und wenig Reparaturen.

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

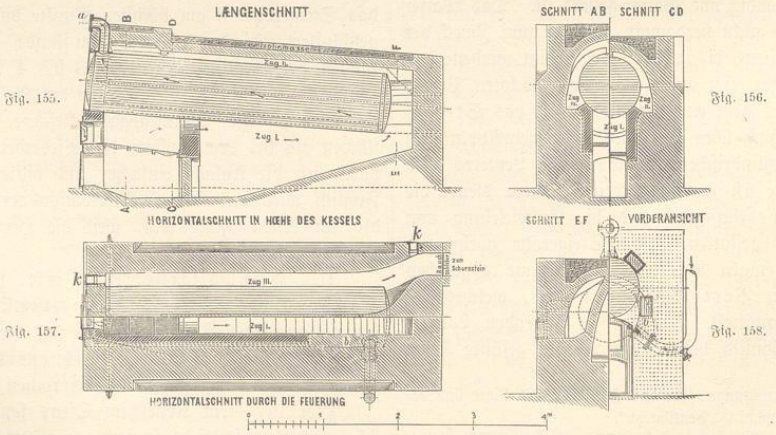


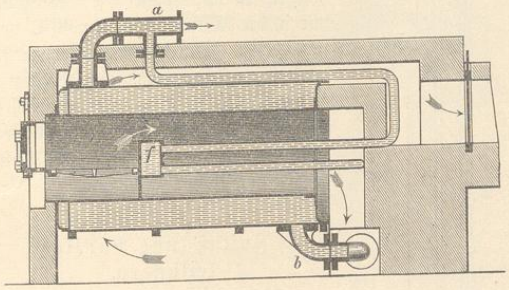
Fig. 155. Fig. 156. Fig. 157. Fig. 158.

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.

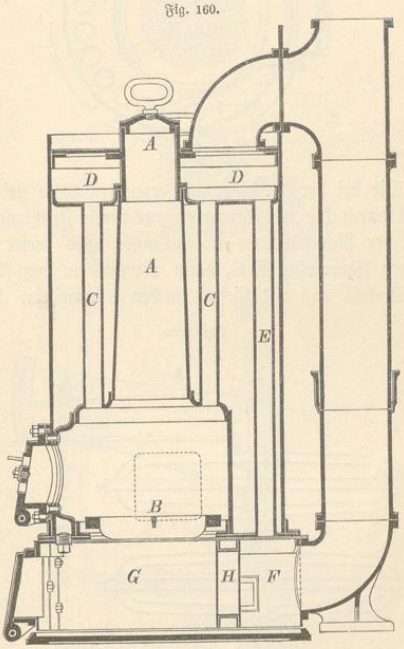
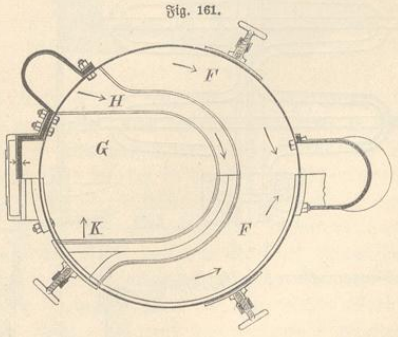


Fig. 161.

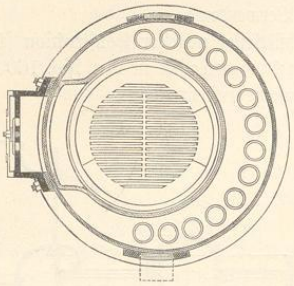


dem Sockel G mit Aschenfall, Aschenfallthür und regulierbarer Luftzuführung;

dem eigentlichen Kessel mit Füllschacht A, Rost B, Feuerbüchse nebst Feuerthür und den Stutzen zum Anschluß der Steige- und Rücklaufrohre;

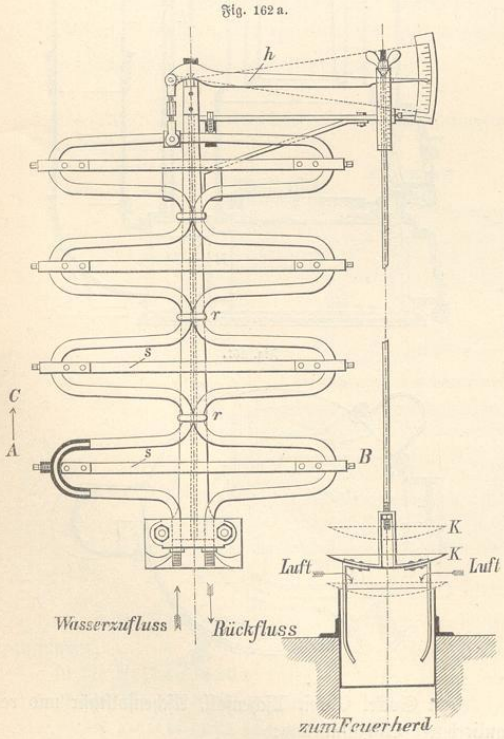
der Rauchkammer D mit Deckel und Abzugsleitung für die Rauchgase.

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.

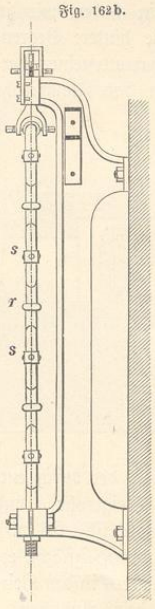


b) Wärmeregler.

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

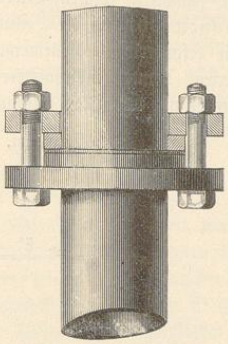
Rohre mit angelöteten Flanschen hergestellt und verbunden.

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.

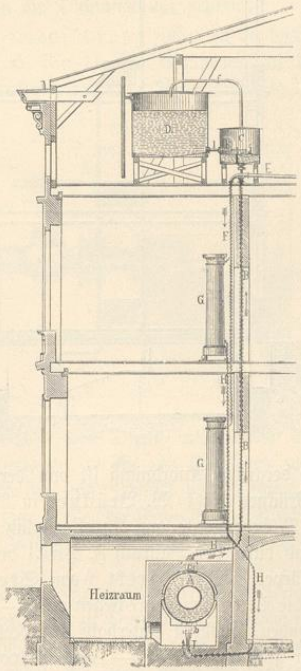
Für Ausdehnung der Leitungen ist dadurch Sorge zu tragen, daß die längeren, horizontalen Strecken auf Rollen gelegt und die Kniee der Rohre von größerem Durchmesser aus Kupfer hergestellt werden.[1]) Überall da, wo die Röhren durch Wände oder Decken geführt werden müssen, ist es vorteilhaft, sie in Blechhülsen 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-

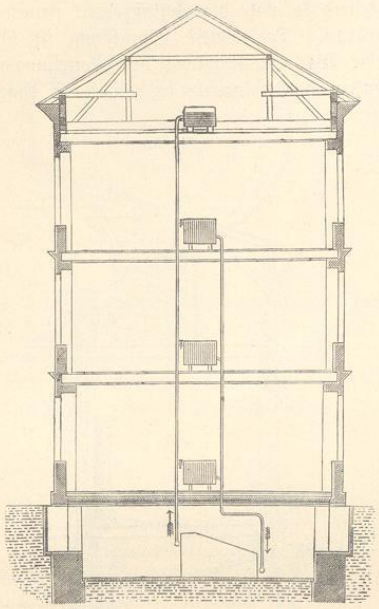
1) Für lange Rohrstrecken werden Längenausgleicher eingebaut, welche aus einem federnden, Ω förmig gebogenen Kupferrohr bestehen.

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



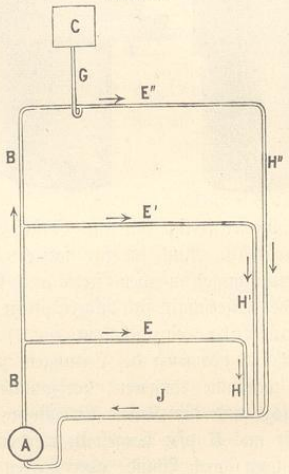
Eine derartige Anordnung ist von der Firma **Helldorf & Brückner** (jetzt W. Brückner in Wien) für die städtische Mädchenschule am Karolinenplatz daselbst ausgeführt und durch den Baurath F. Paul beschrieben.[1]) — Die Heizkörper werden direkt vom Steigerohr gespeist und die Verteilungsrohre liegen nicht — 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;

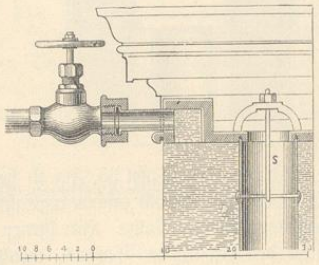
III. **Röhren**, und zwar:
glatte und armierte.

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

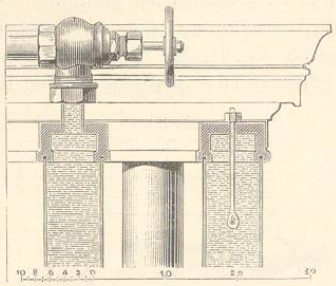
1) **Maße und Heizflächen einiger gangbarer Cylinderöfen.**

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.



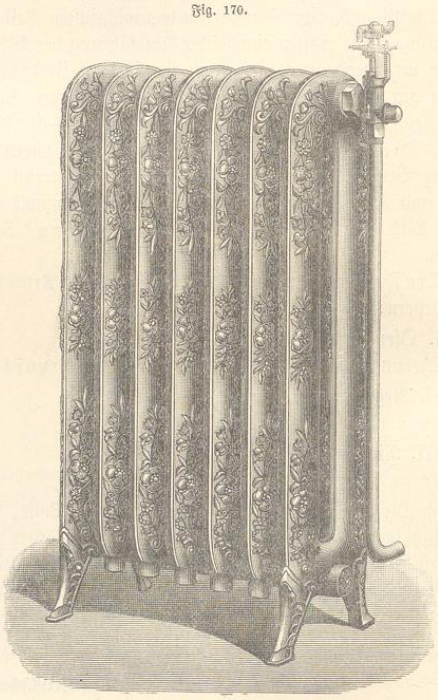
β) Die Röhrenöfen (Tafel 35, Fig. 2) bestehen aus einem mittels Sockel und Kapitäl zusammengefaßten Bündel vertikaler, patentgeschweißter Rohre. Hier dienen die Rohre zur Cirkulation des erwärmten Wassers, welches in den oberen gußeisernen, 7 cm hohen Sammelkasten bei entsprechender Drehung des Ventiles 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.

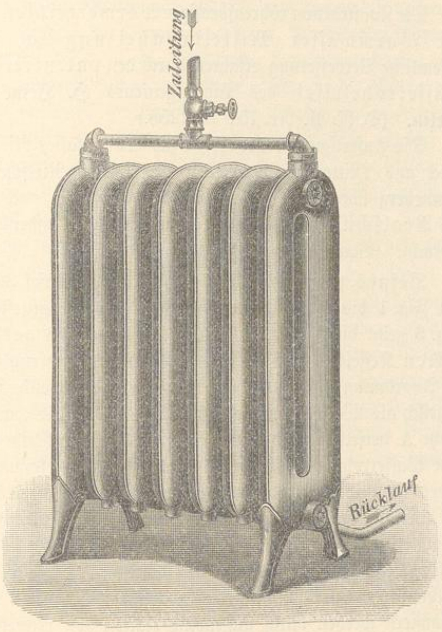
Zur Zimmerheizung verwendet man auch vielfach die **Käferle'schen Heizkörper,** d. h. kleine, mit Rippen versehene Kästen, die man — je nach Erfordernis — senkrecht nebeneinander, oder auch wagerecht übereinander

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.

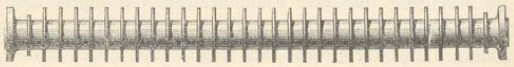


Austrittstutzen vom mittleren Element her unterhalb abfließt. Dadurch wird eine schnelle und gleichmäßige Verteilung des Heizwassers, also eine günstige Ausnutzung der Heizfläche gesichert.

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.

