UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

Sechstes Kapitel. Centralheizungen.

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

Visual Library

Sechstes Kapitel.

Centralheizungen.

§ 38.

Während Kamine und Zimmeröfen als Apparate für Lokalheizung den ausgesprochenen Zweck verfolgen, durch die Feuerung nur einen oder höchstens zwei aneinander stoßende Räume zu erwärmen, fällt den Centralheizungen die komplizierte Aufgabe zu: entweder sämtliche oder doch eine Gruppe von Räumen desselben Gebäudes mittels eines gemeinsamen Apparates und von einem Centralherde aus zu heizen.

Im Vergleich zu den im vierten und fünften Kapitel abgehandelten Lokalheizungen lassen sich die Vorteile der Centralheizungen wie folgt zusammenfassen:

1) Da für jede Zimmergruppe nur eine einzige, meist im Souterrain gelegene Feuerstelle zu bedienen ist, kostet die Beaufsichtigung weniger Mühe und Zeit; es wird an Dienstpersonal gespart, was bei großen, öffentlichen Gebäuden außerordentlich ins Gewicht fällt.
2) Der Verbrennungsprozeß des Centralherdes ist leichter regulierbar, gleichmäßiger und vollständiger als derjenige einer größeren Anzahl von zum Teil in verschiedenen Etagen gelegenen Feuerstätten. Es findet aber auch eine — nachweisbare — Ersparnis an Brennmaterial statt, wodurch die größeren Anlagekosten leicht aufgewogen werden.
3) Rauch in den Zimmern und Belästigung der Inwohner durch das Heizpersonal fallen fort, auch die Feuersgefahr wird erheblich verringert.
4) Flure, Treppenhäuser, Korridore können gleichzeitig mit erwärmt werden.

Die Schwierigkeiten in der Anlage einer Centralheizung bestehen dagegen:

a) in der Beschaffung eines verständigen Bedienungspersonales;
b) in der Regulierung des Heizeffektes nach dem jedesmaligen Stande der Außentemperatur;
c) in dem Anpassen an die Grundrißdisposition;
d) in dem Ausschließen gewisser Räume nach vorübergehendem Bedürfnis.

Das Medium, an welches die im Centralheizapparate entwickelte Wärme übertragen und durch welches sie an den Verwendungsort (die zu beheizenden Räume) geleitet wird, kann nun Luft, Wasser oder Dampf sein. Danach unterscheidet man:

A. die Luftheizung,
B. die Wasserheizung,
C. die Dampfheizung.

Als Kombinationen dieser drei Systeme unter sich sind noch zu nennen:

D. die Dampfwasserheizung, eine Kombination von B und C,
E. die Wasserluftheizung, Kombination von A und B,
F. die Dampfluftheizung, Kombination von A und C.

§ 39.

A. Die Luftheizung.

Unstreitig ist die Luftheizung die älteste, einfachste und billigste aller Centralheizmethoden. Schon die Römer der Kaiserzeit verstanden es, einzelnen Gemächern ihrer Bäder und Paläste die Wärme mitzuteilen, welche in besonderen Räumen des Untergeschosses erzeugt worden war. — In Rußland ist ein ausgebildetes System dieser Heizungsart schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Gebrauch gewesen. Als erste Anwendung bei uns gilt die Einrichtung einer — damals so genannten — russischen Heizung für das Arbeitszimmer Friedrich des Großen im Neuen Palais zu Potsdam durch den Schloßbaumeister Manger.

Die Erwärmung der Luft findet bei dem System der Luftheizung in einer besonderen, meist im Souterrain belegenen, Heizkammer statt. In dieser ist der Wärmeerzeuger (Kalorifère) derart plaziert, daß er von den massiven Kammerwänden eng umschlossen ist. Die frische, also im Winter kalte, atmosphärische Luft wird durch einen gemauerten Kanal unter dem Fußboden des Kellergeschosses in die Heizkammer eingeführt und, nachdem sie sich an den geheizten Flächen des Kalorifère auf circa 50° erwärmt hat, steigt sie nach einfachen, physikalischen Gesetzen in „Heizkanälen", welche im Mauerwerk ausgespart sind, aufwärts. Durch mit regulierbaren Klappen versehene Ausströmungsöffnungen gelangt sie alsdann in die zu heizenden Zimmer und Säle des Gebäudes.

Um der erwärmten, neu zutretenden Luft Platz zu machen, muß ein entsprechendes Quantum (verbrauchter) Zimmerluft abgeführt werden, was ebenfalls mittels vertikaler Kanäle im Mauerwerk geschieht. Diese letzteren nennt

man „Kanäle für verbrauchte Luft“ auch wohl „Abluft- oder Ventilationskanäle“, im Gegensatz zu den Heiz- oder Warmluftkanälen. Zuweilen wird das Feuer des Kalorifère mit verbrauchter Zimmerluft gespeist, die Ventilationskanäle münden dann unter den Rost des Heizapparates; gewöhnlich aber münden dieselben direkt „ins Freie“. In beiden Fällen erfolgt der Luftaustausch ohne künstliche Mittel — und man nennt dies: Luftheizung mit natürlicher Ventilation.

Die Verbrennungsgase des Luftheizofens werden in einen Schornstein geleitet. Derselbe nimmt gewöhnlich auch die Ventilationsluft — direkt oder indirekt — auf; da das Feuer in diesem Falle luftverdünnend, also „saugend“ auf die verbrauchte Luft in den Kanälen wirkt, so resultiert daraus eine Lüftung durch Aspiration (Absaugung).

Lage der Öffnungen für Zuführung erwärmter und Abführung schlechter Luft. Wo diese in den Zimmern anzubringen seien, darüber ist für jeden speziellen Fall mit Rücksicht auf die Benutzungsweise des Lokales besonders zu bestimmen. Für Schul- und Wohnräume möchte es sich am meisten empfehlen, die Ausströmung der warmen Luft etwas über Mitte der Zimmerhöhe, jedenfalls über Kopfhöhe, anzuordnen, dagegen die verdorbene Luft am Fußboden abzuleiten.

Verlängert man die kalten Kanäle bis zum Souterrain hinab und führt sie einzeln oder vereinigt zur Kammer zurück, so ist man in der Lage, mit der Luftheizmethode auch Cirkulationsheizung zu verbinden. Diese Methode wurde von Meißner in Wien[1]) schon vor circa 70 Jahren angegeben. Fig. 114 giebt eine Skizze dieses Heizarrangements. Es bezeichnet darin: I den Heizkanal, II den Cirkulationskanal, III den Ventilationskanal, IV den Heizofen, V die Heizkammer und VI den kalten Luftkanal.

A. Beginn der Heizung (Anheizen). Die Zimmerluft kann nach mehrstündiger Lüftung des Lokales als rein angesehen werden. Der Kanal VI für kalte Luft und die Klappen b und c sind geschlossen: die durch den Ofen erwärmte Luft wird also in I aufsteigen, durch die Einströmungsöffnung ins Zimmer gelangen und die steigende Bewegung bis zur Decke beibehalten. Infolge von Transmission tritt aber nach einiger Zeit in dem Zimmer unvermeidlich Abkühlung der Luft ein, wodurch sie schwerer wird, zu Boden sinkt und unterhalb b abfallend, durch den Kanal II in die Heizkammer zurückkehrt, um sich von neuem zu erwärmen und den vorigen Weg zu wiederholen. — Diese Methode der Cirkulation genügt für die Dauer nicht; sie ist jedoch für Treppenhäuser und Korridore, insbesondere bei Temperaturen unter 14°, zulässig und kann für das Stadium des Anheizens auch in Wohnräumen

Fig. 114.

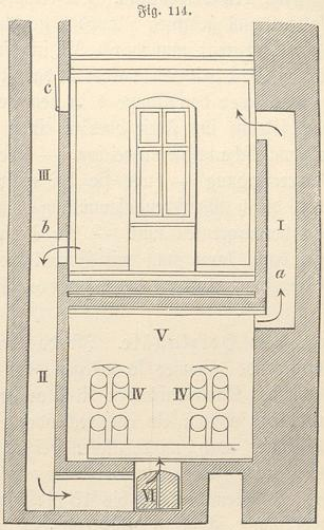
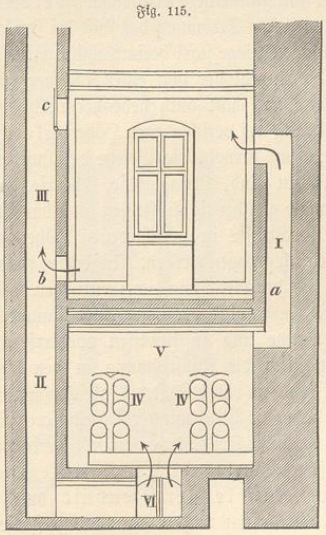


Fig. 115.



kein Bedenken erregen, sofern vorher genügende Lüftung stattgefunden hat.[1])

1) Meißner, Die Heizung mit erwärmter Luft. Dritte Auflage. Wien 1827.

1) Prof. Wolpert verwirft für Wohnzimmer und Schulen die Cirkulationsheizung ganz und verlangt für solche Räume — selbst zum Anheizen — Ventilationsheizung. Deutsche Bauzeitung 1874, Nr. 27.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

B. Soll mit der Heizung Lüftung verbunden werden, was für dauernden Aufenthalt im Zimmer hygienisch nötig erscheint, dann ist ein anderes Arrangement erforderlich, welches Fig. 115 verdeutlicht. Die Klappe p ist gesenkt, der kalte Kanal geöffnet, Klappe c geschlossen. Die atmosphärische Luft tritt nun durch VI in die Kammer, erwärmt sich am Ofen, tritt wie vorher in das Zimmer und strömt abgekühlt über der Klappe b in den Ventilationskanal II, um sodann ins Freie oder in einen besonderen Ventilationssammelschacht zu entweichen. — Wenn infolge starker Wärmeerzeugung — wie sie bei nicht normaler Heizung oder durch Menschenansammlung und Beleuchtungsprozesse hervorgerufen wird — die Temperatur erheblich steigt, dann kann man mit Vorteil die Klappe c öffnen und die Zimmerluft an der höchsten Stelle abfließen lassen.

Anlage der Heizkanäle. Ist das mit warmer Luft zu versorgende Zimmer so gelegen, daß der Heizkanal nicht von den Kammerwänden direkt aufsteigt (wie in Fig. 114 u. 115), so muß ein entsprechender Zuleitungskanal mit Steigung nach dem vertikalen Heizkanal angelegt werden; horizontales Ziehen vermeidet man am besten ganz. In geneigten Kanälen von 12 bis 15 m Länge sind die Reibungswiderstände schon so bedeutend, daß man es für vorteilhafter hält, statt einer Heizkammer zwei oder mehrere anzulegen, weil die Strömung der Luft bei starker Reibung auf einem langen Wege stark beeinträchtigt wird. Beschränkt man aber die Anzahl der von einer Kammer zu heizenden Räume, dann hat man auch nebenher noch die Aussicht, die Ausströmung bei verschiedenen Höhen gleichmäßiger zu machen; denn obwohl die Gesetze der Luftbewegung in Röhren bekannt sind, versagt die Theorie doch, sobald mehrere Kanäle gleichzeitig aufsteigen (und das ist eben stets der Fall), sobald sie in verschiedenen Höhen ausmünden oder stark seitlich gezogen werden. Außerdem treten Faktoren hinzu, die sich der Rechnung ganz entziehen, wie ungleiche Druckdifferenzen infolge der Lage eines Raumes zur Stellung der Sonne und zu gewissen vorherrschenden Luftströmungen. Um die Ausströmung in den übereinanderliegenden Zimmern eines Systems gleichmäßig zu machen, pflegt man daher die Weite mit der Druckdifferenz in Einklang zu setzen, [1]) was mit Stellklappen erreicht werden kann. Ratsam ist es, für jeden besonderen Fall die Querschnitte sämtlicher Kanäle gewissenhaft **durch Rechnung** festzustellen, sofern nicht etwa analoge Fälle vorliegen, welche eine sichere Grundlage bieten und daher die Rechnung entbehrlich machen.

Mängel der Luftheizung und Bedenken gegen deren Anwendung. Vor Jahren hatte sich — unterstützt durch das Urteil von Ärzten, Technikern und Schulmännern [1]) — eine lebhafte Agitation in Wort und Schrift gegen die Luftheizung in Schulhäusern geltend gemacht. Ohne daß wirklich exakte Beobachtungen vorangegangen wären, wurde der Luftheizung der Vorwurf gemacht:

> daß durch solche Heizmethode die Luft überhitzt werde, daß sie zu trocken und mit schädlichen Gasen geschwängert in die Räume gelange und die Gesundheit der Bewohner in ernstliche Gefahr bringe.