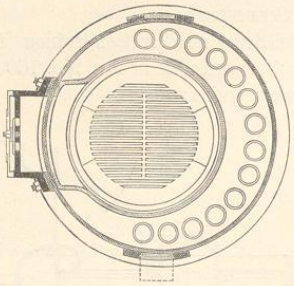
Der Wärmerecipient für Mitteldruck[2] wird nicht als Walzenkessel konstruiert, sondern er wird gebildet durch ein System von 9 bis 11 patentgeschweißten Röhren von 0,10 m äußerem Diameter. (Taf. 35 d d.) Diese vereinigen sich durch vertikale Abzweigungen in einem größeren Sammelrohr g (Fig. 2 u. 4), 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;

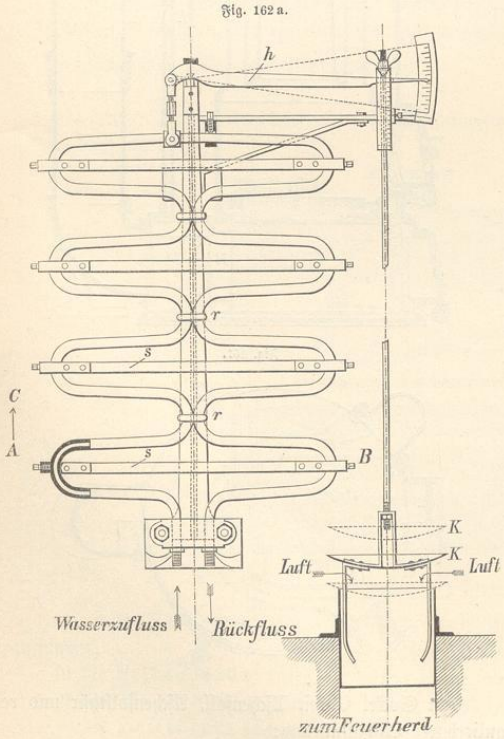
der Rauchkammer D mit Deckel und Abzugsleitung für die Rauchgase.

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.

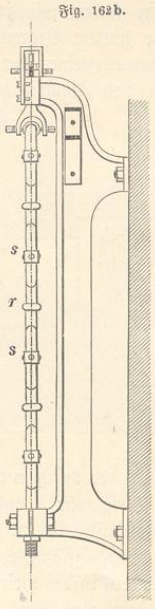


b) Wärmeregler.

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.

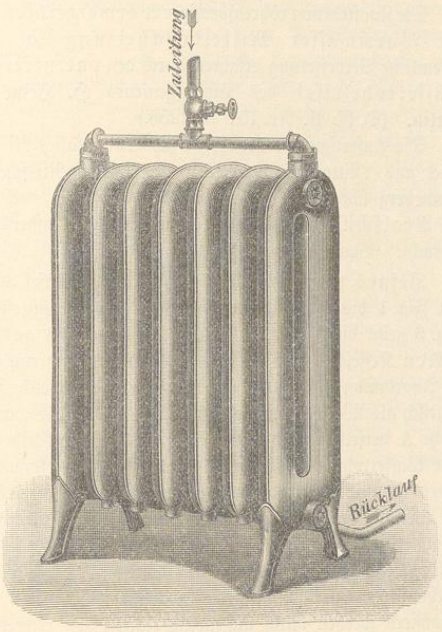
Dieselben werden jetzt fast ausschließlich aus Schmiedeeisenrohr, selten aus Kupfer hergestellt, und zwar geschieht die Verbindung der Rohre bis zu 5 cm aufwärts mit Gewindemuffen, die 6 bis 15 cm weiten Leitungen werden dagegen aus patentgeschweißtem

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.

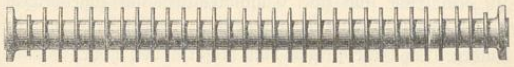


Austrittstutzen vom mittleren Element her unterhalb abfließt. Dadurch wird eine schnelle und gleichmäßige Verteilung des Heizwassers, also eine günstige Ausnutzung der Heizfläche gesichert.

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

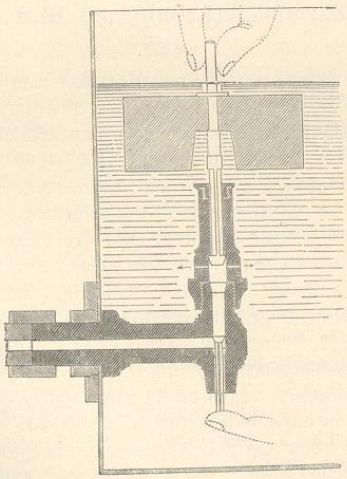
1) Gourney'sche Batterien.
2) System „Schäffer & Walker“.

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,

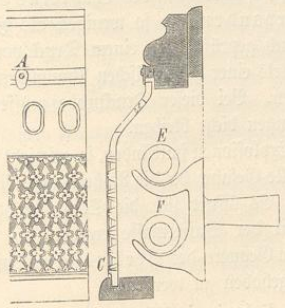
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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:

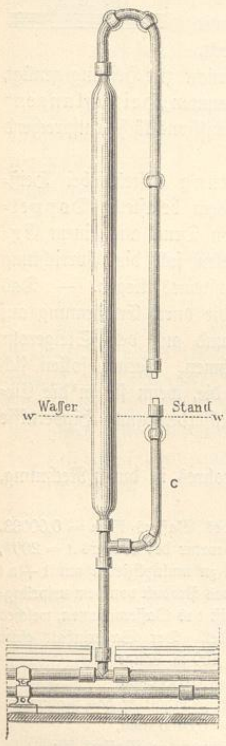
$$\frac{0{,}0025}{0{,}00502} = 0{,}49 \text{ m.}$$

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.

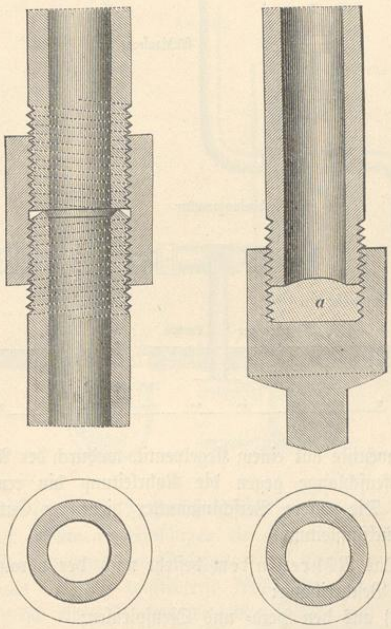
7) Der Vorwurf endlich, daß mit der Hochdruckheizung Ventilation schwierig zu verbinden sei, ist nur mit Einschränkungen zu verstehen, denn auch diese Aufgabe ist rationell zu lösen, wie die folgenden Paragraphen lehren.

§ 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.

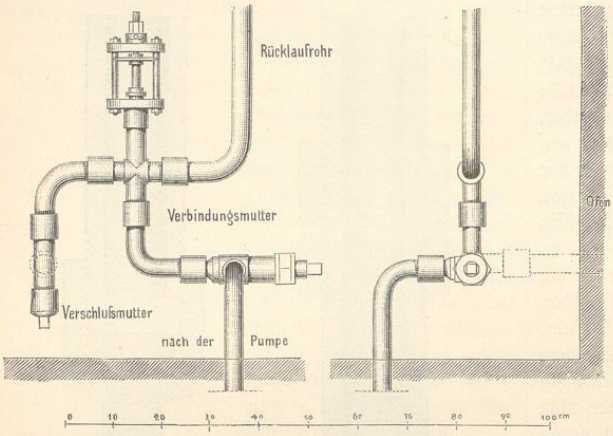


Fig. 179a.

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.

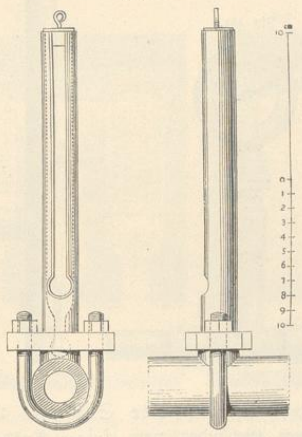
Das Nachfüllen. Trotz der Dichtigkeit der gezogenen schmiedeeisernen Rohre dringt unwahrnehmbar durch die Poren des Eisens der Wasserdampf nach außen, das Wasserquantum wird geringer und die höchsten Stellen der Etagenleitungen füllen sich mit Luft an, welche vorher vom Wasser absorbiert war. Es dokumentiert 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.

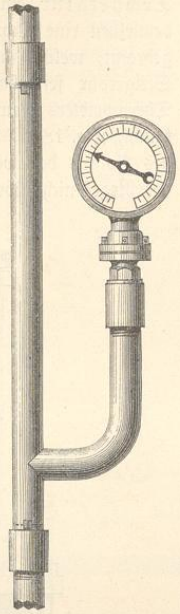
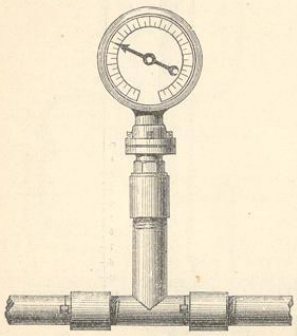


Fig. 181.



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.

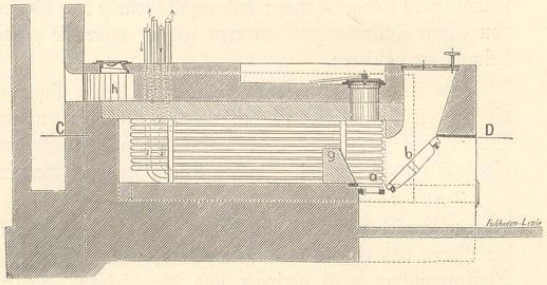
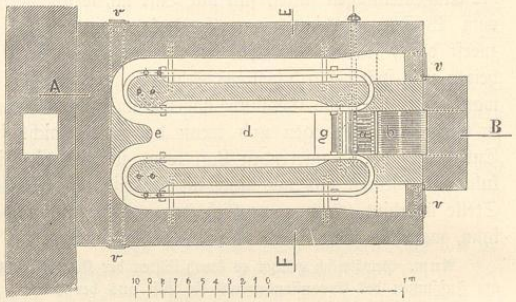


Fig. 184.



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.

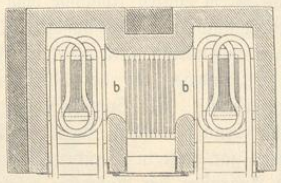


Fig. 186.

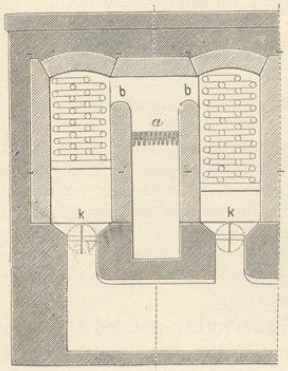
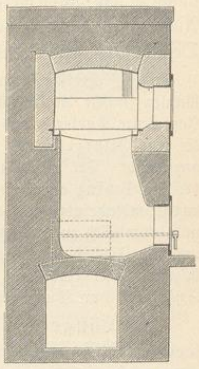


Fig. 187.



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.

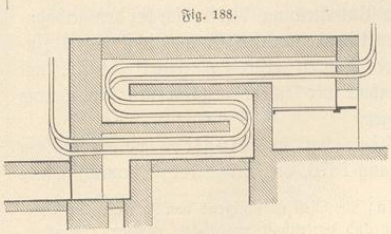
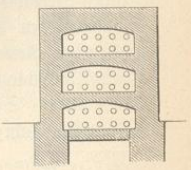


Fig. 189.



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.

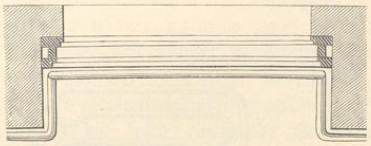
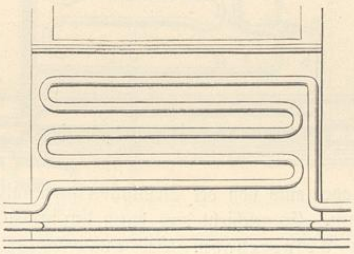


Fig. 191.



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.

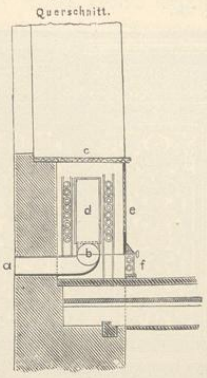


Fig 193



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.