Hierbei hatte man übersehen, daß die meisten der gerügten Übelstände entweder in veralteter und fehlerhafter Konstruktion und Ausführung der Apparate oder in deren schlechter Unterhaltung, fahrlässiger Bedienung und Reinigung ihren Grund hatten. In der That existierten zu jener Zeit noch viele veraltete Einrichtungen, aber sicher lassen sich dieselben auch unter dem Gesichtspunkte moderner Gesundheitspflege, d. h. rationell und zweckentsprechend einrichten.

Anm. In wie hohem Grade diese Angelegenheit das Interesse der Fachkreise erregt hat, geht daraus hervor, daß der medizinisch-pädagogische Verein in Berlin (gestützt auf Mitteilungen und eingeholte Gutachten aus einer größeren Anzahl von Städten) diese Angelegenheit in die Hand genommen und an das Reichsgesundheitsamt eine Vorstellung gerichtet hat, in welcher auf eine Reihe von Übeln und Unzuträglichkeiten, welche im Gefolge der Luftheizung auftreten, hingewiesen wird. Das Reichsgesundheitsamt scheint nun auch an die Königl. Bayerische Regierung dahinzielende Anfragen gerichtet zu haben. Um festzustellen, inwieweit etwa den lautgewordenen Klagen in Bezug auf die Schulhäuser Münchens eine Berechtigung zu Grunde liege, hat sodann der Magistrat von München den Auftrag erhalten, über seine Erfahrungen in den Münchener Schulen Bericht zu erstatten, was unter Zuziehung der Professoren Dr. Voit und Dr. v. Bezold erfolgt ist. (Magistratssitzung vom 6. April 1877.) Das abgegebene motivierte Gutachten der genannten Herren faßt deren Ansicht in nachstehenden Sätzen zusammen:

„Eine gesundheitsschädliche Wirkung der Luftheizung ist in den Münchener Schulhäusern nicht nachzuweisen. Die meisten der Vorwürfe, welche der Luftheizung gemacht worden, sind, sofern sie Begründung haben, nicht allein dieser, sondern jeder Ventilationsheizung zu machen; dieselben können jedoch alle durch zweckentsprechende Einrichtungen beseitigt werden. Die besseren neuen Luftheizungen sind so ausgeführt, daß denselben größere Mängel als anderen Heizungen nicht anhaften: das Verbot der Anlage von Luftheizungen, wie es der medizinisch-pädagogische Verein von Berlin vorschlägt, würde einen entschiedenen Rückschritt in der Beheizung der Schulen bedingen, weil die Ventilation der Schulräume, welche die Luftheizung liefert, bei anderen Heizungen nur durch einen bedeutenderen Kostenaufwand erreicht werden könnte."

1) Sind z. B. fünf übereinanderliegende Etagen zu heizen, so werden sich die zugehörigen Geschwindigkeiten der Luft in den Steigekanälen für warme Luft annähernd verhalten wie 1 : 1,5 : 2,0 : 2,3 : 2,5, es müssen daher die Heizkanäle Querschnitte erhalten, welche diesen Geschwindigkeiten proportional sind.

1) Beobachtungen auf dem Gebiete der Schulgesundheitspflege. Für Schulgemeinden und Schulmänner, von A. Hoffmann. Nürnberg 1874.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Durch dieses Urteil berufener Fachmänner wurden die gegnerischen Behauptungen wesentlich entkräftet, soweit sie nicht schon anderweitig Abfertigung gefunden hatten.

1) Was die angebliche Trockenheit der durch Luftheizung erwärmten Zimmerluft anlangt, so hat Professor A. Wolpert diesen Vorwurf schon im Jahre 1874 als unbegründet widerlegt.[1]) Zur Klarstellung des Sachverhaltes muß hierbei auf den Begriff der Luftfeuchtigkeit, der absoluten sowohl als der relativen, zurückgegriffen werden.

Die in einem bestimmten Luftvolumen vorhandene gasförmige Wassermenge erreicht für jeden Temperaturgrad ein ganz bestimmtes Maximum. Dieses Maximum, bei welchem die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, heißt die Feuchtigkeitskapazität der Luft; dieselbe ist um so größer, je höher die Temperatur der Luft und folglich die des Wasserdampfes ist. So nimmt ein Kubikmeter Luft folgende Feuchtigkeitsmengen auf:

bei	—	10° C. . . .	2,3 g,
„	±	0° „ . . .	4,9 „
„	+	10° „ . . .	9,4 „
„	+	20° „ . . .	17,2 „
„	+	30° „ . . .	32,0 „
„	+	40° „ . . .	51,0 „
„	+	50° „ . . .	82,7 „
„	+	100° „ . . .	591,0 „

Hat die Luft eines Raumes sich mit der ihrer Temperatur entsprechenden Feuchtigkeit gesättigt, dann nimmt sie Wasser nicht mehr auf, soviel auch in tropfbar flüssigem Zustande darin vorhanden sein möge.

Wird andererseits eine mit Dampf gesättigte Luft auf höhere Temperatur gebracht, ohne daß Wasser zu ihrer Sättigung vorhanden ist, so ist sie im Verhältnis zu kälterer Luft von gleichem Wassergehalt zwar relativ trocken, ohne daß ihr jedoch ein Atom des Wassers entzogen wäre. Das Verhältnis des in einer Luftmenge dampfförmig vorhandenen Wassers zu dem bei dieser Temperatur möglichen Feuchtigkeitsmaximum nennt man die **relative** Feuchtigkeit der Luft. **Absolute Luftfeuchtigkeit** ist die in einem Luftvolumen vorhandene Wassermenge ohne Rücksicht auf den herrschenden Temperaturgrad.

Nach Annahme der Physiologen ist aber eine auf 17 bis 20° C. erwärmte Luft der Gesundheit am zuträglichsten, wenn sie ungefähr zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigt ist. Dieses Maß von relativer Feuchtigkeit (40 bis 60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit) findet sich auch im Freien an schönen Sommertagen an schattigen Orten und ähnliche Verhältnisse sucht man gern bei guten Heizungsanlagen zu erreichen.

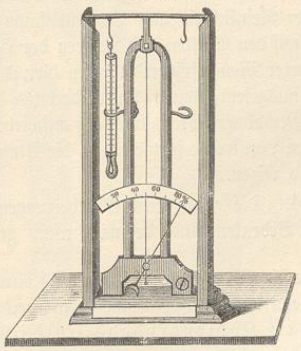
1) Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1874, Nr. 27.

Wenn nun die Luft der Heizkammer einen Verlust an Feuchtigkeit erlitte, so müßte sich die entzogene Feuchtigkeitsmenge irgendwo ansammeln, denn das vorhandene Wasser kann offenbar nicht verschwinden; es kann sich auch nicht zersetzen, selbst nicht an den glühenden Eisenflächen eines Kalorifère. Die relative Feuchtigkeit wird sich zwar bei der Erwärmung der eintretenden frischen Luft von 0° bis 50° bedeutend ändern, aber nicht die absolute Feuchtigkeit. — Die Wassermenge bleibt vielmehr für dasselbe Luftvolumen dieselbe bei 0° wie bei 50°. Wird solche Luft von hoher Temperatur aus der Kammer in ein Zimmer eingeführt, so nimmt sie die ihr fehlende Feuchtigkeit von den feuchteren Zimmerwänden, den Möbeln oder sonstwie auf und wird dadurch relativ und absolut feuchter, als wenn sie mit geringerer Temperatur, also geringerer Feuchtigkeitskapazität eingeführt worden wäre.

Sättigt man aber — wie dies in der Regel geschieht — die auf hohe Temperatur erhitzte Luft völlig durch Verdampfung in der Heizkammer, so muß sich bei der Abkühlung von 50° auf 20° eine nicht unerhebliche Menge (65 g pro Kubikmeter Luft) an Wänden und Fenstern niederschlagen. Eine zu große Trockenheit ist in diesem Falle also undenkbar und viel wahrscheinlicher Luftverschlechterung durch Übermaß von Feuchtigkeit.

Einen sicheren Anhalt für den Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann man überhaupt nur durch das Hygrometer erhalten und dazu eignet sich das Daniell'sche und das Prozent-Hygrometer von Hottinger & Co. in Zürich (Fig. 116). Sobald nun der relative Feuchtigkeitsgehalt

Fig. 116.



der Zimmerluft dauernd unter 40 Proz. der Maximalfeuchtigkeit sinkt, ist mit der Wasserverdunstung in der Kammer zu beginnen. Weshalb bei der Luftheizung konstant Wasser verdunstet werden sollte, ist nicht einzusehen. Die Klagen über, durch Luftheizungsanlagen erzeugte Krankheitserscheinungen — als Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit und nervöse Abspannung — können daher ihren Grund

nicht sowohl in der Trockenheit der Luft haben, als vielmehr in Erscheinungen, welche man auch im Gefolge eiserner Öfen beobachtet hat, die bis zum Rotglühen erhitzt werden.

2) Die Durchlässigkeit des glühenden Gußeisens für Kohlenoxydgas. Sie wurde durch Troost und Deville in Frankreich[1]) und durch Graham in England nachgewiesen. Die Untersuchungen ergaben, daß Überziehen des Gußeisens mit Graphit beträchtlich den Gehalt der Zimmerluft an Kohlenoxyd vermehrte; ebenso verhielt es sich mit dem Staube, der sich auf dem Ofen abgelagert hatte. Aus den Experimenten geht hervor, daß das Verhältnis des Kohlenoxydgases zu dem untersuchten Luftvolumen in einigen Fällen den Wert von 0,00071 und 0,00132 erreicht hat. Dabei wurde konstatiert, daß rotglühendes Guß- und Schmiedeeisen die Kohlensäure der Luft in Sauerstoff und Kohlenoxyd zersetzt. Hiernach könnte das Eindringen dieses gefährlichen Gases in unsere Zimmer allerdings Bedenken erregen; da aber dessen Erzeugung innerhalb des Feuerraumes des Kalorifère stattfindet, so wird dasselbe dem starken Zuge im Schornsteine folgen, und wenn der Ofen erst im Brande ist — was bei Rotglut desselben angenommen werden darf —, kann von einer subversen Bewegung der Feuergase kaum die Rede sein. Das Kohlenoxydgas wird sich bequemere Wege suchen als die eisernen Wandungen, nämlich die undichten Verbindungsstellen des Heizapparates.

3) Mehr als die Permeabilität der Wandungen trägt die Staubansammlung auf den Centralheizapparaten zur Verschlechterung der Zimmerluft bei. Die in der Luft suspendierten organischen Staubteile lassen sich trotz aller Reinlichkeit und Vorsicht kaum beseitigen; sie setzen sich auf den Platten und Röhren der Heizapparate in nennenswerter Menge fest und können hier, der trockenen Destillation ausgesetzt, durch Luftverderbnis das Wohlbefinden der Bewohner stören, auch als aufwirbelnde Asche, vom steigenden Luftstrome fortgetragen, die Atmungsorgane belästigen und reizen.

Resumé. Die gegen Centralluftheizungen erhobenen prinzipiellen Bedenken sind demnach nicht gerechtfertigt, denn:

> Die Trockenheit der Luft wird durch eine, dem Hygrometerstande entsprechende Wasserverdunstung behoben; die Kohlenoxydgas-Entwickelung ist sekundär und kann nur in unventilierten Räumen schädlich werden; das Glühen der Eisenflächen wird vermieden durch Ausfuttern des Feuerraumes mit Chamottesteinen und Auskleiden der metallenen Röhren wenigstens im ersten Teile des Röhrenzuges.

1) Comptes rendus des séances de l'Academie des Sciences. T. LXVI, Nr. 2, janvier 1868.

Weitere allgemeine Konstruktionsregeln:

a) Die Heizfläche des Ofens ist so groß zu wählen, daß eine hochgradige Erhitzung derselben nicht notwendig wird.

b) Um das Austreten des Rauches oder anderer schädlicher Heizgase zu vermeiden, müssen sämtliche Verbindungsstellen dicht schließend und der Röhrenguß so sorgfältig als möglich hergestellt sein. Der Ofen sei ferner leicht zu bedienen und leicht vom Staube zu reinigen. (Beschickung und Entrußung soll stets von außen erfolgen.)

c) Der Schornstein ist mit einer guten Windkappe zu versehen.

d) Die Heizkammer muß so groß hergestellt werden, daß sie jederzeit, selbst während der Heizung, begangen werden und alle Ofenteile (namentlich aber die Verbindungsstellen) auf Rauchsicherheit geprüft werden können. Die Einsteigeöffnung ist daher nicht — wie früher geschah — zu vermauern, sondern mit einer doppelten, eisernen Thür zu versehen.

e) Die frische Luft ist von Orten zu entnehmen, wo sie möglichst wenig verunreinigt ist (aus Gärten, nicht aus schlecht ventilierten Höfen), und der zu ihrer Leitung bestimmte Kanal ist wasserdicht herzustellen, damit die Luft nicht mit dem Grundwasser, mit dumpfer Bodenluft oder faulenden organischen Substanzen in Berührung kommen kann. Die äußere Einströmungsöffnung der frischen Luft ist, zum Schutz gegen Eindringen von Tieren, mit einem engmaschigen Drahtgitter zu versehen.

f) Die Erwärmung der Luft in der Kammer darf nur eine mäßige sein (40 bis 50° C.) und sollen die Heizkanäle, um bei solcher Temperatur dem Bedürfnisse genügen zu können, ausreichend groß angelegt werden.