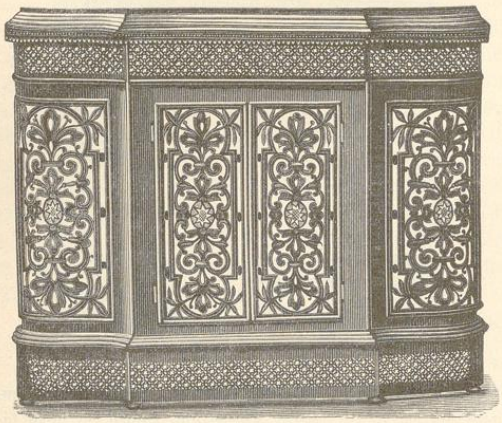
Da die Herstellung in Kupfer oder Messing zu teuer ist und gußeiserne Gehäuse das Gebälk unnötig belasten, so wählt man neuerdings mit Vorliebe zur Herstellung der Heizkörperverkleidungen durchlochte Eisenbleche,

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.

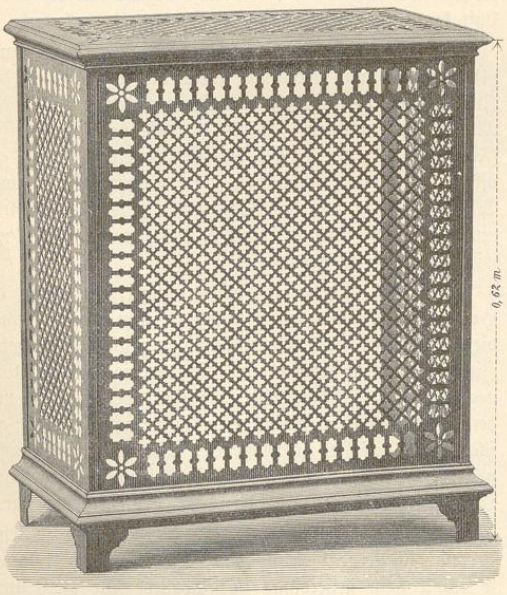
sogenannte Gitterbleche von 1 bis 2 mm Blechstärke oder perforierte Bleche mit gepreßten Profilen und Eckverstärkung durch schmiedeeiserne, profilierte, hohlgezogene

Fig. 194.



Rahmen, wie Fig. 195 darstellt. Derartige Gehäuse sind haltbar, leicht und billig und werden von der Firma

Fig. 195.

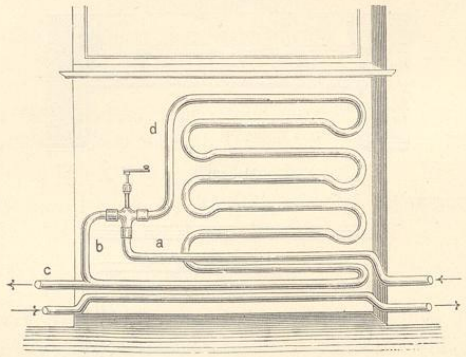


Th. Schmidt & Herkenrath in Berlin als Spezialität fabriziert. Diese Fabrik liefert auch kaminartige Heizkörperverkleidungen aus Schmiedeeisen.

Für untergeordnetere Räume, Bureaus u. s. w. werden vielfach Verkleidungen aus feingewelltem Eisenblech mit profiliertem schmiedeeisernen Rahmen angewendet.

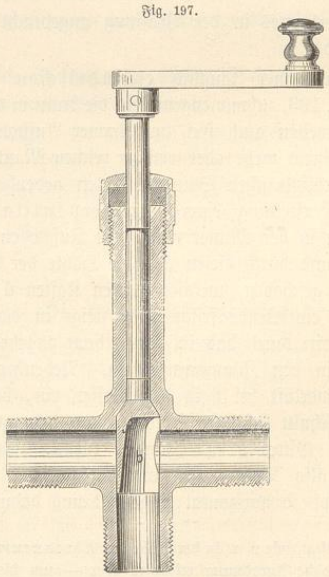
Absperrhähne. Flachschlangen und cylindrische Spiralen werden gewöhnlich in der Weise eingerichtet, daß das Wasser zwar in den Windungen cirkuliert, daß die

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.

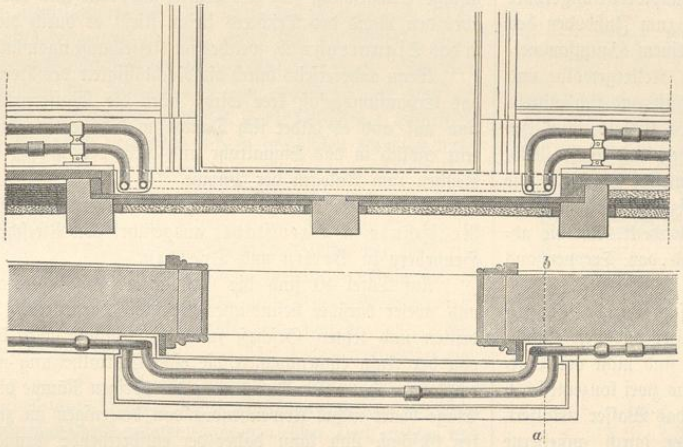
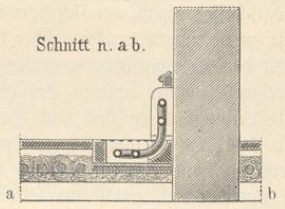


Fig. 200.



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.

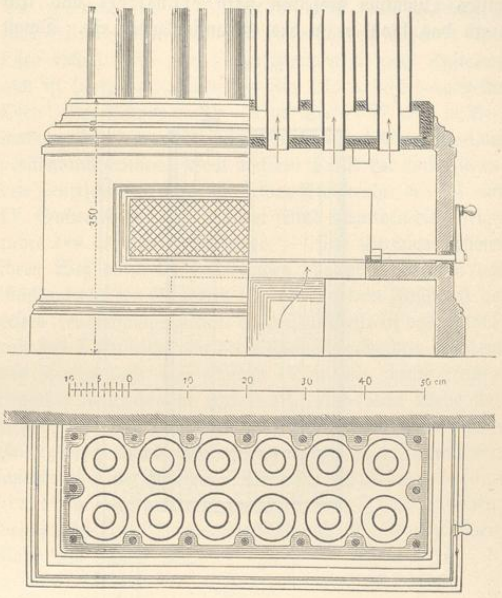
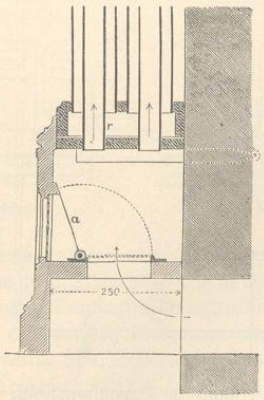


Fig. 203.



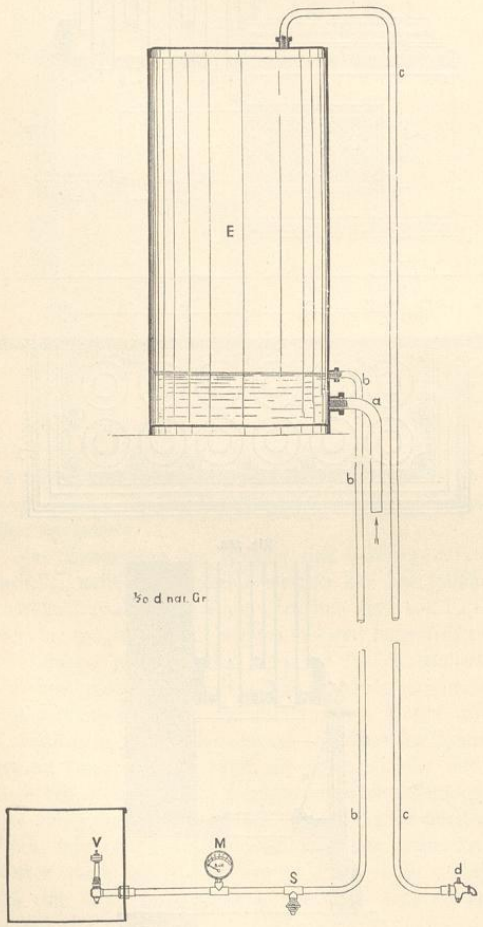
geschlossen. Die Krönung des Ofens ist dekorativ aus Metallguß hergestellt.

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.

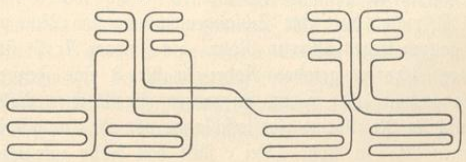
Das Gebäude ist von allen Seiten freistehend und enthält im Erdgeschoß die Küche, Raum für Dienerschaft und zehn heizbare Piecen. Das Erdgeschoß hat eine lichte Höhe von 4,8 m, der Salon (Nr. 4) von 4,87 m.

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.

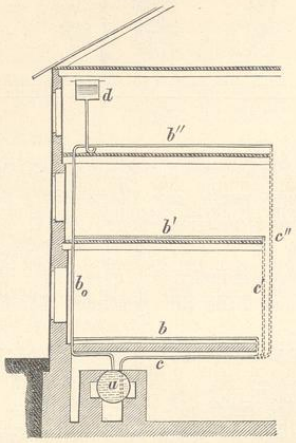
1) Mitgeteilt in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Jahrg. XVI, S. 241, vergl. auch Tafel 10 daselbst.

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.

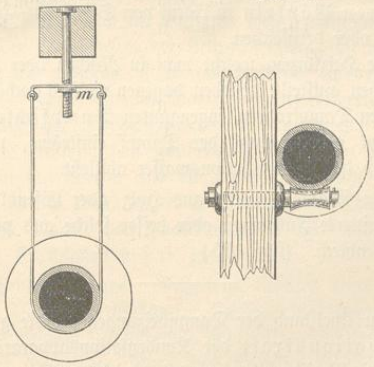
Geschichtliches.

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.

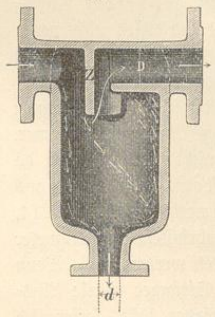
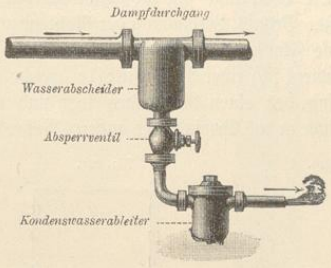


Fig. 208 stellt den Wasserabscheider von **Bopp und Reuter** dar. Die mit den Dampfe bei D einströmenden Wasserteilchen schlagen an die segmentförmig gekrümmte Zunge Z, fließen daran abwärts und werden von hier an die Wandungen des Abscheiders geschleudert, an denen sie herunterrieseln und durch das 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.

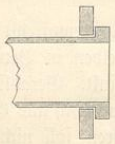


Fig. 211.

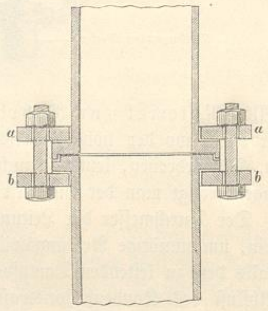


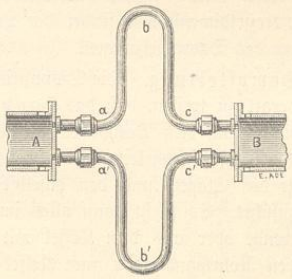
Fig. 211 zeigt eine Verbindung der mit Bundringen versehenen Rohrenden mittels „lose aufgeschobener" Flanschen a und b, welche durch Schraubenbolzen zusammengezogen werden; in die Dichtungsfuge ist ein Ring von Kupferdraht eingelegt.

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.

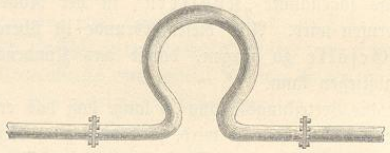
Die Längenausdehnung der Rohrleitungen wird durch untergelegte Rollen erleichtert. Zu gleichem Zwecke ist es vorteilhaft, nur das eine Ende des Rohrstranges zu befestigen und das andere frei zu lassen. Geht dies nicht an, so muß — wenigstens bei längeren Strängen — eine Kompensationsvorrichtung eingeschaltet 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.