Nach Erörterung vorstehender Konstruktionsregeln gehen wir zur Besprechung der einzelnen Teile über, aus denen sich jede Luftheizungsanlage zusammensetzt. Im wesentlichen sind dabei zu unterscheiden:

A. Die Vorrichtungen zur Erwärmung der Luft.
B. Die Luftleitungs-Vorrichtungen.
C. Die Regulierungs-Vorrichtungen.

Die Vorrichtungen zur Erwärmung der Luft bestehen aus dem Luftheizofen oder Kalorifère und der ihn umschließenden massiven Heizkammer. Der Heizofen wird vorwaltend aus Gußeisen, selten nur aus Mauerziegeln hergerichtet — dagegen sind gemischte Öfen mit massiver Ausfutterung des Feuerraumes in Gebrauch.

Zur Luftleitung dient ein massives Kanalsystem, welches den Wärmebedarf der Räume durch Zuführung bestimmter Quantitäten Heizluft deckt und dagegen den Ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tausch atmosphärischer Luft und die Abführung verbrauchter Zimmerluft vermittelt.

Zur Regelung resp. Abstellung dieser dreifachen Luftströmungen dienen Schieber, Drehklappen und Jalousieklappen. Wir betrachten zunächst:

Die Vorrichtungen zur Erwärmung der Luft in der Heizkammer.

A. Der Luftheizungsofen.

§ 40.

Geschichtliche Übersicht der älteren Central-Luftheizapparate (1825 bis 1855).

Die Formen der Apparate zur Erwärmung von Luft innerhalb gemauerter Kammern sind begreiflicherweise im Laufe der Zeit erheblich verändert und von den Konstrukteuren individuell modifiziert worden.

I. Die älteste, vielfach angewendete Form dürfte der gewöhnliche eiserne Rundofen gewesen sein; sie war einfach, billig, auch durchaus zweckmäßig, dagegen mit den bekannten Nachteilen gewöhnlicher eiserner Öfen behaftet, nämlich glühende Flächen darzubieten und einen ungleichmäßigen Verbrennungsprozeß hervorzurufen. — Derartige Apparate hat der verdienstvolle Beförderer der Luftheizmethode, Professor der technischen Chemie P. T. Meißner in Wien, um das Jahr 1823 konstruiert und vielfach angewandt, und zwar sowohl für Heizung mit Mantelöfen als für wirkliche Centralheizung.[1])

Für größere Anlagen wendete Meißner Apparate mit aus Platten verschraubtem, oblongem Heizkasten und leicht gewölbter Deckplatte von Gußeisen an. Zur Vermehrung der Heizfläche diente ein System horizontaler, gußeiserner Röhren von ovalem Querschnitt schlangenähnlich ansteigend und mit einer kastenförmigen Fortsetzung behufs ihrer Reinigung versehen. Diese Kastenöfen hat Meißner in Wien schon um das Jahr 1825 mit Erfolg zur Anwendung gebracht und in seinem in der Note citierten Werke beschrieben.

Der im Durchschnitt dargestellte Apparat Fig. 117 diente zur Erwärmung des Ceremoniensaales in der k. k. Hofburg in Wien. Wir geben das ganze Arrangement, um an diesem Beispiel zu zeigen, mit welchem Verständnis der Erfinder seine Aufgabe erfaßt hatte. Es bezeichnet in Fig. 117 u. 118:

a ein Fragment des Ceremoniensaales;
b eine im Erdgeschoß eingebaute Heizkammer nebst Ofen;[2])

1) Vergl. Meißner, Heizung mit erwärmter Luft. Tafel 11, Fig. 11.

2) Alle Verbindungen des Meißner'schen Rohrsystems erfolgten durch hergerichtete Flansche und die des Heizkastens durch tiefe Falzung der Platten. Die Entrußung fand vom Vorraume aus statt, wozu Reinigungskästen mit doppeltem Verschlusse dienten. Die Heizkammer war jederzeit zugänglich.

c den Vorraum für den Heizer (Vorgelege);
d den Schornstein;
e den Kanal, welcher die warme Luft in den Saal leitet;
f eine Ausströmungsöffnung für warme Luft;

Fig. 117a.

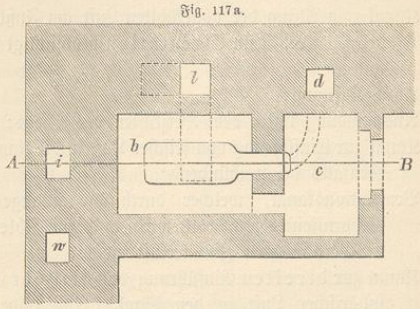
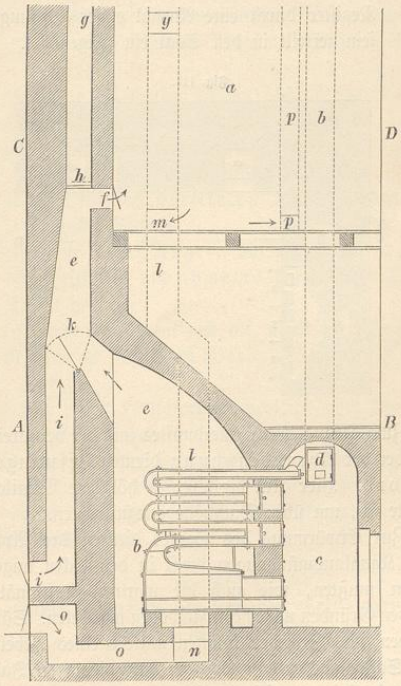


Fig 117.



g Fortsetzung des Warmluftkanales bis über Dachhöhe, jedoch bei
h mit doppelten Schiebern abgeschlossen;
i Kanal, um frische atmosphärische Luft in den oberen Teil des Kanales e einlassen zu können (Mischkanal);

k Drehklappe, um die Ausströmung der Luft aus dem einen oder anderen Kanal (e und i) in den oberen Teil des Kanales e′ zu regulieren, so daß entweder nur warme oder nur kalte, oder eine Mischung aus beiden einströmt;

l Kanal zum Abzug der abgekühlten Luft am Fußboden des Saales, wenn Cirkulation beabsichtigt wird, und

m Abzugsöffnung;

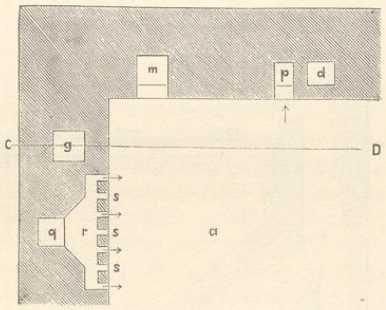
n Ausmündung unter dem Heizkasten des Ofens;

o Kanal zur Einführung von frischer Luft in die Kammer, ebenfalls bei n mündend;

p Ventilationskanal, welcher durch die Wange des Schornsteines erwärmt wird und zur Ableitung der verbrauchten Zimmerluft dient;

q Kanal zur direkten Einführung von frischer atmosphärischer Luft in den Saal. Auf Höhe von 2,5 bis 3 m tritt der Luftstrom mittels verstellbarer Register durch eine Anzahl enger Öffnungen s s fein zerteilt in den Saal ein (Fig. 118).

Fig. 118.



Zum Abzug des Lichterdunstes und der verunreinigten Luft bei der Abendbenutzung dienten Öffnungen im Plafond. Hier trat die Luft in hölzerne Ventilationsschächte ein, um über Dachhöhe auszuströmen.

Zur Erwärmung des Saales dienten drei Apparate, deren Kanalausmündungen meist in den Ecken angebracht werden mußten, wie auch die warmen Luftkanäle aus örtlichen Gründen nahe dem Fußboden mündeten. Sämtliche Klappen und Schieber konnten mittels eines Hebelwerkes vom Saale aus gestellt werden; dazu diente ein Indikator bei f mit Zeigervorrichtung für den leitenden Beamten.

Anm. Bei der Benutzung traten folgende Modifikationen ein:

1) Bei wenig zahlreicher Gesellschaft im Winter ohne Beleuchtung war meistens einfache Cirkulationsheizung ausreichend, d. h. die Saalluft gelangte durch Kanal l in die Kammer und durch e erwärmt zurück. Sollte dennoch Luftwechsel stattfinden, so öffnete man Kanal o, Öffnung f und Ventilationskanal p.

2) Abendbenutzung bei zahlreicher Gesellschaft. Vor Eintritt der Gesellschaft, d. h. beim Anheizen, fand Cirkulationsheizung statt, wie unter 1). Nach Beginn des Festes wurden zuerst die Klappen im Plafond geöffnet, um den Lichterdunst abzuleiten, der Temperatursteigerung wirkte man durch Einführung frischer, mäßig erwärmter Luft entgegen, d. h. man verschloß m, öffnete o e und die Mündung f. Durch Stellung der Drehklappe k konnte man aus dem Mischkanal e Luft von beliebigen Temperaturgraden einlassen. Infolge solcher Anordnung entstand aber eine aufsteigende Bewegung der ganzen Luftmasse im Saale gegen die Decke hin, wo die Absaugung stattfand; der Lichterdunst wurde dadurch am Herabsinken gehindert und die Wärme gemäßigt. Aber bei gelinder Temperatur und starker Überfüllung des Saales konnte das Steigen der Temperatur dennoch bald überhand nehmen: dann wurde Kanal o ganz geschlossen und frische Luft durch die Registerzüge s s eingeleitet. Meistens genügte aber schon Zuführung kalter Luft durch den Mischkanal e, d. h. Schluß der Klappe k nach rechts. Wenn andererseits die Temperatur bei Verminderung der Gesellschaft oder äußerer Nachtkälte unter den gewünschten Grad herabsank, so ließ man durch f wärmere Luft einströmen.

II. Modifizierte und verwandte Formen. Obwohl Entrußung und Reinigung der Öfen nach System Meißner unschwer von statten ging, haftete ihnen doch ein Übelstand an, den man im zweiten Stadium des Apparatenbaues vermieden findet, nämlich: die Decke des Feuerkastens wurde von der Stichflamme zu stark getroffen, daher leicht glühend und nach kurzer Zeit untauglich. Dies gab Veranlassung zur Ausfutterung des Feuerkastens mit feuerfesten Steinen oder überhaupt zur Errichtung eines massiven Feuerraumes. Dadurch wurde der Apparat wesentlich verbessert, und in dieser modifizierten Form ist derselbe lange Zeit hindurch in Norddeutschland verwendet worden unter dem Namen des Müller'schen Luftheizofens mit eisernem Heizkasten, horizontalen Röhren und aufwärts gerichteter Flamme. Verfasser hat Öfen dieses Systems detailliert veröffentlicht im ersten Jahrgange der Baugewerkszeitung (1869, Nr. 30).[1])

Der Apparat von Chaussenot. Derselbe wurde zuerst bekannt auf der internationalen Ausstellung von 1855 in Paris. Die Verbrennungsprodukte steigen vom Feuerraume im Centralkanal aufwärts, dann in einem gußeisernen kreisrunden Feuerhut durch vertikale Röhren abwärts nach dem Rauchsammler und von hier durch das Abzugsrohr nach dem Schornsteine. Zur Beschickung des Rostes dient ein angegossener Hals; die Entrußung erfolgte durch zwei Öffnungen. — Die Rohre würden indessen sehr umständlich zu reinigen und auf Rauchsicherheit nur dann zu prüfen sein, wenn die gemauerten Kammerwände in solchem Abstande aufgeführt würden, welcher die Besichtigung und Reinigung der Kammer

1) Im verkleinerten Maßstabe findet man denselben dargestellt in Claasens Handbuch der Hochbaukonstruktionen in Eisen, XII. Abschnitt, Fig. 913 u. 914, und in Fr. Engel, Bauausführung. Berlin 1881. S. 734 u. 735.

ermöglicht. — Die kalte Luft tritt zwar durch Öffnungen zwischen den Röhren ein, staut sich aber unter dem Feuerhut und gelangt durch eine Öffnung in der gewölbten Decke in die Etagenleitungen. Die Gegenstromheizung ist zwar durchgeführt, aber der Apparat ist kompliziert, enthält zu viel Eisen und ist daher teuer; sein Heizeffekt ist von General Morin durch Versuche festgestellt worden.

Andere Konstrukteure legten horizontale, gußeiserne Röhren in eine Rohrkammer und ließen das Feuer die Röhren von außen bespülen, während frische Luft von der einen Seite in die Röhren ein- und von der anderen ausströmte. Der Apparat wurde dadurch zwar einfach, aber die Röhren brannten leicht durch und die Cirkulation der Luft in den Röhren fand unvollkommen statt, was leicht einzusehen, da Luft, welche in horizontale Röhren strömt, das Bestreben hat, nur die obere Röhrenhälfte zu bespülen und der Kern des Luftstromes unberührt von der Wirkung der strahlenden Röhrwandung bleibt.

Anm. Auf diesem Prinzip beruht der Apparat von Talabot; mit denselben wurden seiner Zeit der Sitzungssaal und die Nebenräume der alten Deputiertenkammer — corps législatif — beheizt. Der Saal wird durch vier Kammern erwärmt, Nebenräume und Treppenhaus mittels zweier Kammern (letztere nur durch Cirkulationsheizung).

Bei vertikaler Stellung eines Systems von Röhren, das innen von Luft durchzogen und außen von Feuergasen umspült wird, war der Erfolg günstiger. Eine derartige Disposition hat Péclet beschrieben. (Tome II, Nr. 1625 des Traite de la chaleur.)

Der Luftheizofen von Engel kommt seiner Entstehungszeit nach demjenigen von Meißner ziemlich gleich; er wurde im Jahre 1830 publiziert und beruht auf dem Prinzip der Gegenstromheizung. Wegen seiner einfachen und kunstlosen Form hat er in jener Periode vielseitige Anwendung gefunden. Die Engel'schen Apparate sind als prismatische Metallkästen mit gewölbeähnlicher Decke konstruiert und aus gewalzten Platten vernietet. In dem Kasten liegt der gemauerte Feuerherd aus Chamottesteinen mit Rost und Aschenfall; das Herdgemäuer ist so angeordnet, daß zwischen ihm und den Kastenwänden nur ein Zwischenraum von 10 cm verbleibt. Durch diesen Kanal entwich der Rauch in die Sammelkanäle; Heizthüren waren nicht vorhanden. Die Entfernung von Ruß und Flugasche aus den Kanälen erfolgte durch Öffnungen in den Mauern. Engels System ist weiter entwickelt und verbessert worden durch Weibel, Briquet & Co. in Genf.[1]) Vergl. § 42, III.

III. Endlich hat man auch Apparate konstruiert, bei denen nicht nur der Feuerkasten, sondern auch die Röhren massiv hergestellt sind. Solche Öfen bedürfen lange Zeit zu ihrer Anheizung und den Schwankungen im Wärmebedarf können dieselben schwer folgen; die Heizfläche muß sehr groß gewählt werden, um denselben Effekt hervorzubringen, welchen eiserne Kalorifères liefern; man bedarf also einen verhältnismäßig großen Raum zu ihrer Aufstellung.

1) Zuerst vorgeführt auf der internationalen Ausstellung zu Paris 1855 und beschrieben in Péclet, Traité, Tome II, Nr. 1626.

Resumé. In vorstehender „geschichtlicher Übersicht" sind die wichtigsten Typen der älteren Luftheizapparate und einige aus diesen abgeleitete Arten beschrieben worden, wobei die in Deutschland gebräuchlichen Formen besondere Berücksichtigung gefunden haben, weil sie sich durch Einfachheit der Konzeption und Verbindung, auch durch bequeme Entrußung und Reinigung vor den gleichzeitigen französischen Heizapparaten — etwa mit Ausnahme desjenigen von Talabot — auszeichnen; die vorgeführten Beispiele repräsentieren gleichzeitig den Stand des Apparatenbaues bis zur ersten internationalen Ausstellung in Paris.

Als Ausgangspunkte der Konstruktion haben wir bezeichnet:

A. Systeme, bei denen der Rauch die Röhren des Apparates durchströmt. Dahin gehören:
   1) Kastenöfen mit horizontalen Röhren und aufwärts gerichteter Flamme (Systeme von Meißner, Müller u. A.);
   2) Centralöfen mit vertikalen Röhren und abwärts ziehender Flamme (System Chaussenot).

B. Apparate, bei welchen die Luft die Röhren durchströmt. Hierher gehören:
   3) die Öfen von Talabot mit horizontalen Röhren und abwärts ziehender Flamme;
   4) die Öfen mit vertikalen Röhren und abwärts ziehender Flamme.[1])

C. Apparate ohne Röhren mit viereckigem oder rundem Heizkasten und abwärts ziehender Flamme. Dahin gehören:
   5) Engels System und die abgeleiteten Formen;
   6) Apparat der Firma Weibel, Briquet & Co. in Genf.

Außer diesen Hauptformen giebt es noch Übergänge zu A und B, die aber für die vergleichende Betrachtung entweder keinen Wert haben oder ohne Einfluß auf die Fortentwickelung unserer modernen Apparate geblieben sind. Für das Verständnis der neueren Leistungen wird das Gegebene ausreichen!

§ 41.

Kurze Übersicht der neueren Leistungen (1855 bis 1898).

In dem Zeitraume, welcher bis zur zweiten internationalen Ausstellung in Paris im Jahre 1867 verfloß, sind neue typische Formen im Apparatenbau kaum zu verzeichnen, wohl aber Modifikationen der bekannten Systeme, die hier zu übergehen sind. Die Aufmerksamkeit der Heizingenieure richtete sich von nun an besonders auf die Ver-

1) Eine neuere Lösung nach diesem Prinzip liefern die Fabrikanten Fischer und Stiel in Essen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

besserung des Röhrengusses, auf die sorgfältigere Herrichtung der Dichtungsstellen an den eisernen Apparaten, endlich — und das ist eine wesentliche Errungenschaft dieses Zeitraumes — auf die rationelle Einrichtung des Feuerraumes im Sinne einer besseren Ausnutzung des Brennstoffes. Die Öfen mit Füllfeuerung erschienen auf der Ausstellung vom Jahre 1867, und kurze Zeit darauf schon sehen wir die gewonnenen Fortschritte beim Bau der Kalorifère verwertet. So versah man nach dem Vorbilde des von Gourney ausgestellten, in § 29 besprochenen Füllofens:

die Heizflächen des Kalorifère mit Rippenansätzen, um die Strahlung zu erleichtern und zu vermehren;

die Gußstärke wurde angemessener als bisher normiert, mit Zunahme nach dem Feuerraume hin, um das Erglühen der Eisenflächen zu verhindern;

die Dichtungsstellen wurden mechanisch bearbeitet oder Sanddichtung eingeführt; bei Muffenverbindung wurden Rohrschellen übergelegt.

Die Ausstellung von Heizungs- und Ventilationsanlagen zu Cassel im Jahre 1877 zeigte endlich bis zur Evidenz das Bemühen der Konstrukteure:

auch die Luftheizöfen mit Füllbetrieb einzurichten, um den Feuerraum mit einer größeren Menge Brennstoff auf einmal beschicken und dadurch Bedienungskosten sparen zu können.

Dieses Verfahren ist durchaus gerechtfertigt, da es gelungen ist, die Verbrennung in den Füllfeuerungen vollständiger als auf dem Planroste zu bewirken. Die Entscheidung darüber kann freilich nur durch eine Untersuchung der Rauchgase in Bezug auf ihre Zusammensetzung gewonnen werden. Hierbei kommt dann auch die Natur des Brennmateriales mit in Frage, denn während Coaks als Brennmaterial dem Durchziehen der Luft, beziehungsweise der Rauchgase, den geringsten Widerstand entgegensetzt und daher die Verbrennung bei hoher Schichtung begünstigt, pflegen die meisten Steinkohlenarten durch Zusammenbacken an der Oberfläche dieselbe zu erschweren. Um diesen Übelstand zu umgehen, können dann folgende Einrichtungen getroffen werden:

I. Die eigentliche Feuerstelle wird nur mit einer niedrigen Brennstoffschicht bedeckt, nach deren Auflösung weiterer Brennstoff aus einem Vorratsbehälter auf dieselbe gleitet. Solche Anordnung zeigen:

a) der Schachtofen des Eisenwerkes Kaiserslautern (Fig. 119 u. 120) (der sich jedoch auch zum Brennen von Braunkohle und Coaks eignet);

b) der Strahlenraumofen von Wolpert.

Beide Apparate werden im nächsten Paragraphen eingehend besprochen.

II. Bei hoher Brennstoffschichtung wird außer dem Planroste noch ein geneigter Rost eingeführt. Der untere Rost liegt verhältnismäßig tief, um eine hohe Brennstoffschicht einführen zu können, was bei guter Bedienung des Herdes auch möglich ist. Sobald nämlich die erste Schüttung von Kohle in Coaks verwandelt ist, wird dieselbe auf den hinteren, horizontalen Teil des Rostes geschoben, während der vordere Teil mit frischen Kohlen beschüttet wird. Letztere vergasen allmählich und nachdem die Entzündung bis zur Feuerthür fortgeschritten ist, wird das Zurückstoßen der Kohle wiederholt, ein Verfahren, welches sich übrigens auch für große, liegende Roste eignet, wie solche Sturm in Würzburg für seinen Apparat beibehalten hat. (Tafel 20.)

III. Zu den Öfen, welche das ältere Füllverfahren nach Meidingers System[1]) ganz oder teilweise zur Anwendung bringen, gehören die Apparate von Krigar & Ihssen in Hannover.[2]) — Die Feuerung ist eine sogenannte Halbfüllfeuerung, die auch bei Lokalheizungen Anwendung findet; zur Bedienung sind drei Thüren vorhanden, die Heizthür, eine Schlackenthür und eine Aschenthür.

IV. Um die Unzuträglichkeiten des Backens der Kohlen zu vermeiden, hat Möhrlin in Stuttgart eine eigentümliche Anordnung konstruiert, welche aus Fig. 128 u. 129 ersichtlich ist. Außer einem verschieblichen, horizontalen Rost und einem Hängerost verwendet derselbe einen trommelförmigen Rost. Zwischen diesem und dem Feuerkasten bleibt ein Luftraum K, der mit den Aschenkasten in Verbindung steht und von ihm mit Luft versorgt wird. Die Luft strömt also über die Feuerstelle, nachdem sie vorher in geeigneten Kanälen vorgewärmt worden ist. Der Apparat ist eingehend besprochen im folgenden Paragraphen.

V. Für Braunkohlenfeuerung ist endlich der Ofen von Kelling in Dresden zweckmäßig hergerichtet. Die Braunkohle liefert viel Asche, es ist daher eine Verstopfung der Rostspalten möglich. Kelling hat nun einen liegenden und einen geneigten Rost (Treppenrost) angeordnet. Der letztere ist zum Zweck der Aschenentleerung in einem drehbaren Rahmen beweglich, während die Stäbe des horizontalen Rostes lose in einem gußeisernen Rahmen liegen und mittels eines Rechens gereinigt werden können.

1) Die Kohlen werden dabei — wie früher erwähnt — in einen lotrechten Schacht eingeschüttet und von oben angezündet; dabei gelangt das Feuer allmählich im unteren Teile des Schachtes an, über sich verkokte Kohle zurücklassend, und diese gelangt zur Verbrennung, weil die Hohlräume zwischen den einzelnen Stücken den Rauchgasen genügende Öffnung zum Entweichen bieten. Hierbei ist richtige Wahl der Brennstoffstücke (Nußgröße) erforderlich.

2) Abgebildet und besprochen in Dinglers polytechn. Journal, Jahrg. 1877, Taf. II, Fig. 19 bis 21.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Resumé. Hiernach spielt die Anordnung des Brennraumes bei den neueren Luftheizapparaten eine wesentliche Rolle; aber sie ist keineswegs das einzige Kriterion ihrer Leistungsfähigkeit oder Brauchbarkeit, vielmehr kommt auch das Material und die Form der Heizflächen und deren Lage zu den bewegten Luftschichten in Betracht. Endlich muß die Forderung der Rauchsicherheit, der leichten, von außen zu bewirkenden Entrußung und der zweckmäßigen Form der Flächen des Apparates behufs Vermeidung von Staubablagerungen gestellt werden. Wie diese integrierenden Aufgaben an den neueren Apparaten gelöst sind, wird sich bei deren spezielleren Vorführung im folgenden Paragraphen leicht übersehen lassen.

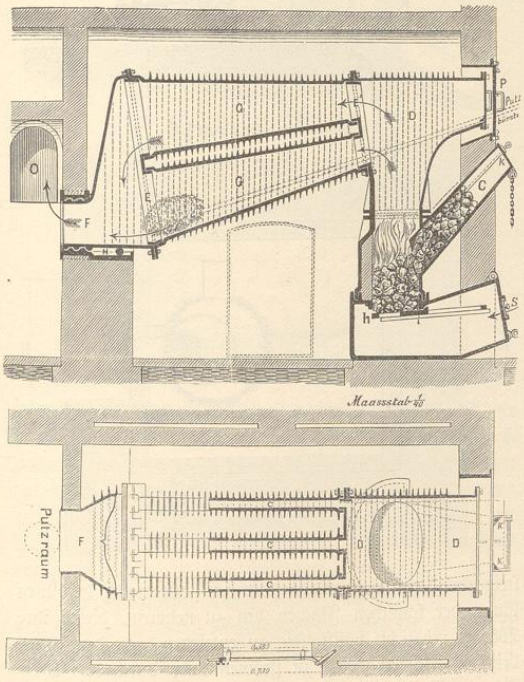
§ 42.