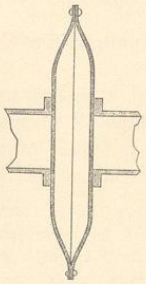
Einer der gebräuchlichsten Kompensatoren besteht aus zwei dünnen biegsamen Kupferröhren b und b' (Fig. 212), welche U förmig zwischen die Rohrenden A und B eingesetzt sind und infolge ihrer Elastizität der Bewegung der Enden

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.

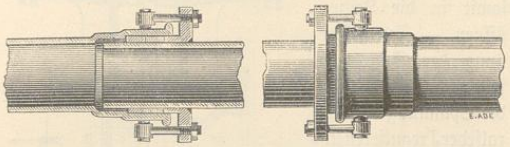


Gattung von Kompensatoren die Möglichkeit gegeben, daß die nie ganz zu vermeidenden Schmutzablagerungen hier eine von der Dampfströmung nicht betroffene Stelle finden, wo sie sich verdichten und die Elastizität der biegsamen Platten behindern. Ist für Plattenkompensatoren Raum nicht vorhanden, so bedient 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.)

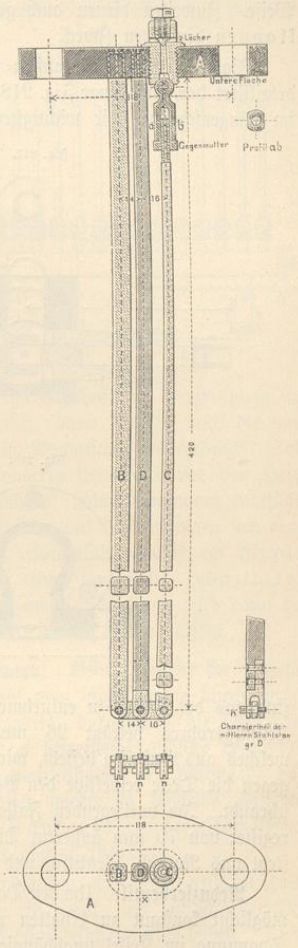


ende und dem Grunde der Muffe einen Spielraum für die Ausdehnung. Die Dichtung der hinteren Muffenfuge geschieht mit in Talg getauchten Hanfzöpfen. Sorgsame Ingenieure legen an der Bewegungsstelle die schon erwähnten Messingbuchsen ein.

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.

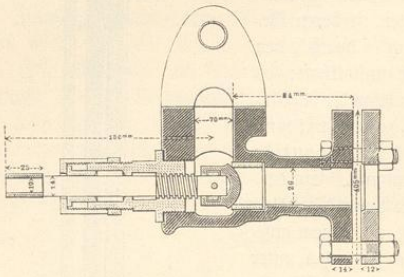
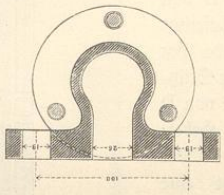


Fig. 218.



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.

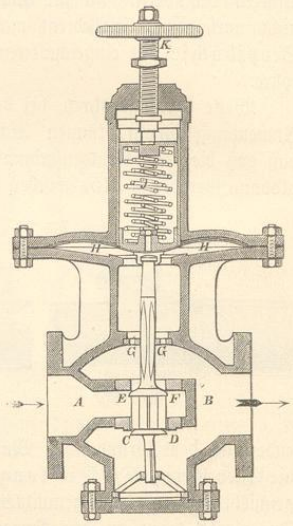
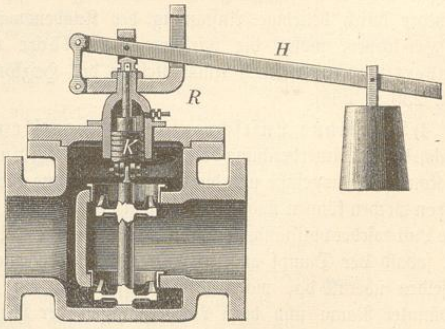


Fig. 219a.

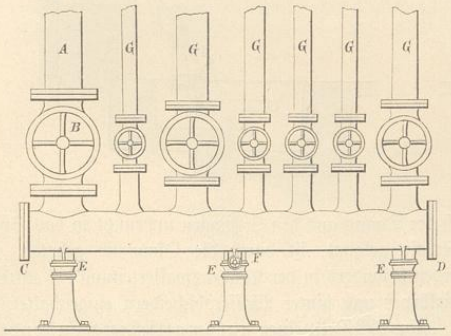


Bei dem in Fig. 219a dargestellten Dampfdruckreduzierventil erfolgt die Regulierung des Einströmungsquerschnittes durch den Kolben K. Auf diesen wirkt von unten der verminderte Dampfdruck, von oben ist derselbe durch ein am Hebel H wirkendes Gewicht belastet. Wird dann der Dampfdruck unter dem Kolben 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.

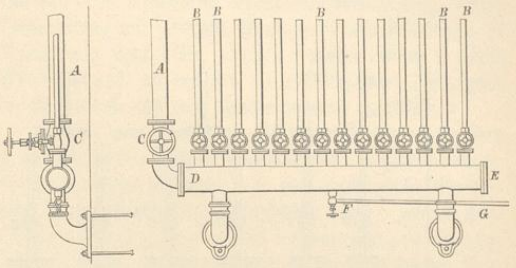


auf eisernen Untersätzen stehenden Dampfsammler CD, dem sogenannten „Verteiler", zu. Die Dampfzuströmung wird durch das Ventil B im Hauptrohre A geregelt.

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.

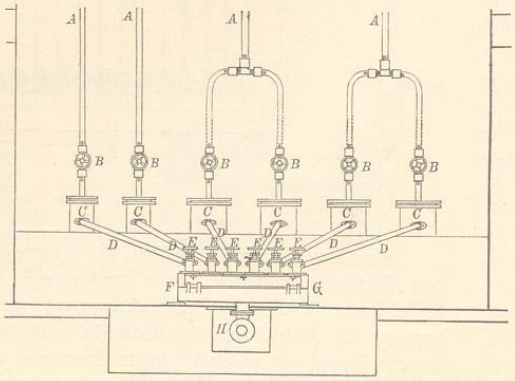
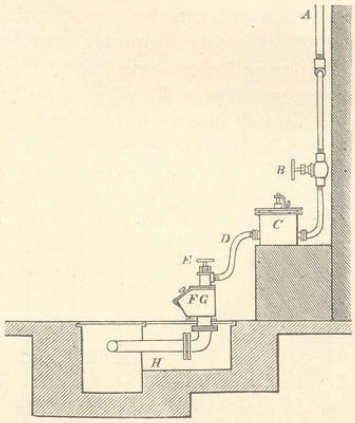
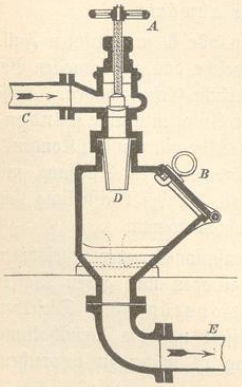


Fig. 224.



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.



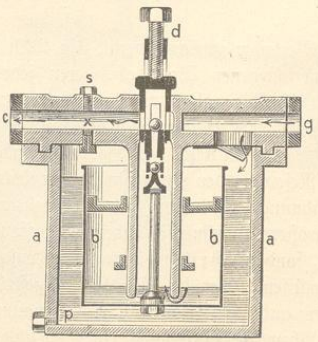
Die gabelförmige Abzweigung der beiden Stränge A A in der Kondensationskammer ist vorgesehen für den Fall, daß ein Topf für den berechneten Wasserzufluß nicht ausreicht.

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.

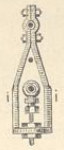
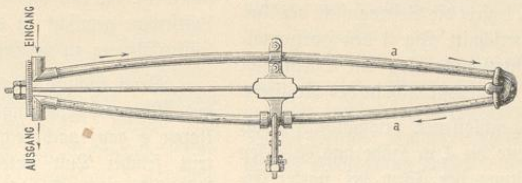


Fig. 228.



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:

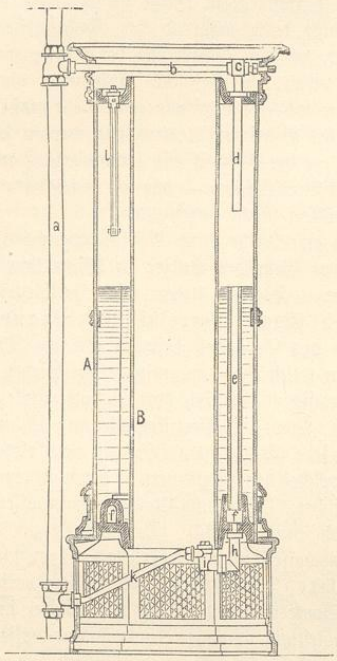
$$K' = \frac{536{,}5 \times 2}{1 \text{ qm} \,.\, 1°} = 1073 = \text{Wärmeeinheiten} = 100 \text{ K}.$$

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.



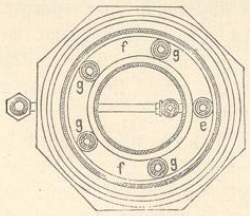


Fig. 230.

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 12[a] 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.

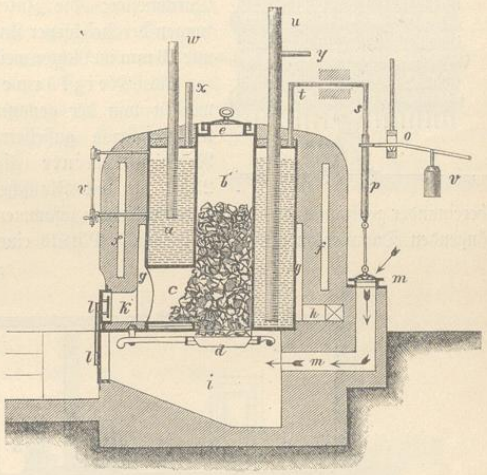
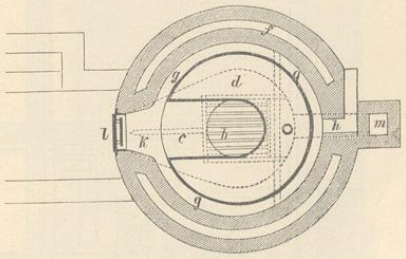


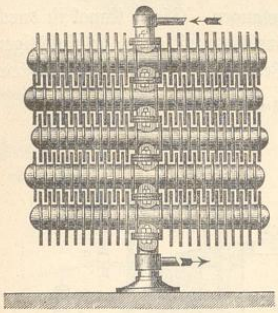
Fig. 232.



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.

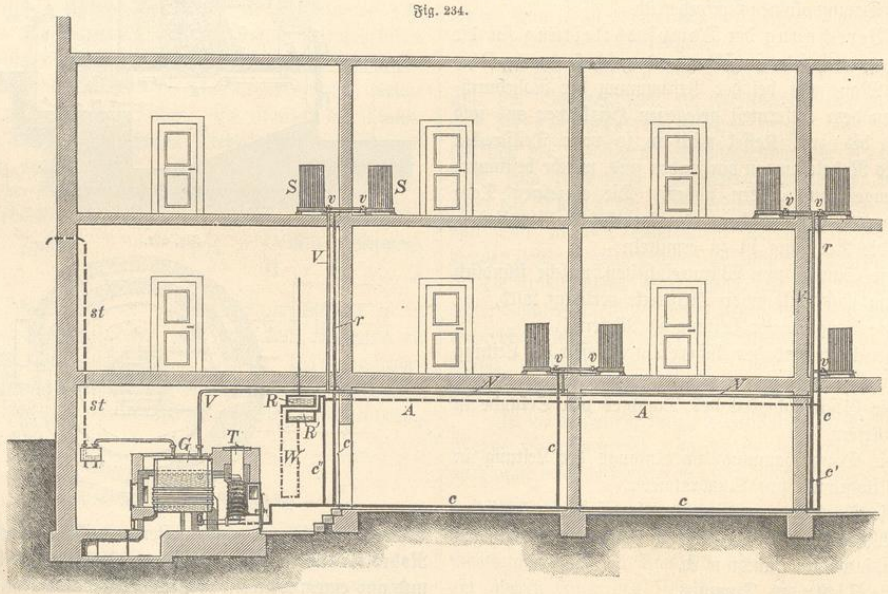
Dem Auge wird das Rippenregister mittels eines doppelwandigen Metallmantels, dessen Hohlraum mit Isoliermaterial gefüllt ist, entzogen; der Deckel desselben ist beweglich und gestattet das Austreten der vorgewärmten Frischluft.

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.

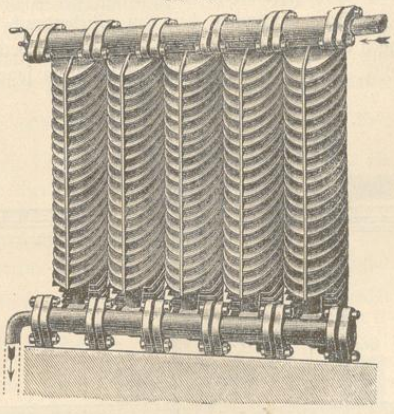


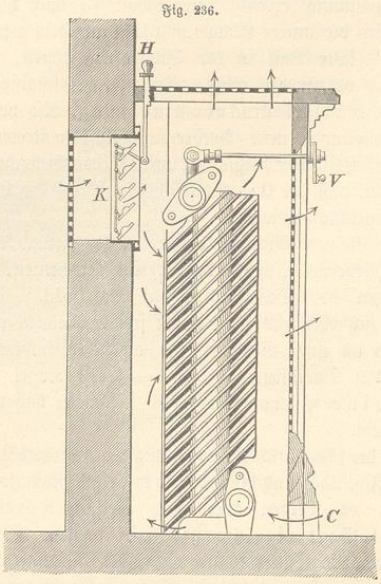
Fig. 235 stellt einen aus fünf Elementen kombinierten Dampfheizkörper dar; das obere Rohr desselben dient zur Zuleitung des Dampfes, durch das untere Rohr steht er mit dem Reguliergefäß in Verbindung.

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.

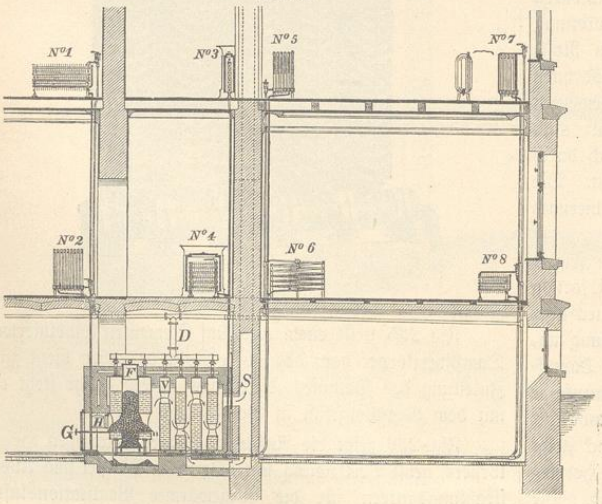


reguliert man durch die Kurbel V, die Jalousieklappe K wird durch den Hebel H bewegt.

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.

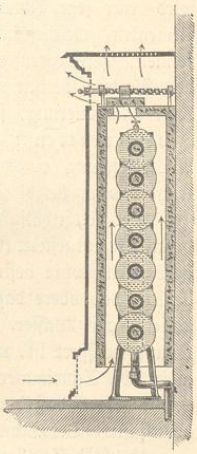


Fig. 238 giebt den Durchschnitt eines sogenannten Isoliergehäuses;

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.

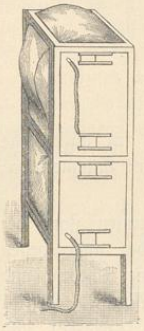
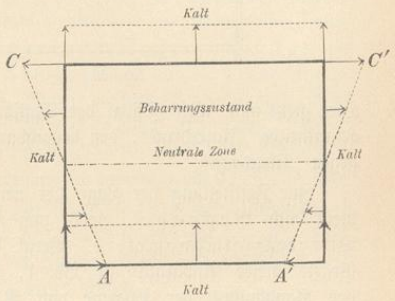


Fig. 240.



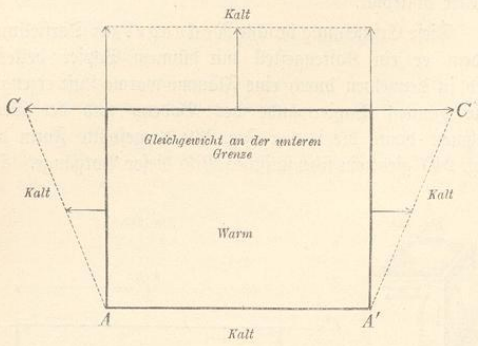
dem oberen Teil des Raumes herrscht Überdruck gegen die äußere Luft: die Innenluft drückt also das Papier nach außen, wie die punktierte Linie andeutet. In dem unteren Teile des Apparates herrscht dagegen Unterdruck: die Außenluft drückt also die Papierwände nach innen. Gegen die Mitte nehmen die Druckkräfte, 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).

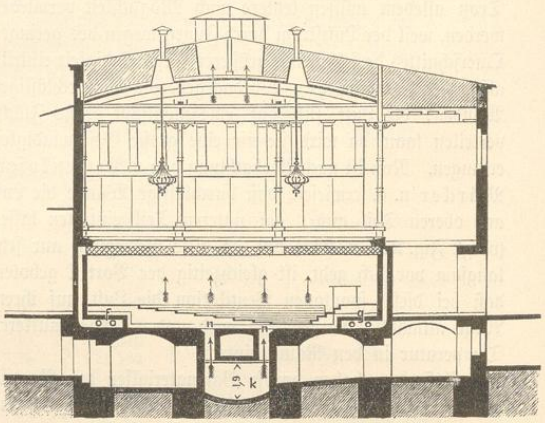
§ 75.

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:

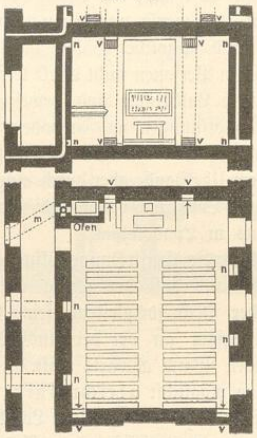
$$v = \frac{2500}{4} = 625 \text{ Sekunden} = 10 \text{ Minuten } 25 \text{ Sekunden},$$

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.

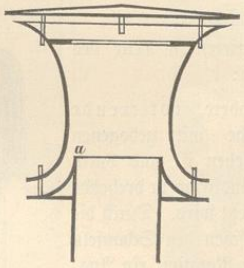
b) Apparate zur Benutzung der Saug- und Druckkraft des Windes.

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.

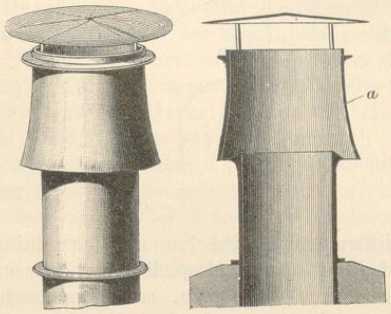
Derselbe hat sich vorzüglich bewährt. Die ältere, in Fig. 244 dargestellte Konstruktion zeigt den an das Rauchrohr a sich anschmiegenden unteren Schirm, über welchem

Fig. 244.



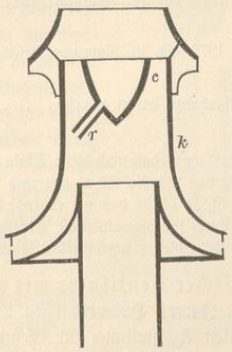
ein nach oben ausgeschweifter trichterförmiger Mantel sich befindet, der die über ihm im kurzem Abstande befindliche Decke trägt. Der ringförmige Einströmungsquerschnitt ist hierbei gleich dem Querschnitt des Rauchrohres. Die neuere bedeutend vereinfachte Konstruktion zeigt Fig. 245 und 245a. Der zwischen 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.

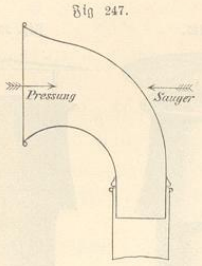
Fig. 246.



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.

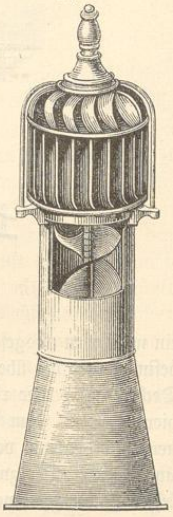
Leider ist der Wind kein konstanter Motor, so daß man nur in bestimmten Fällen die Lüftung ausschließlich von ihm abhängig machen kann: aber er kann fast immer zur Unterstützung dienen, wo Lüftung durch Temperaturdifferenz eingeführt ist, weil nur an wenigen Tagen des Jahres effektive Windstille herrscht, 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.

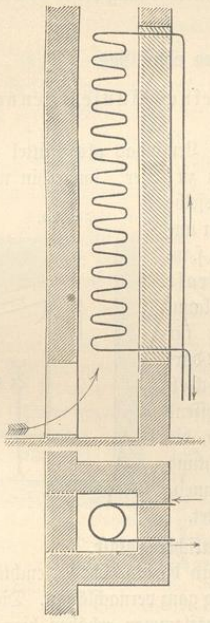
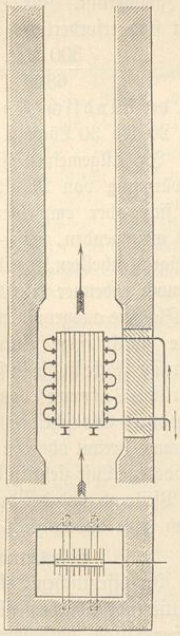
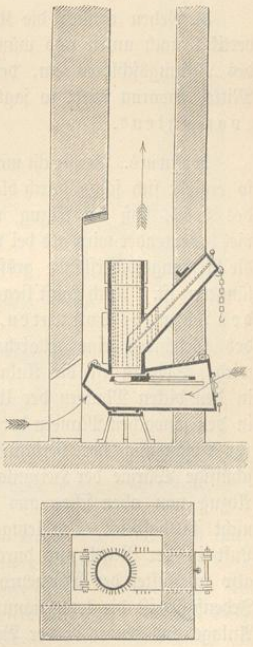


Fig. 250.



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:

$$1{,}252 \times 0{,}237 \times 10 = 2{,}96 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

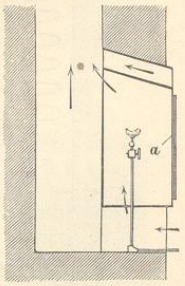
In der Regel genügt nun eine Temperaturerhöhung der Luft des Aspirationsschachtes um 10° C. zur Absaugung der Zimmerluft. Zur Temperaturerhöhung dieser 300 cbm Luft sind erforderlich:

$$\frac{300 \,.\, 2{,}96}{6800} = 0{,}130 \text{ cbm Gas,}$$

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.



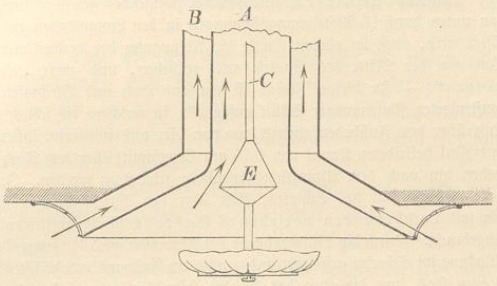
Beleuchtung öffentlicher Lokale.

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.

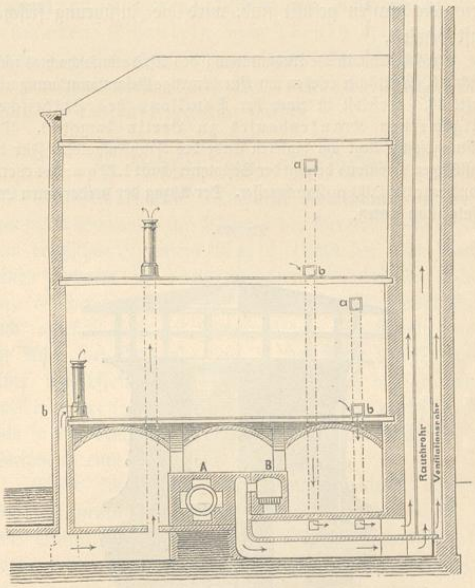
Aber durch die Glasdecke ging zu viel Licht verloren und nahe derselben — in den obersten Logenreihen — war die Hitze unerträglich. Die wenigen, in der Glasdecke angebrachten Abzugsöffnungen waren nicht wirksam genug. Besser hat sich diese Einrichtung in Versammlungssälen bewährt, wo sich die Logen hinreichend 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.