Die modernen Centralapparate für Luftheizung.

Der Zweck des Lehrbuches gebietet aus der Fülle des Stoffes nur die bewährtesten Konstruktionen von Kaloriferen in Zeichnung vorzuführen.

I. **Centralschachtofen des Eisenwerks Kaiserslautern,** auch Eulers Centralschachtofen (Reichspatent Nr. 922) ist in den Figuren 119 u. 120 dargestellt. Dieser Central-

Fig. 119 u. 120.



luftheizapparat ist ein Füllofen, welcher die im § 30 unter 2) erwähnte Einrichtung zeigt und sich für größere Luftheizanlagen eignet. Zur Aufnahme des Brennstoffvorrates dient der Schacht C; er mündet in solchem Abstande von der Rostplatte hi, daß die Brennstoffschicht durch das Nachrutschen in ziemlich konstanter Höhe erhalten wird. Der Luftzutritt findet teils durch die Schlitze der Rostplatte hi, teils durch die schlitzähnliche Öffnung bei h statt, endlich dienen zu diesem Zweck zwei dreieckige Kanäle k k, welche in den Ecken des geneigten Schachtes angebracht sind.

Da die Kohle über h weniger hoch geschichtet ist, als über i, so ist an dieser Stelle der Luftzutritt erleichtert und die Verbrennungsgase können die Brennstoffschicht leichter durchströmen; die bei ihrer Verbrennung entwickelte Wärme wirkt aber zersetzend auf den über i lagernden Brennstoff und führt dessen Vercoakung herbei. Die Destillationsgase endlich werden von der durch die Kanäle k k eingeführten — auf ihrem Wege erhitzten — frischen Luft getroffen und ebenfalls verbrannt. Ist das über h lagernde Brennmaterial verbraucht, so rutscht anderes, jedenfalls aber verkoktes, an dessen Stelle, d. h. über h befindet sich immer Coaks, wodurch nach dem früher Gesagten die Verbrennung begünstigt und die Rauchentwickelung auf ein bescheidenes Maß herabgedrückt wird. Die Verbrennung ist daher eine ziemlich vollständige; als nutzbares Ergebnis des Apparates werden 64 Proz. des theoretischen Heizeffektes angegeben.[1])

Die Bedienung des Apparates ist sehr einfach. Um Schlacke und Asche zu entfernen, rüttelt man am Roste und schiebt ihn so weit zurück, daß die Schlacke durchfallen kann; nur bei starker Ansammlung zieht man ihn ganz nach vorn. Beim Anzünden des Feuers stellt man den Schlitzschieber S ganz offen und nach Einbringung des Brennstoffes nach Bedarf, d. h. im Sinne der gewünschten schnelleren und langsameren Verbrennung. Die Thür des Aschenraumes bleibt übrigens geschlossen; ebenso des Füllhalses. Die Luftkanäle k werden stets offen gehalten.[2])

1) In solchem Apparate wurden mit 16 kg Kohlen 72000 Wärmeeinheiten nutzbar gemacht. Theoretisch würden diese liefern $7000 \times 16 = 112000$ Wärmeeinheiten.

Das nutzbare Ergebnis war daher $\frac{72000}{112000} = 0{,}64$ der theoretischen Leistung. Nach der Zeitschrift für Biologie XIII. Band wird der höchste Nutzeffekt der Centralluftheizungen nur zu 41 Proz., der der Mantelöfen sogar nur zu 34 Proz. angegeben.

2) Die Analyse der Rauchgase ergab, daß bei geöffneten Kanälen die Verbrennung eine fast vollständige war, indem nur Spuren von Kohlenoxydgas im Rauche sich zeigten; man fand nämlich im Mittel

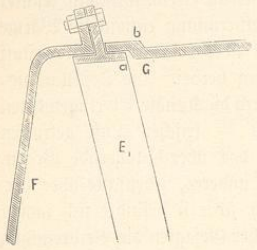
Kohlensäure	3,570
Kohlenoxyd	0,033
Sauerstoff	13,400
Hierzu Stickstoff	53,600
	70,603
Der Rest besteht aus Stickstoff der verbrannten Luft und aus Wasserdampf	29,397
	100,000

Die Temperatur im Schornsteine stieg bei offenen Kanälen um 10 bis 11° C., ein Beweis für den Wert dieser Anordnung.

Vorteilhaft ist es, des Abends nachzufüllen, das Feuer über Nacht brennen zu lassen und früh den Rost von Schlacken zu reinigen.

Bei der Aufstellung des Apparates ist darauf zu achten, daß der Hals D sich frei um einige Millimeter nach oben und seitlich strecken kann. In Bezug auf die Ausdehnung sind an demselbem drei Teile zu unterscheiden: der Feuerschacht D mit Hals, die Heizröhren G G und der Rauchsammler F. Der Feuerschacht besteht der Höhe nach aus zwei Teilen, welche mit Flanschen verbunden sind. Um die verschiedene Ausdehnung der Heizrohre zu gestatten, sind an G, D und F Zwischenstücke E_1 angeschraubt, welche mit ihren Krämpen in die Muffen der Rohre G G eingreifen (Fig. 121). Der Hals F ruht auf einer Rolle, welche sich auf der Eisenplatte H frei bewegt: es ist daher dem Rohrsysteme mit Rauchsammler freie Ausdehnung gestattet. Hierbei schiebt sich der Hals des Rauchsammlers in einem eisernen Futterrahmen, welcher in der entsprechenden Öffnung der hinteren Abschlußwand eingesetzt ist. Der Reinigungskopf des Halses D bewegt sich frei in der mit Rahmen und Deckel versehenen Maueröffnung.

Fig. 121.



Um das Erglühen der Eisenflächen des Brennraumes zu vermeiden, ist die Decke desselben möglichst hoch gelegt und die Transmissionsflächen des Schachtes sind nach oben erweitert, um die Wärme schnell übertragen zu können. Die Reinigung der Röhren von Ruß ist ohne künstliche Mittel nach Fortnahme der Deckel P zu besorgen, wobei mittels eines in F plazierten Lichtes alle Flächen auf Reinheit geprüft werden können. Der mit der Putzbürste hinabgestoßene Ruß fällt in den Putzraum hinab und wird vom Schornsteinfeger entfernt.

Im übrigen ist Lage und Form der Flächen günstig für die Transmission, denn die Bewegung der Rauchgase erfolgt nach unten, diejenige der Luft geht unbehindert nach oben von statten. Um Staubablagerungen zu verhindern, sind die horizontalen Flächen im Verhältnis klein gewählt.[1])

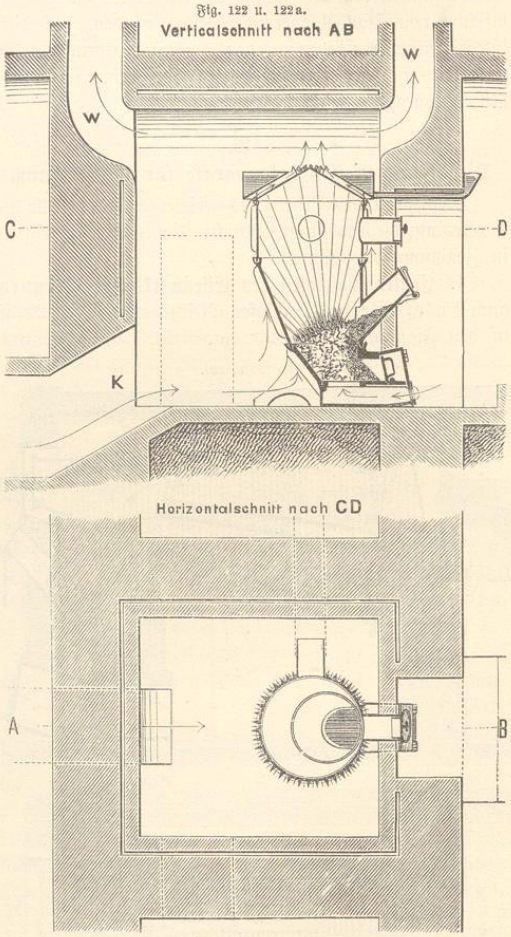
Der Centralschachtofen von Kaiserslautern erfüllt in Bezug auf bequeme Bedienung, Entrußung und Reinigung, sowie möglichste Rauchsicherheit und angemessenen Nutzeffekt alle billigen Anforderungen, und wird bei nur wenigen Apparaten ein gleich günstiges Verhältnis nachzuweisen sein.

1) Es würde sich empfehlen, die horizontalen Rippen an den oberen Aufsichten der Staubablagerung wegen ganz fortzulassen.

II. **Der Strahlenraumofen von Prof. Dr. Wolpert zu Kaiserslautern.** Der Erfinder hat auf diesen Ofen ein Reichspatent (Deutsches Reichspatent Nr. 2242 vom 1. März 1878) erworben und die Ausführung desselben dem Eisenwerk Kaiserlautern übertragen.

Der Strahlenraumofen hat nur direkte Heizflächen (keine Röhren), welche jedoch sehr vorteilhaft ausgenutzt werden (Fig. 122 u. 122[a]). Die am Ofen vertikal auf-

Fig. 122 u. 122a.



steigenden Luftströme werden nämlich gezwungen, den Weg längs der konischen Flächen hin zu nehmen, diesen ihre Wärme möglichst vollständig zu entziehen, an den cylindrischen Flächen weiter zu strömen und, durch das überstehende Wassergefäß aufgefangen, über den heißen Ofendeckel hinzugleiten.

Der Ofen ist mit starken Rippen versehen, zwischen welchen Strahlbleche angebracht werden. Da nun die Wandungen stark gegossen sind, auch die nach oben erweiterte Form des Brennschachtes die Wärme abgebende Fläche sehr vermehrt, so werden große Wärmemengen schnell abgeführt, die Temperatur im Feuerraume wird vermindert und das Erglühen des Ofens, auch ohne Anwendung einer Chamotteausfutterung, möglichst vermieden. — Das Austreten von Rauch durch die Fugen ist, wo nicht unmöglich gemacht, so doch erheblich erschwert durch Dichtung der drei Horizontalfugen mit Schlackenwolle und Sand, welche man in die Rinnen einbringt.

Grundriß, Längenschnitt, Querschnitt und Vorderansicht dargestellt. Die Transmissionsflächen des Apparates bestehen aus sechs Stücken, nämlich: einer rechteckigen Bodenplatte i, aus einem Stück gegossen, mit umherlaufender Rinne zur Aufnahme der senkrechten Platten; vier gefalteten und gerippten, senkrecht im Falz der Bodenplatte stehenden Platten b b, welche an den Ecken durch Schrauben zusammengehalten werden und in den Verbindungsflächen mit Kitt gedichtet sind. Am oberen Ende tragen die Platten wiederum eine Sandrinne zur Aufnahme des Deckels h, welcher aus einem Stück besteht und ebenfalls gerippt hergestellt ist.

Fig. 123.

Querschnitt.

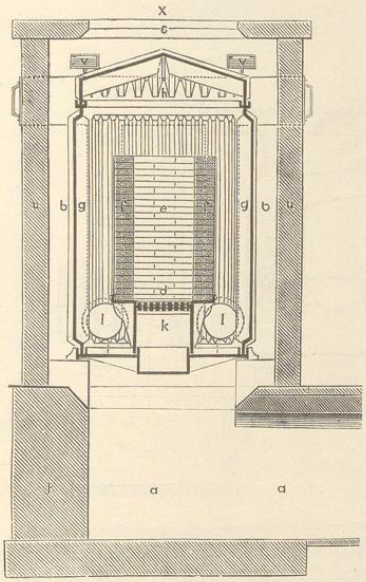
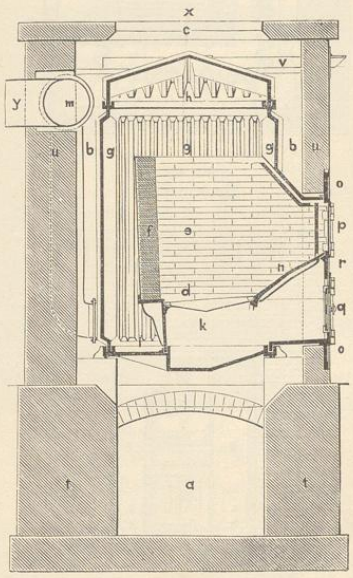


Fig. 124.

Längenschnitt.