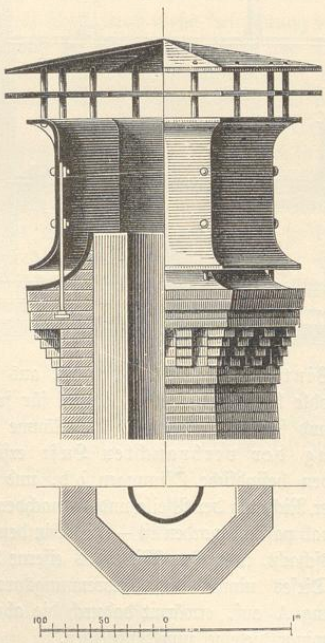


Fig. 255 stellt die Ausmündung des Lüftungsschlotes mit seinem aus gußeisernen Platten zusammengeschraubten Aufsatz, welcher sich auf Stehbolzen über der in Form eines Viertelkreises gestalteten Grundplatte erhebt, dar. Die Wirkung desselben ist eine über Erwarten günstige[1]) und die Ventilation so 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,

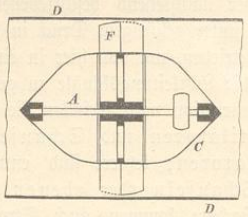
so ist diese Nutzleistung ausgedrückt durch die Formel:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{Q\gamma}{g} c^2 = \frac{1}{2} \frac{F \cdot \gamma}{g} \cdot c^3 \text{ Meter Kilogr.} \quad \ldots \quad 2)$$

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:

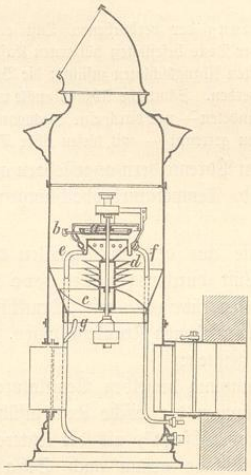
a) der **„Aërophor"** von **Treutler & Schwarz,**
b) der **Kosmos-Ventilator** von **Schäffer & Walcker.**

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.

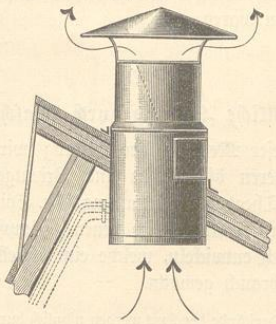
Zu a) Der Betrieb des „Aërophors" geschieht in der Weise, daß ein unter Druck stehender Wasserstrahl gegen das Rädchen mit sägeförmig gestalteten Zähnen geführt

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.

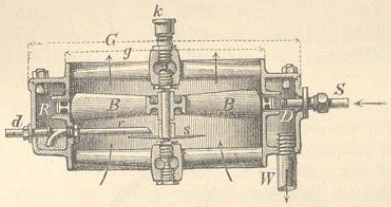
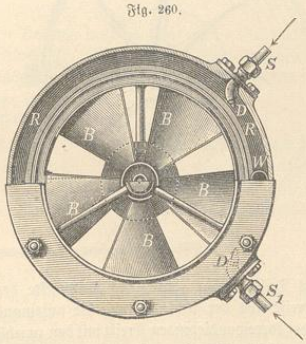


Fig. 260.

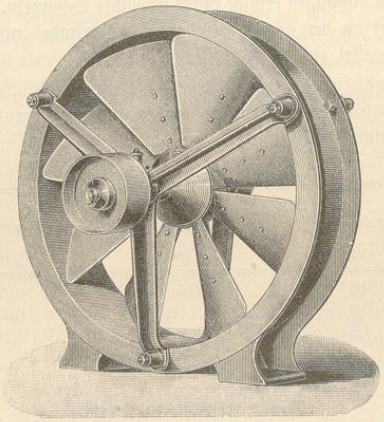


Zähne des Turbinenrades R, wodurch dieses und das damit in Verbindung stehende Flügelrad B in Bewegung gesetzt wird. Läßt man das Wasser dagegen durch die Spritzdüse D^1 einströmen, so tritt Drehung nach der entgegengesetzten Richtung ein, man kann also mittels des Apparates sowohl Luft absaugen, als 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.

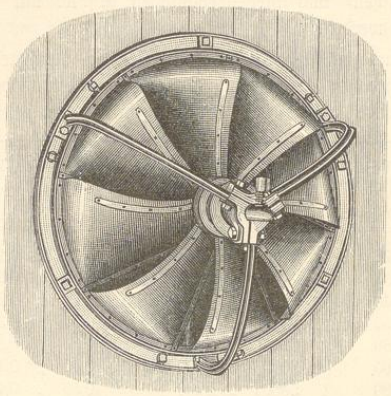
Nachstehende Tabelle enthält die Leistungen verschiedener Gattungen von Schraubenventilatoren von G. Schiele & Co.

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.

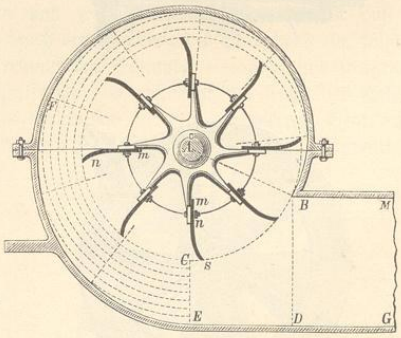
Geschichtliches. Das System der Schaufelventilatoren — als dessen Begründer der französische Gelehrte Désagulier gilt, welcher der Royal Society in London um 1734 ein Centrifugalwindrad eigener Konstruktion vorführte und dasselbe 1734 zur Aspiration des Hauses der Gemeinen in Anwendung brachte — hatte 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.

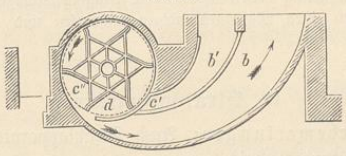
Den Wirkungsgrad kann man für 500 bis 800 Umdrehungen im Mittel zu 0,141 setzen, also höher als bei den Schraubenventilatoren, aber niedriger als bei den Ventilatoren mit gebogenen Schaufeln.

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: $s = b . h$.

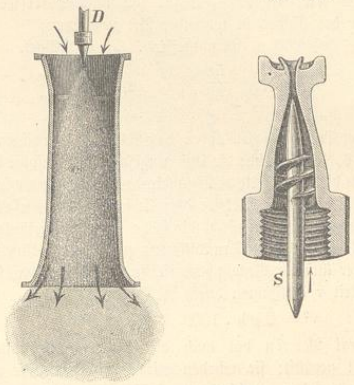
Nutzeffekt. Die Arbeit in Kilogramm-Metern, welche ein Guibal'scher Ventilator hervorbringt, ist auszudrücken durch das Ergebnis der pro Sekunde geförderten Luft, multipliziert mit der durch den Druck erzeugten Depression einer Wassersäule, ausgedrückt in Millimetern. Der Nutzeffekt variiert zwischen 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.

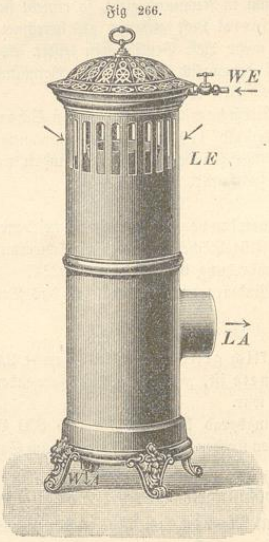


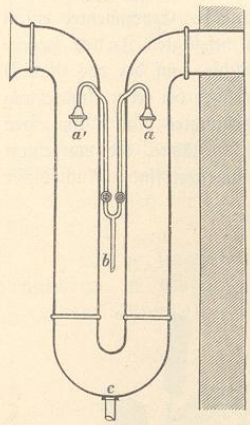
Fig. 266 zeigt die Anordnung eines **Körting**'schen Patentventilators für Wohnräume. Derselbe besteht aus Gußeisen und hat die Form eines Ofens. Man kann

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.

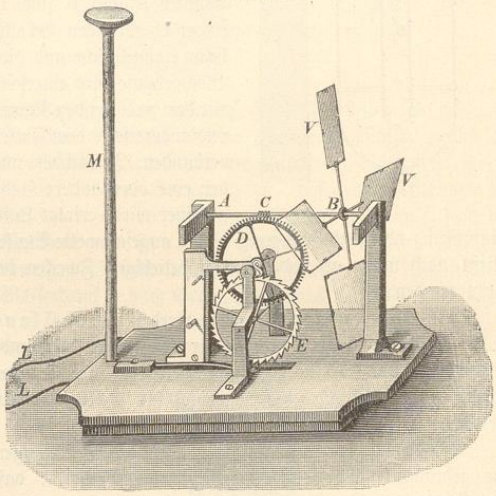
Prüfung von Lüftungsanlagen.

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

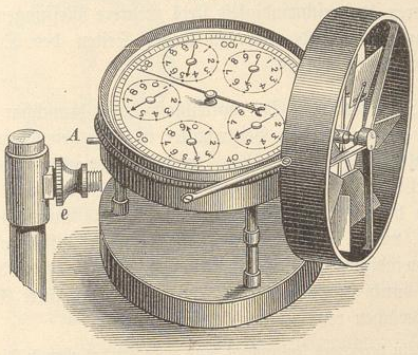
1) Erfunden 1838 von Combes und in der Folge von Neumann fabriziert. Combes hat insbesondere das Verdienst, für das Instrument eine genaue Formel bestimmt zu haben. — Eine vervollkommnete Form hat der Mechaniker Clair dem Instrumente gegeben.

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-

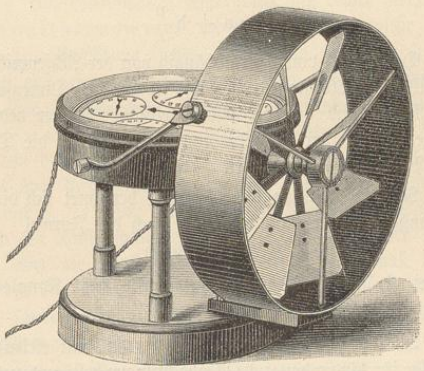
Fig. 269.



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.

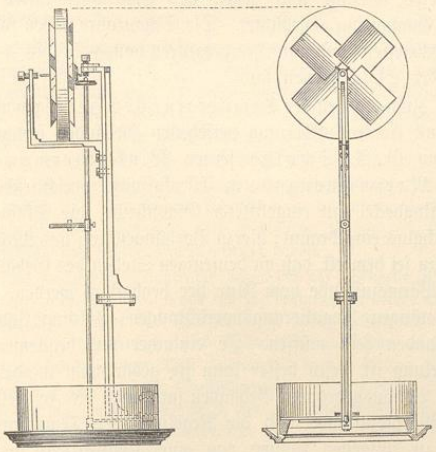
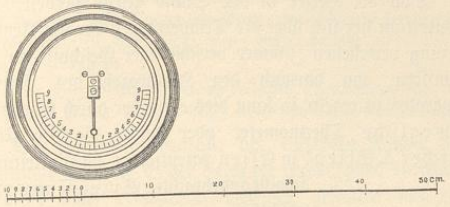


Fig. 272.



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.

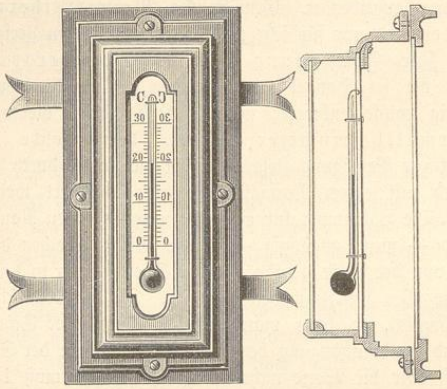


Fig. 274.

Fig. 275.