Die Einrichtung des Rostes, des Füllhalses und der Reinigungsdeckel weicht nur erheblich von der unter I. beschriebenen Anordnung ab und die Bedienung ist die gleiche; das Wassergefäß wird durch einen Trichter vom Vorraume aus gefüllt. — Die atmosphärische Luft tritt bei k in der Richtung des Pfeiles in die Kammer und steigt erwärmt durch die Heizkanäle w w nach den Zimmern auf.

Der Strahlenraumofen eignet sich hauptsächlich für Coaksfeuerung. Nach Messungen des Herrn Dr. Wolpert beträgt der durchschnittliche Nutzeffekt 68 Proz.

III. **Luftheizofen von Weibel, Briquet & Co. in Genf.** Derselbe wird durch die Fig. 123 bis 126 in

Der massive, von den eisernen Kastenwandungen umschlossene Feuerraum e wird nicht als Heizfläche benutzt, hat nicht die Bestimmung Wärme an die Luft abzugeben, sondern dieselbe den abgekühlten Gasen im unteren Teile des Feuerraumes zuzuleiten. Über die Rostanordnung dieses Ofens wurde bereits im vorhergehenden Paragraphen gesprochen. Dieser Rost liegt tief, um eine hohe Brennstoffschicht anwenden zu können, gleichzeitig soll dadurch der gerippte Deckel vor der heftigen Wirkung der Hitze des Feuerraumes, nämlich der strahlenden Wärme, der glühenden Kohlen und der leitenden Wärme der Gase, geschützt werden. Um sein Erglühen zu verhindern, muß für eine schnelle Wärmeabgabe gesorgt sein. Die stark gerippten

Wandungen, welche die Heizfläche bedeutend vergrößern, sind allerdings ein geeignetes Mittel zu diesem Zweck. Nachdem die Feuergase sich abwärts über die massiven Wände des Feuerraumes bewegt haben, ziehen sie durch zwei Rohre l l am Boden der Kammer ab, steigen von hier aus vertikal auf nach dem Sammelrohr m und münden mittels des Rauchrohres y in den Schornstein.

Fig. 125.
Horizontaler Durchschnitt.

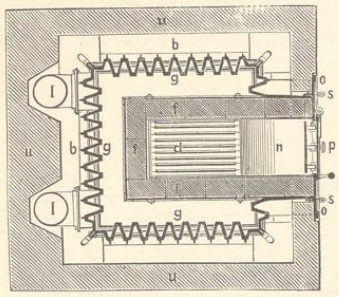
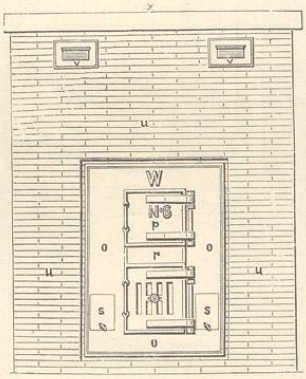


Fig. 126.
Vorderansicht.



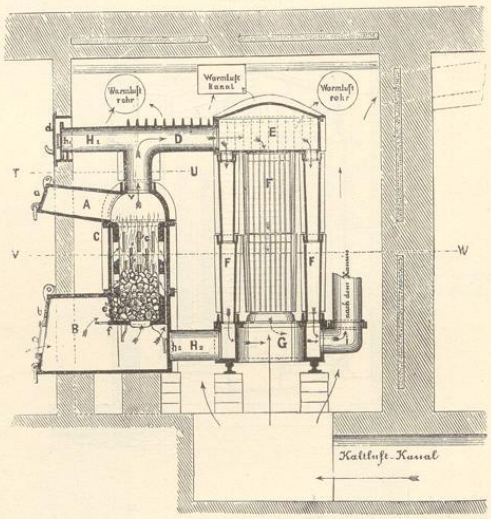
Die Zuführung der atmosphärischen Luft in die Kammer erfolgt durch den Kanal a unterhalb der Bodenplatte i, so daß reine Gegenstromheizung stattfindet; die Lage der Transmissionsflächen ist für die aufsteigende Bewegung des Luftstromes eine sehr günstige, mit Ausnahme der unvorteilhaft gewählten Bodenplatte. Über der Deckplatte sind symmetrisch zwei Wasserverdampfungspfannen v v angebracht. Der Abzug der erwärmten Luft erfolgt durch die Austrittsöffnung x im Mittel der Deckplatte, welche letztere durch ein doppeltes Gewölbe zu ersetzen wäre; auch ist der Abstand des Apparates von den Kammerwänden nicht groß genug, um denselben reinigen und revidieren zu können.

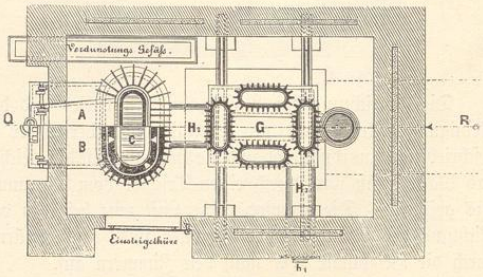
Das Ausrußen des Apparates erfolgt durch die Rußkapseln s s (in der Vorderansicht), seitlich der Aschenkastenthür.

Die äußere Reinigung der senkrechten Seitenwandungen des Apparates bietet keine Schwierigkeit dar, dagegen ist die gefaltete Deckplatte für Staubablagerung in hohem Grade geeignet, und hier wird öftere Kontrolle nötig sein, weil die Luft der Kammer durch Staubteile verunreinigt wird.

IV. **Centralheizungsofen mit Korbrostfeuerung von Möhrlin in Stuttgart.** (Fig. 127 u. 128.) Der Apparat besteht aus einem Feuertopf C, mit Füllschacht A,

Fig. 127 u. 128.
Längenschnitt nach Q—R.





Horizontalschnitt nach T—U und V—W.

dem herausziehbaren Planrost f und dem Korbrost c. Zwei drehbare und wegnehmbare Stäbe e verhindern das Herabfallen des Brennmateriales. Der Luftzutritt zum Brennraume findet in der Richtung der Pfeile statt. Durch

Einschaltung des Korbrostes kommt das glühende Brennmaterial mit dem Feuertopfe gar nicht in Berührung; es tritt vielmehr zwischen diesen und den Korbrost stets frische Luft vom Aschenraume B her, welche erwärmt den Destillationsgasen in der oberen Brennstoffschicht zugeführt wird und deren vollständige Verbrennung bewirkt. Gleichzeitig wird der Feuertopf durch die abkühlende Wirkung des eintretenden Luftstromes auch ohne Ausfutterung vor dem Erglühen geschützt. Der Zutritt der frischen Luft zum Aschenraume erfolgt durch Öffnungen in der Thür b, welche mittels eines Schiebers verschließbar sind.

Die drei Teile, aus welchen der Feuertopf besteht, sind durch Sandverschluß gedichtet, wodurch ihrer Beweglichkeit im erhitzten Zustande Rechnung getragen wird. Zur Erzielung einer schnellen Wärmeabgabe sind die Wandungen mit Rippen verstärkt. — Die Verbrennungsprodukte steigen aus dem Feuerraume durch die Bogenröhre D [1]) in den Rauchkasten E, verbreiten sich daselbst, treten durch vier gerippte Rohre F F abwärts nach dem Sammelkasten G und von da durch den Rauchstutzen i in den Schornstein.

Das Ausrußen des Ofens soll nach Öffnen der Klappe d mit Hilfe einer Bürste derart erfolgen, daß von H_1 her der Ruß aus dem Rauchkasten E und den vier Rohren F nach dem Sammelkasten gefegt und durch H_2 und H_3 entfernt wird.

Die Lage der Transmissionsflächen ist zweckmäßig angeordnet: der Rauch sinkt, seiner Abkühlung entsprechend, in den gerippten Rohren F abwärts und die Luft macht den entgegengesetzten Weg. Sie kann aber unter dem Rauchkasten E nur schwer entweichen und müßte dieser daher wie der untere Kasten G in der Mitte durchbrochen sein. In diesem Falle würde auch die Decke des Rauchkastens nur geringe Staubflächen darbieten. Die Reinigung der Staubflächen ist bei der Geräumigkeit der Heizkammer leicht zu bewerkstelligen.

Der Zutritt der atmosphärischen Luft in die Kammer ist aus der Zeichnung ersichtlich, ebenso die Mündungen der Heizkanäle; ein Wasserverdampfungsgefäß ist vorhanden.

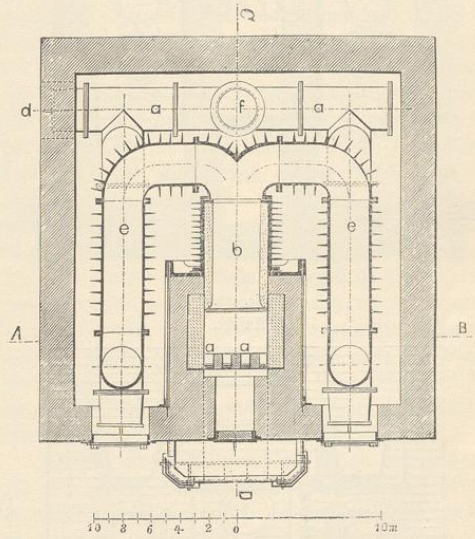
V. Der **Centralheizungsofen von J. H. Reinhardt in Würzburg** ist in Fig. 129 bis 132 dargestellt, und zwar ist Fig. 129 ein Horizontalschnitt in Höhe von E F (Fig. 130) mit dem Arrangement der Einfeuerung und des Rostes; Fig. 130 ist der Querschnitt, Fig. 131 der Längenschnitt durch die Heizkammer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

1) An der stark verengten Haube des Feuerraumes stoßen die heißen Feuergase gegen die vortretenden Flanschen v, wobei eine vermehrte Wärmeabgabe stattfindet. Hier dürfte ein Erglühen der betreffenden Wandung trotz der Strahlrippen schwer zu verhindern sein.

Der Feuerherd besteht aus gußeisernen, 20 mm dicken Seiten- und Stirnplatten, die mit Verstärkungsflanschen zwecks der Verschraubung versehen sind; außer der einen halben Stein starken Ziegelausmauerung wird er nach innen noch einen halben Stein stark mit Chamotte ausgefuttert. Hierdurch wird das Erglühen der gußeisernen Wandung vermieden, andererseits ein mächtiges Wärmereservoir geschaffen. Die Stirn- und Seitenplatten sind seitlich und nach der Länge mit dem Mauerwerk verankert.

Die Verbrennung erfolgt auf einem Planrost; für Rauchverbrennung ist durch die Luftkanäle a a gesorgt. Die Feuergase gelangen sodann in das mit zahlreichen

Fig. 129.
Horizontalschnitt nach E—F in Fig. 130.



Strahlungsrippen versehene gußeiserne Rohr b mit Chamotteausfutterung und von hier in die Heizrohe e e und das Sammelrohr f. Erstere sind 27 cm weit und nur an der oberen Seite gerippt, weil diese von den heißesten Gasen bestrichen wird, daher die Wärme schnell transmittieren soll. Ihre Reinigung von Ruß erfolgt durch fünf Reinigungskapseln d mit Doppelverschluß; vier derselben sind in der Stirnmauer zu beiden Seiten der Heizthür sichtbar, eine fünfte Kapsel liegt in der Seitenmauer. Zur Ausrußung des Rohres b ist ein Deckel mit Chamotteausfutterung vorhanden. In der Stirnwand des Ofens (Fig. 132) ist ferner die Anordnung der Heizthür und der Aschenthür ersichtlich; erstere ist mit innerem Strahlblech, letztere mit Luftregister versehen. Über der Heizthür liegen die Luftkanäle a a für Rauchverbrennung. Endlich sind die Wasserverdampfer mit Zuleitungsrohren und Ab-

schlußhahnen ersichtlich und über diesen (in der Mitte) die Thür zur Revision und Reinigung der Außenflächen des Apparates. Diese wird sich im wesentlichen auf die Entfernung der Staubablagerungen zwischen den Strahlungsrippen der Heizrohre beziehen, denn die Decke des Feuerherdes ist leicht zu putzen.[1])

1) Wegen des starken, nach oben gerichteten Luftstromes ist die Staubablagerung in der Kammer nur eine mäßige.

Fig. 130.
Schnitt A—B.

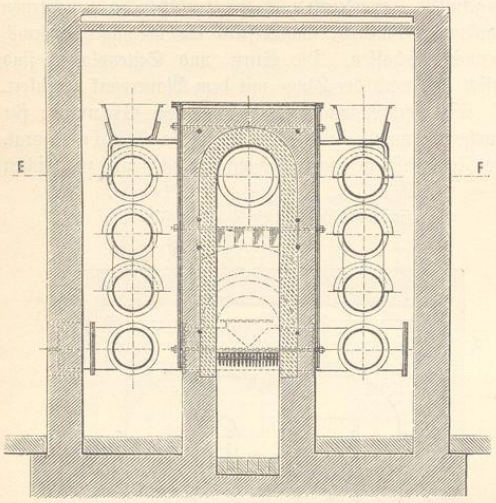


Fig. 131.
Schnitt C—D.