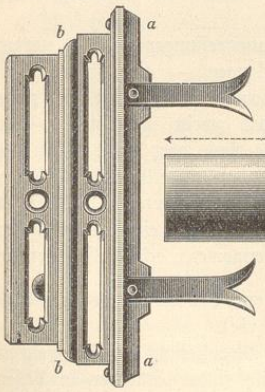
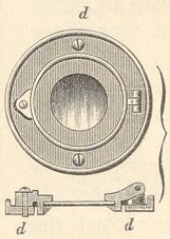


Fig. 276.



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.

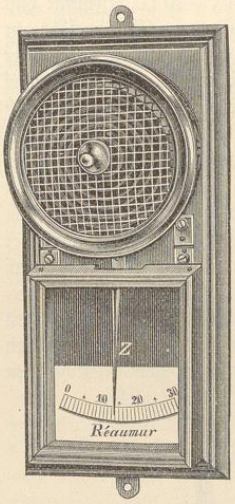
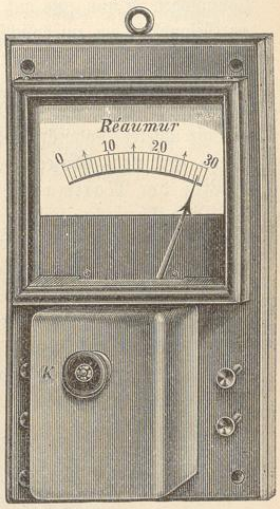


Fig. 279.



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

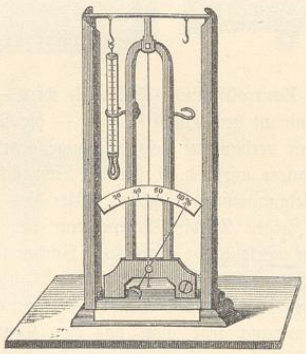
elektrische Strom wird geschlossen und durch diesen das Ventil für die weitere Befeuchtung.

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.

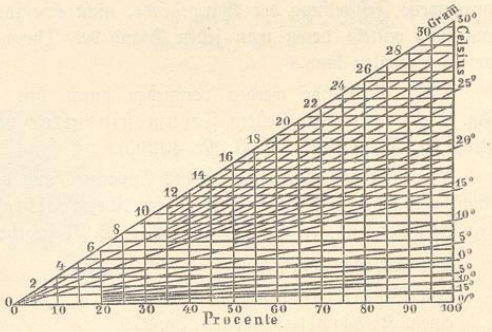
Will man Feuchtigkeitsmessungen vornehmen, so hat man vorher das Instrument zu justieren. Zu dem Ende wird der zugehörige, mit Mousselin überzogene Blechrahmen mit Wasser getränkt und in die Nut auf der Rückseite des Instrumentes eingeschoben. Sodann wird das Gehäuse vorn durch eine Glasscheibe und hinten 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

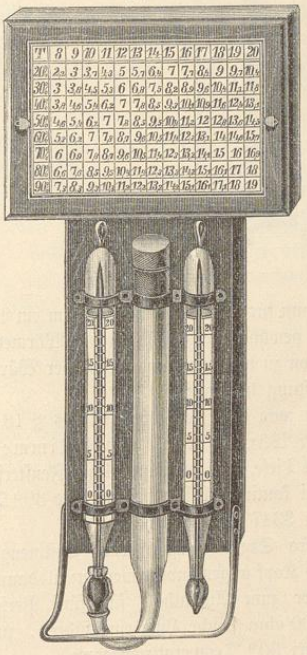
2. Beispiel:

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.**

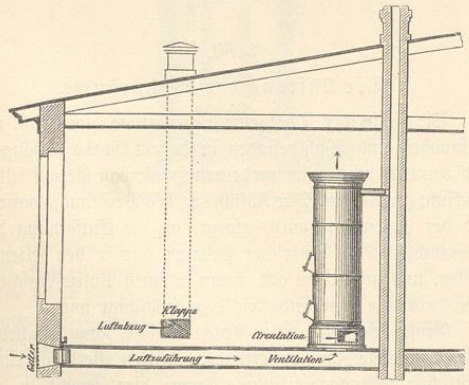
Für diese kleinen Wohnungen der Arbeiterhäuser und der sogenannten Mietskasernen sind nun zwar komplizierte und teure Lüftungsanlagen von französischen und englischen Philanthropen vielfach empfohlen worden, dieselben werden aber nie zur allgemeinen Anwendung gelangen, weil sie die Bedingung der Einfachheit 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.

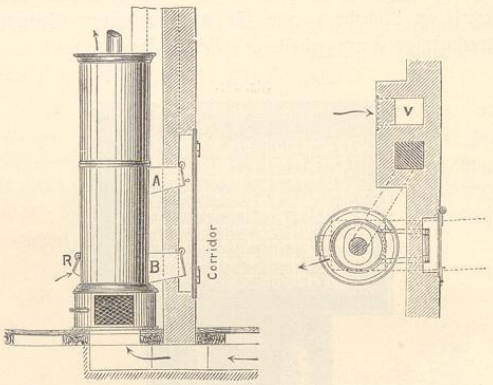
Fig. 283.



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.

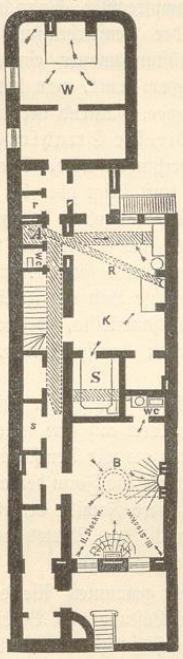
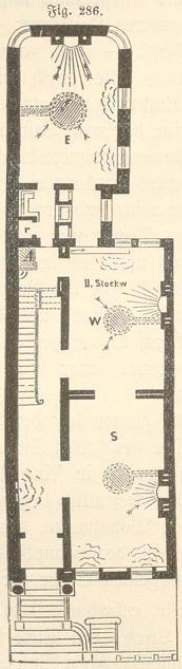


Fig. 286.



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.

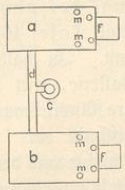
III. Lüftung von Auditorien und amphitheatralischen Hörsälen.

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.

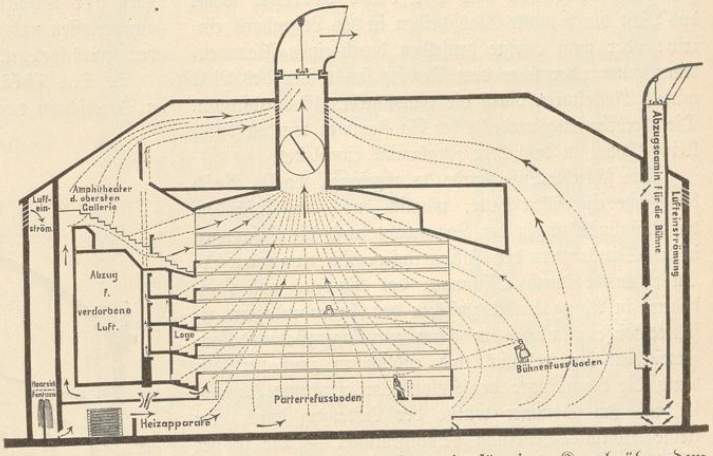
Eine der schwierigsten Aufgaben für den Heiztechniker bildet die Lüftung der Theatergebäude. Hier handelt es sich nicht darum, wie in den vorgenannten Fällen, einen einzigen großen Versammlungssaal oder einen Komplex getrennter Räumlichkeiten auf normaler Temperatur zu erhalten, resp. mit angemessenen 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.

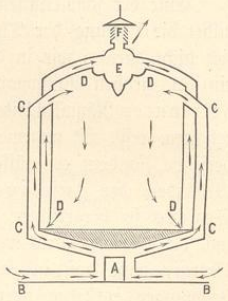
3) In einigen Theatern wurde der Kronleuchter gänzlich oberhalb des Plafonds verlegt, wobei das Licht durch matte Glasscheiben in das Logenhaus eintritt; oder man ersetzte denselben durch einen Flammenkranz unter oder über dem Deckengesims, der das Licht mittels Reflektoren durch die Glasscheiben hindurchstrahlt. 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.)

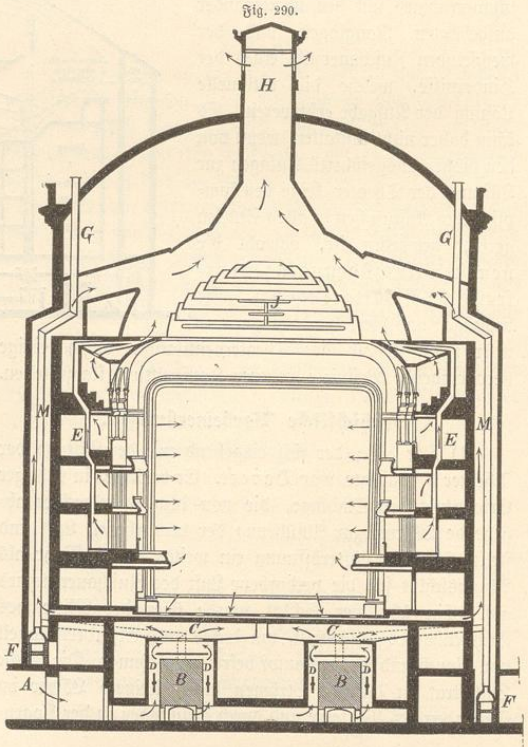
Fig. 289.



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.

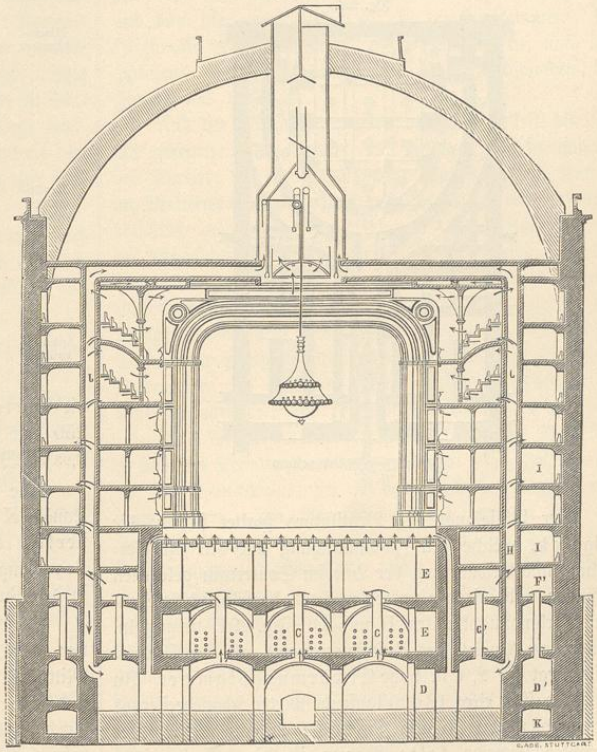
Der Ventilationseffekt ist zwar sehr energisch, aber es soll demzufolge auch beim Öffnen von Thüren eine starke Strömung nach dem Logenhause stattfinden.

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.

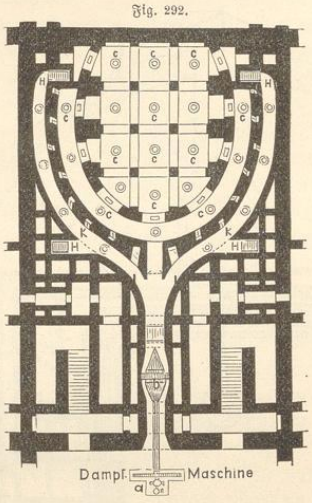


Lüfteröffnung empor und entweicht durch dieselbe, während die frische (im Winter auch erwärmte) Luft durch Öffnungen im Fußboden (vergl. Fig. 291) und durch die tiefliegendsten Punkte der Logen und Gallerien mit einer kaum fühlbaren Geschwindigkeit einströmt. Die dem vorübergehenden Bedürfnis entsprechende 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.