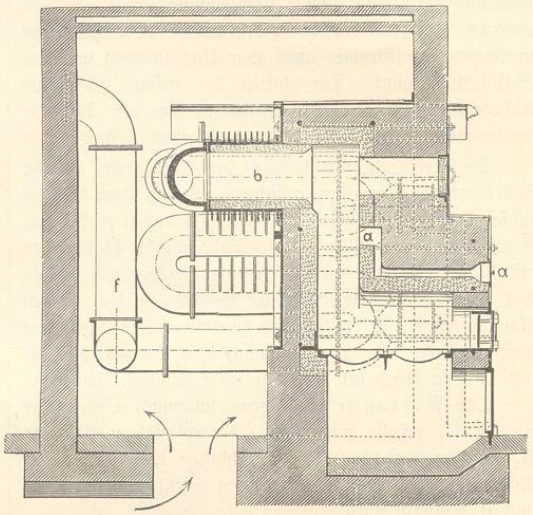
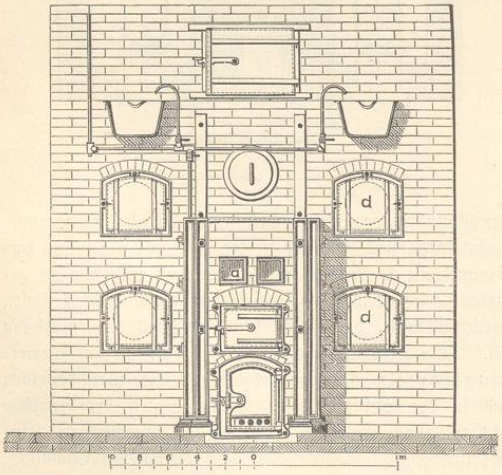


Fig. 132.
Ansicht.



Alle Verbindungen der Rohre erfolgen mittels Flanschen, welche mechanisch bearbeitet sind. Diese Methode ist für horizontale Rohre nicht als mustergiltig von der Kritik bezeichnet worden (wegen der zu erwartenden höheren Erwärmung der oberen Rohrhälfte); indessen haben sich daraus resultierende Übelstände in praxi noch nicht herausgestellt.[1]) — Die Heizfläche des dargestellten Apparates beträgt 38 qm.

VI. **Luftheizapparat von Sturm.** Der Reinhardt'sche Apparat ist seit einigen Jahren durch den derzeitigen Inhaber der Firma, E. Sturm in Würzburg, entsprechend modifiziert und teilweise verbessert worden, insbesondere ist die Einrichtung des Brennraumes vorteilhafter und so gestaltet, daß auch die Verwendung minderwertigen Brennmateriales statthaft ist. Auf Tafel 20 ist der Apparat in Fig. 1 bis 4 dargestellt. An die Stelle des Planrostes in Fig. 131 ist ein geneigter Rost getreten, an dessen Wangenstücke sich ein kurzer, auf gewalztem und Winkeleisen ruhender Planrost anschließt. Der Luftzutritt durch die Spalten der Roste ist unbehindert; außerdem strömt durch die Öffnungen a a im Chamottegemäuer des Brennschachtes konstant frische und vorgewärmte Luft ein, wodurch vollständige Verbrennung der Rauchgase erstrebt wird. Zur Aufnahme des Brennstoffvorrates dient der Füllschacht b mit regulierbarem Verschlußdeckel. Die

1) Die Apparate von Kniebandel & Wegner verwenden an dieser Stelle Verbindungsmuffen mit übergeschobenen und durch Lehm gedichteten Rohrschellen.

Außenwände des Feuerraumes sind aus starken gußeisernen Platten mit angegossenen Flanschen zusammengesetzt. Die Chamotteausfutterung im Brennschacht ist einen halben Stein stark, wozu an der Rückenfläche desselben noch eine gleichstarke Ausfutterung von guten Mauersteinen tritt. Auch das mittlere, 45 cm weite Rohr, dessen Entrußung von der Ofenstirn her erfolgt, ist mit einer 5 cm starken Chamotteausfutterung versehen, um das Erglühen der unter Wirkung der Stichflamme stehenden Gußteile zu hindern. Die Zusammensetzung des Röhrenzuges aus kurzen, den Wärmewirkungen leichter Widerstand leistenden Teilen ist eine sorgfältige zu nennen.

Die Anordnung der seitlich vom Feuerraum geführten gerippten Heizrohre ist im wesentlichen die frühere geblieben, dagegen ist das Sammelrohr d vorteilhafter für die Entrußung, nämlich geradlinig, geführt.

Die Verdunstungspfannen sind breit und mit Mittelöffnungen versehen, durch welche der aufsteigende Strom warmer Luft direkt hindurchtritt und sich unter der Wirkung von Wasserzerstäubern mit Feuchtigkeit sättigt, ehe er unterhalb des Gewölbes in die Heizkanäle eintritt.

VII. **Luftheizungsapparat von Emil Kelling in Dresden.** Der auf Tafel 25 in Fig. 1 bis 4 dargestellte Luftheizapparat besteht aus einem schmiedeeisernen Feuerraume A, schmiedeeisernen vertikalen Brennschacht B und horizontalen Verteilungskanal C aus demselben Material. Die Kasten A, B und C sind mit Chamotte ausgefuttert. Die an den Verteilungskasten C sich zunächst anschließenden oberen Heizrohre E sind inwendig mit angegossenen Spitzen versehen, welche zur Aufnahme der rohrförmigen Chamotteauskleidung dienen. Nachdem die im Feuerraume entwickelten Rauchgase das Rohr E verlassen haben, durchziehen dieselben die gußeisernen Röhren E F G H I und münden in den schmiedeeisernen Rauchsammler D. Die Verbindung der Röhren unter sich, sowie mit dem Verteilungskasten C und Rauchsammler D geschieht durch mit Sand gefüllte Doppelfalze. Die vertikalen Rohrstutzen und die Doppelfalze sind an jedes Rohr angegossen, wodurch die Anzahl der Fugen auf das geringste Maß beschränkt ist. Auf den obersten Röhren befinden sich Wasserpfannen, welche das nötige Wasser verdampfen. — Die Heizfläche des Apparates enthält 30 qm. Die totale Rostfläche für Braunkohlenfeuerung 0,38 qm, die freie 0,2 qm.

Einrichtung des Brennraumes. Der geneigte Rost b besteht aus mehreren Flachstäben, denen eine Zahl rippenartiger Stäbe angegossen sind, so daß dadurch ein Treppenrost gebildet wird. Die Flachstäbe stützen sich oberhalb auf einen festen Rundeisenstab (welchen ein lagerähnlich geformter Anguß der Stäbe umfaßt) und unterhalb auf einen mit der Achse O drehbaren Rahmen. Sobald O hin und her gedreht wird, schwingen die einzelnen Teile des Rostes, machen also eine schüttelnde Bewegung, die das Nachrutschen der Kohle veranlaßt. Die Stäbe des horizontalen Rostes p liegen lose nebeneinander in einem gußeisernen Rahmen. Zwei gußeiserne Rechen e e greifen in die Rostspalten, diese reinigend, sobald die Stange hin und her geschoben wird. Die Rechen finden ihre Führung in dem Rahmen des Rostes. Solche Rechen sind notwendig bei einem Brennmaterial, welches, wie die Braunkohle, viel Asche liefert, und sie sind auch möglich, weil die Temperatur im Brennraume dabei erheblich niedriger ist als bei Steinkohlenfeuerung. Die Thür ist zweiflügelig, man kann sie daher öffnen, ohne den Bügel der Stange zu entfernen. — Das Brennmaterial wird durch die Öffnung der Klappe k eingeworfen und die Verbrennungsluft tritt durch die Öffnungen einer Schraubenklappe ein. Des Materiales der Heizflächen ist bereits Erwähnung geschehen. Hierzu mag bemerkt werden, daß die Verwendung von Schmiedeeisen zur Herstellung des eigentlichen Brennraumes mit Brennschacht und Verteilungskanal — wegen der größeren Dehnbarkeit des Eisenbleches — ein Verschrauben und Vernieten der Fugenränder (Flanschen) ohne Bedenken gestattet. Dagegen ist Sorge getragen, daß die gußeisernen Röhren E F G H und I freie Bewegung behalten. Es wird dies erreicht durch kurze, angegossene Stutzen, und zwar haben die nach unten gerichteten Stutzen i glatte Ränder, die nach oben gerichteten angegossene Rinnen, in welche die glatten Ränder eingreifen. Der verbleibende Zwischenraum ist mit Sand gefüllt. Die Heizröhren sind am vorderen Ende eingemauert, die hinteren Enden derselben ruhen auf eingemauerten eisernen Trägern.

Um das Erglühen der Ofenteile zu verhindern, sind nicht allein Feuerraum und Brennschacht, sondern auch der horizontale Verteilungskanal C nebst den Röhren E E mit Chamotte ausgefuttert. Mit Strahlungsrippen sind die Rohre E F G und H nicht versehen, was deren äußere Reinigung erleichtert und den Nutzeffekt relativ erhöht.[1])

Die Bewegung des Rauches in den Röhren erfolgt im Sinne der Gegenstromheizung nach unten, diejenige der Luft ungehindert nach oben. Dies Arrangement ist

1) Dem Anbringen von Strahlungsrippen bei Transmissionsröhren wird in der Regel eine zu hohe Bedeutung beigelegt. Prof. Fischer in Hannover hat darüber Versuche angestellt, wobei sich ergab, daß die Wärmeabgabe eines gerippten vertikalen Rohres von 10,0 cm äußerem Durchmesser mit acht Stück 4,5 cm breiten, radial gerichteten, an der Wurzel 2 cm dicken Strahlungsrippen sich verhielt zu derjenigen des glatten Rohres = 25,8 : 16,3. Dies Verhältnis wird noch ungünstiger, wenn die Rippen, wie bei horizontalen Röhren, parallel gerichtet sind, so daß sich die Flächen gegenseitig bestrahlen. Prof. Wolpert wendet daher bei seinem Strahlenraumofen sogenannte Strahlbleche an, welche zwischen den Rippen eingehängt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

günstig zu nennen, weil dabei eine Steigerung der Lufttemperatur in der Kammer möglich ist, d. h. bei ihrem Aufsteigen Röhren von zunehmender Temperatur angetroffen und umspült werden. Die Reinigung der Flächen des Apparates, auf welchen Staubablagerung möglich ist, wird in der Kammer bewirkt.

Das Ausrußen des Verteilungskanales, der Röhren EFGH und I, sowie des Rauchsammlers D geschieht nach Fortnahme der betreffenden Reinigungsdeckel; schwieriger ist den kurzen Stutzen beizukommen, welche sich rechtwinklig und vertikal abzweigen. Die Prüfung der Rohre auf Rußfreiheit geschieht mit Hilfe eines Lichtes, das an einen Stock gebunden wird. Die Heizkammer wird durch eine dichtschließende, eiserne Thür betreten. Das Mauerwerk der Kammer wird an der Stirnseite einen halben Stein stark in Backstein „gefugt" hergestellt und die Kammer mit doppeltem Gewölbe abgedeckt. Der Druck der Gewölbeträger auf die der Stirnseite eingefügten Apparatenteile wird durch einen Entlastungsträger aufgenommen. Die Höhe der Kammer beträgt im Minimum 2,2 m. Zur Einführung kalter atmosphärischer Luft in die Kammer dient der gewölbte Kanal K mit ein Stein starker Wandung. Seine Ausmündung erfolgt zu beiden Seiten des Heizapparates durch Öffnungen von 66 cm Seite. Die frische Luft steigt sofort in der Richtung der Pfeile aufwärts, erwärmt sich an den Ofen- und Rohrwandungen und entweicht durch mit Klappen versehene Öffnungen W W in die Kanäle M M. Die Klappen können angezogen werden, um nach Erfordernis auch die kältere Luft vom Fußboden der Kammer in die Warmluftkanäle M eintreten zu lassen und dadurch Mischung der kalten und erhitzten Luft zu bewirken; man nennt sie daher Mischklappen und die Kanäle M Mischkanäle. Dagegen führen die Kanäle Z Z kalte Zimmerluft in den atmosphärischen Kanal K zurück und heißen Cirkulationskanäle. Cirkulation der Zimmerluft nach der Kammer ist nur beim „Anheizen" zulässig.

Zwischen den Kanälen M und Z liegt das befahrbare Schornsteinrohr S. Die vollständige Anlage einer Centralluftheizung mit Ventilation nach dem System Kelling ist auf den Tafeln 26 bis 28 dargestellt und in § 48 ausführlich beschrieben.

Anm. Zu den Apparaten mit horizontaler Rohrführung gehören sodann ferner:

Der Luftheizungsofen von Kniebandel & Wegner in Berlin, welcher das ältere Müller'sche System mit oblongem, ausgefutterten Heizkasten und in horizontalen Röhren aufwärts geführter Flamme (Parallelstromheizung) kultiviert. Über dessen Muffenverbindung mit Rohrschellen ist bereits berichtet worden.