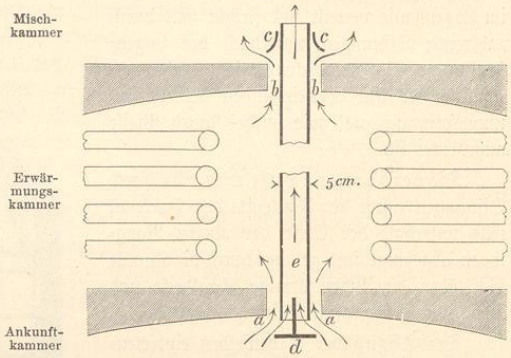
Der Blasekanal des Ventilators spaltet sich in die Züge k k, welche den Zusammenhang mit den zur Verteilung und Erwärmung der Luft im Souterrain gelegenen Räumen und mit den unter der Sohle desselben hinziehenden Verbindungskanälen D und D' (Fig. 291) vermitteln. Unter dem Parkett des Zuschauerraumes, 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.

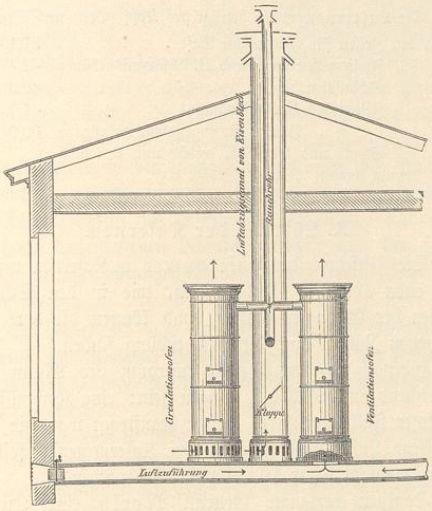
1) Der Luftkubus in den Sälen beträgt hier 38 bis 39 cbm pro Bett und die lichte Etagenhöhe 4,7 bis 5,0 m, während derselbe im Hospital Guy zu London nur 4,27 m beträgt. Vergl. im übrigen die Beschreibung im nächsten Paragraphen.

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.

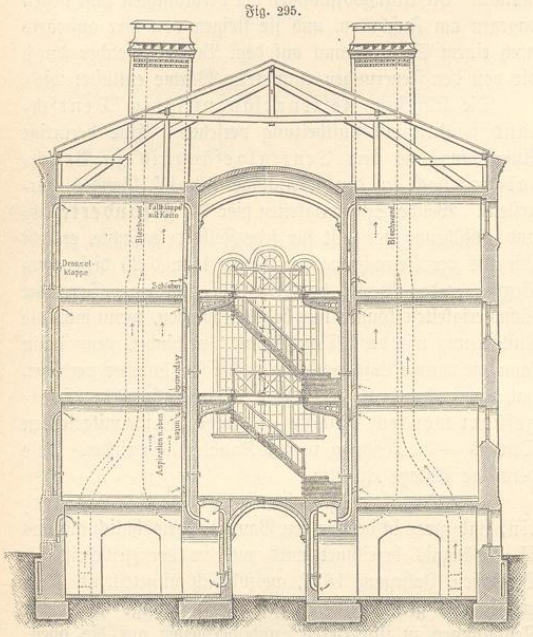
Die frische Luft wird durch drei Ventilatoren in die entsprechenden Verteilungskanäle und aus diesen in die Heizkammern getrieben, um zehn getrennte Systeme mit Heizung und Lüftung zu versorgen. Der Betrieb erfolgt mittels einer Dampfmaschine von 5 Pferdekraft. Die Luft erwärmt sich in den Heizkammern 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.

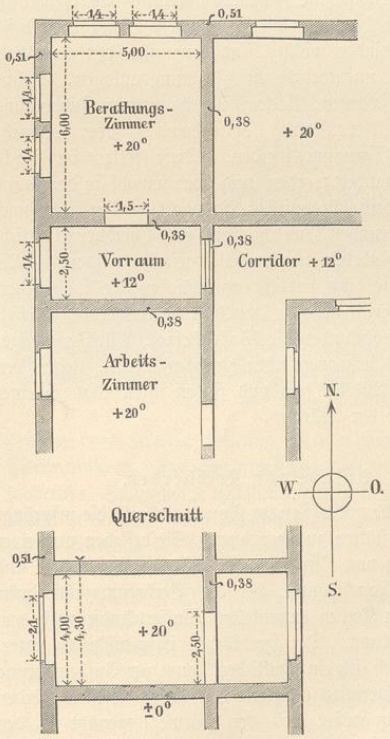
1.	Beratungszimmer (Eckzimmer)	5,00	6,00	4,00	120	E. F.	N.	2,1	1,4	2,94	2	—	5,88	—	+20	— 30	+ 40	5,00
						E. F.	W.	2,1	1,4	2,94	2	—	5,88	—	+20	— 20	+ 40	5,00
						J. T.	—	2,5	1,5	3,75	1	—	3,75	—	+20	+ 12	+ 8	2,00
						A. W.	N.	5,0	4,3	21,5	1	5,88	15,62	0,51	+20	— 20	+ 40	1,10
						A. W.	W.	6,0	4,3	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.

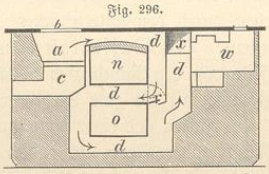
§ 92.

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.

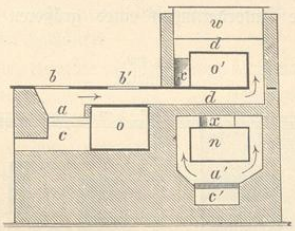
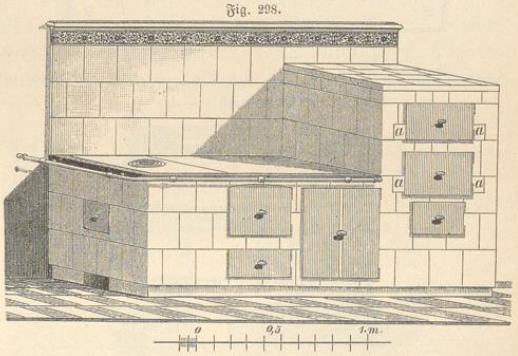


Fig. 298 endlich stellt einen von Titels Kunsttöpferei in Berlin konstruierten Kochherd für größere herrschaftliche Küchen dar. Die Abdeckung des Herdes

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.

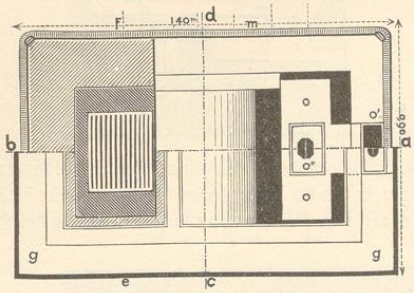


Fig. 300.
Querschnitt nach c—d.

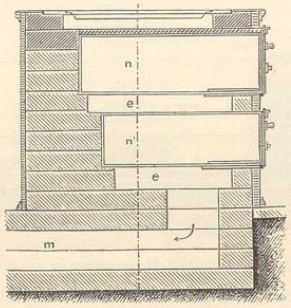
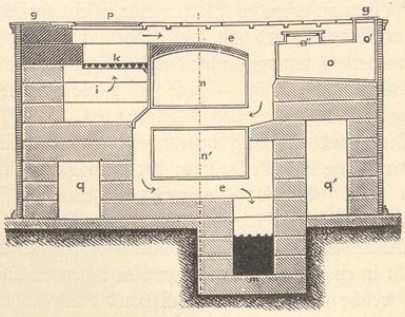


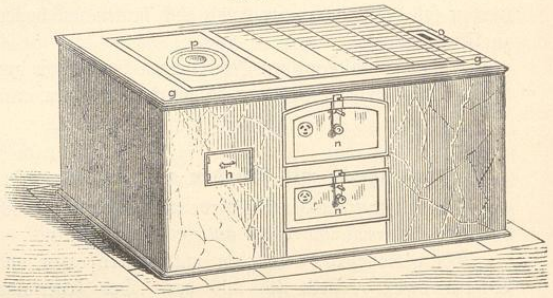
Fig. 301.
Längenschnitt nach a—b.



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.

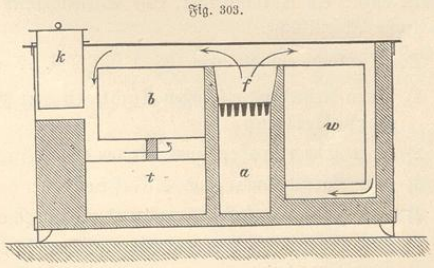
Die Bratofen- und Wärmspindthüren werden entweder aus Eisen, geschliffen, mit schwarzlackierten Füllungen hergestellt oder mit geschliffenem Eisenrahmen und Messingfüllungen. Beide Thüren sind als Fallthüren (d. h. um eine untere, horizontale Achse drehbar) konstruiert, was die Besorgung der Öfen wesentlich 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.



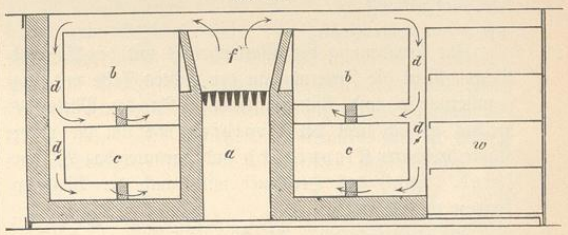
Westfalen herrscht vielfach die ererbte Gewohnheit, daß Herde und Öfen vom Mieter zu beschaffen sind und daher „bewegbar“ sein müssen.

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.

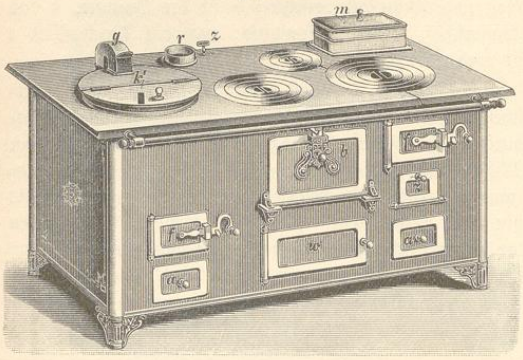
Die Restaurationskochherde haben in den vertikalen Feuerzügen Absperrklappen (d d, Fig. 304), welche es ermöglichen, einen Teil der Maschine abzusperren und nur die Hälfte des Herdes oder weniger zu benutzen.

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.

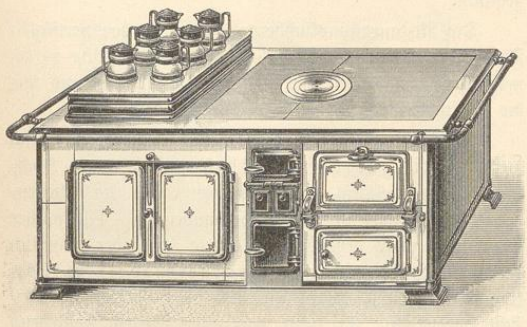
Fig. 305.



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;

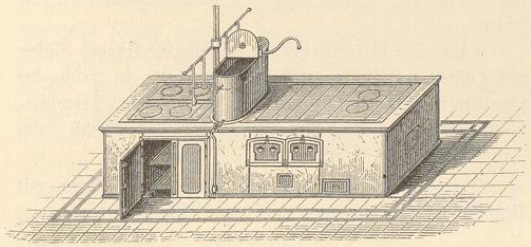
1) Vergl. meine Mitteilung in Romberg, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1880, 2. Liefg. Der Verfasser.

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.

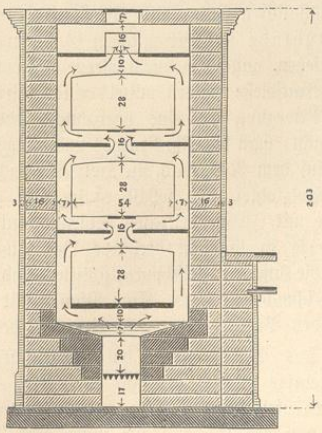
Das reine Kochwasser befindet sich in einer kupfernen, geschlossenen Wasserblase, die von den Rauchgasen umspült wird. Der obere Teil ist als Wasserbad mit Klappdeckel konstruiert und mit der Kaltwasserleitung durch das Verbindungsrohr k und einen Niederschraubhahn verbunden. Um das warme Wasser zum 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

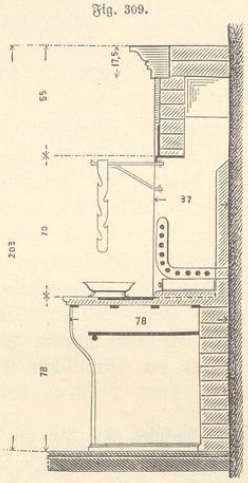
Fig. 308.



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.