VIII. **Luftheizapparat von Fischer & Stiehl in Essen** (Tafel 29). Diese Konstrukteure verwenden zur Leitung der Rauchgase nicht runde, sondern prismatische Heizröhren nach Art derjenigen des Kaiserslauterner Schachtofens, und zwar geht von dem oberen Teile des Feuerschachtes v ein großes, horizontal liegendes, geripptes Heizrohr nach dem hinteren Untersatze, der in zwei Abteilungen zerlegt ist. Von hier führt ein glattes, prismatisches Heizrohr bis zum Feuerschacht und kehrt zurück nach der rechtsseitigen Abteilung des Untersatzes, um sodann in den Schornstein zu entweichen. Der Feuerschacht und ein Teil des Heizrohres sind mit Chamotteplatten ausgefuttert, um dem Erglühen des Apparates vorzubeugen. Die Verbindung der Heizröhren mit dem Untersatze resp. mit dem Feuerschacht und der einzelnen Rohrstücke unter sich ist durch abgehobelte und sorgfältig abgerichtete Flanschen hergestellt. Die acht Reinigungsdeckel der Putzöffnungen beider Rohre und derjenige des Feuerschachtes sind aufgeschraubt und mit feuerfestem Kitt gedichtet. Das obere Heizrohr ist, damit der Apparat sich ungehindert bewegen kann, mit dem Untersatz nicht fest verbunden, sondern ein angegossener Hals taucht in die mit feinem Sand gefüllte Rinne des Untersatzes (Sanddichtung). — Die Reinigung des Apparates von Flugasche u. s. w. muß vom Innern der Kammer her erfolgen.

IX. **Körtings Patent-Kalorifère.** (Modell 1892.) Abweichend von den vorher beschriebenen Apparaten ist der auf Tafel 30 dargestellte Patent-Kalorifère der Gebr. Körting in Hannover. Derselbe besteht im wesentlichen aus folgenden Hauptteilen, nämlich:

1) dem ausgemauerten Verbrennungsraum A mit Füllöffnungen T_1 und T_2 und Inspektionsthür mit Regulierscheibe T_3;
2) einem oberen horizontalen Verteilungsrohr B;
3) den sich zu beiden Seiten desselben anschließenden, schräg gestellten, patentierten Diagonal-Rippenheizelementen C und
4) den sich an letztere wieder anschließenden horizontalen Rauchsammelkästen D.

Die Feuergase treten aus dem Feuerraume in das Verteilungsrohr B, passieren sämtliche Heizkörper, an die sie ihre Wärme abgeben, treten dann in die Sammelkästen D und gelangen von hier in den Schornstein. — Die frische Luft tritt aus dem Kanal K zwischen den Rauchsammelröhren in den Raum ein, der von den Heizelementen C C umschlossen wird und zwischen diesen hindurch nach dem Außenraume der Heizkammer, indem sie die von den Elementen abgegebene Wärme aufnimmt; hier wird sie durch die Heißluftkanäle ihrer Verwendung zugeführt.

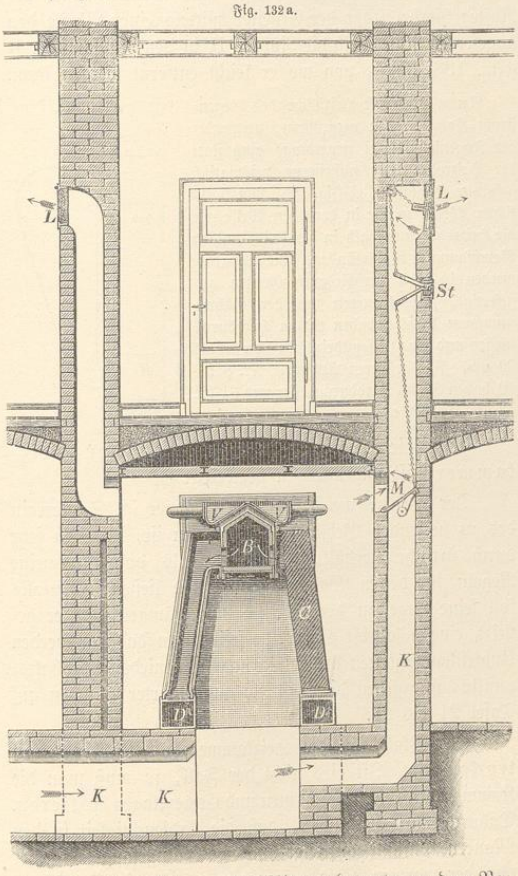
Das Verteilungsrohr B ist fünfeckig, innen mit Chamotte ausgefuttert, oben mit Rippen besetzt; an den Seitenflächen sind Schlitze angebracht, durch welche die Heizgase in die Rippenelemente einströmen. Diese Heizkörper sind so eng gestellt, daß die Rippen zweier benachbarter Elemente sich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nahezu berühren und daher wird der von unten eintretende Luftstrom gezwungen, sich darin zu erwärmen. Die Rippen haben außerdem eine solche Stellung gegen den Horizont, daß die Luft ohne wesentliche Widerstände sie durchströmt. Außerdem ist der Querschnitt der Rippenkanäle groß gewählt, um die Reibungswiderstände beim Passieren derselben zu verringern, und es bietet die flache Gestalt der Heizkörper den Vorteil, daß die heißen Feuergase, die in verhältnismäßig dünner Schicht durch dieselben strömen, eine große Abkühlungsfläche vorfinden.

Der Heizeffekt der Kalorifères ist daher ein sehr zufriedenstellender, nach Angabe der Fabrikanten findet bei denselben eine Ausnutzung des Brennstoffes bis zu 80 Proz. statt.

Fig. 132a.



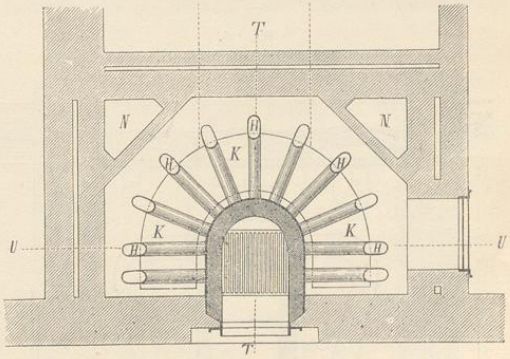
Die Befestigung der Rippenelemente an dem Verteilungsrohr B erfolgt durch Schrauben, unterhalb greifen dieselben in angegossene Falze an dem Sammelrohr D. Horizontale Flächen, auf welchen sich Staub ablagern könnte, sind bei dem Apparat von Körting gänzlich vermieden.

Die Luftbefeuchtungswannen werden von der Firma als dreieckige Wassergefäße mit regulierbarem Wasserstand ausgeführt.

Das Entrußen des Apparates findet von einer besonderen Entrußungskammer her statt, welche am Ende der Heizkammer liegt. Gegen die Rußkammer ist die Heizkammer durch eine eiserne Heizthür P abgeschlossen. Auch kann man von hier leicht zwischen die Heizelemente und in den Luftkanal gelangen. Das Verteilungsrohr B und die Sammelrohre D treten bis in die Rußkammer hinein, werden von hier aus gereinigt und sind mit eisernen Klappen geschlossen. Der Mantel des Feuerraumes besteht aus Schmiedeeisen. Zur Ausfutterung desselben werden Chamottesteine verwendet.

In Fig. 132a haben wir den Körting'schen Kalorifère mit Heizkammer, Abschlußmauern und den darin ausgesparten Luftleitungen, mit Stellklappen u. s. w. übersichtlich dargestellt. Die Leitungskanäle erhalten in den Zimmern Jalousienklappen L mit Stellvorrichtung St, bei M befindet sich die schon früher beschriebene Mischklappe; wird dieselbe gehoben, so tritt neben der warmen auch frische Luft aus dem Kanal K ein.

Fig. 133.



X. Ein neuerer Luftheizapparat ist der in Fig. 133 bis 135 dargestellte **„Vertikal-Gegenstrom-Kalorifère" von Kori in Berlin.** Horizontale Heizflächen sind bei diesem Apparat nach Möglichkeit und gerippte Flächen ganz vermieden; erstere um die Ablagerung von Staub und das Versengen desselben an den Heizflächen zu hindern, letztere der leichteren Reinigung wegen. Heiztechnisch sind die Rippen ohnehin entbehrlich, da mittels einer glatten Heizfläche erfahrungsmäßig ein höherer Wärmeeffekt erzielt werden kann als mit einer gleich großen Rippenheizfläche: die Rippen bilden daher einen unnützen Ballast. Die

Reinigung des Apparates geschieht von der Frontseite, d. h. vom Vorraume aus, wo die Bedienung stattfindet.

Fig. 134.
Durchschnitt nach T—T.

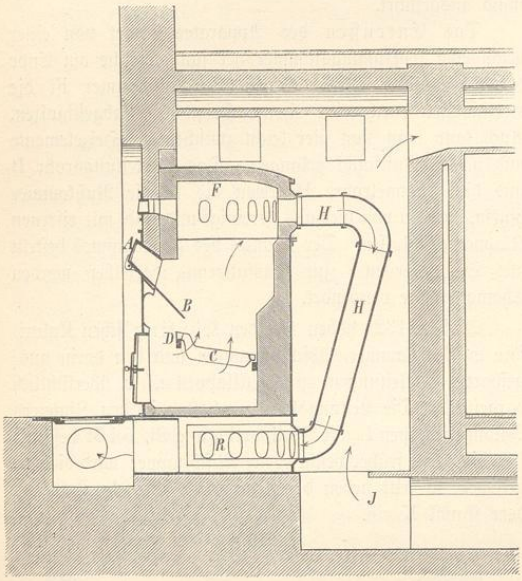
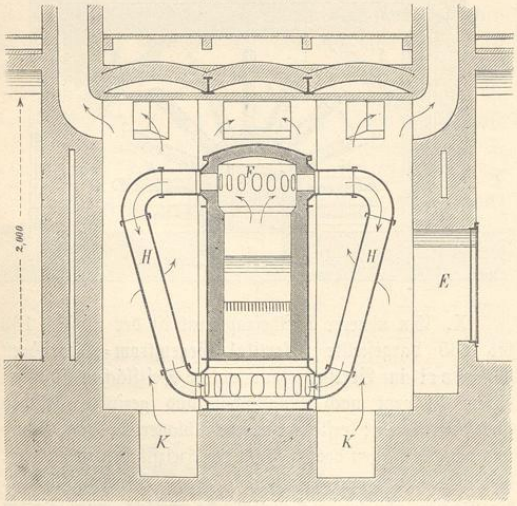


Fig. 135.
Durchschnitt nach U—U.

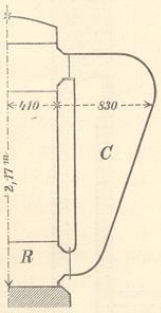


Ein Vorteil des Gegenstrom-Kalorifère liegt in dessen geringer Konstruktionshöhe und seinen relativ niedrigen Anlagekosten.

Konstruktion und Bedienung. Das Brennmaterial wird durch die Füllthür A eingeschüttet, gleitet auf der Fläche B hinab und verbrennt in einem hufeisenförmigen Korbrost C. Die Feuergase werden nun in eine Anzahl strahlenförmig angeordneter Heizrohre H verteilt, die unterhalb in den Rauchsammler R münden. Hierbei findet Gegenstrom statt, da die frische Luft aus dem ringförmigen Kanal K aufwärts steigt und die Heizrohre in einer, den Rauchgasen entgegengesetzten Richtung umspült. Durch horizontale Bleche im oberen Teile der Kammer wird die Luft zu inniger Berührung mit dem Rohrsystem gezwungen. Die Heizkammer ist durch eine in der rechten Abschlußwand ausgesparte Thür zugänglich. Die Entrußung des Kalorifères erfolgt nach Herausnahme der Roste; hierbei stößt der Arbeiter mittels einer Bürste den angesetzten Ruß durch die Röhren H in den Rußsammler R (Fig. 133) hinab, von wo er leicht entfernt werden kann.

Anm. Um die Heizfläche des Gegenstrom-Kalorifère zu vergrößern, verwendet der Ingenieur Kori neuerdings auch statt der Heizrohre HH gußeiserne prismatisch geformte Heizkasten, C Fig. 136, von 5 cm lichter Weite, welche in derselben Weise wie die Heizrohre unterhalb in den kreisförmigen Rauchsammler R einmünden. Die Apparate werden in zehn verschiedenen Größen angefertigt. Die kleineren mit den Fabriknummern 1 bis 6 haben 62 cm Herddurchmesser und eine Gesamtheizfläche von 18 bis 29 qm. Die größeren Apparate Nr. 8 bis 10 haben 82 cm Herddurchmesser und 31 bis 42 qm Heizfläche.

Fig. 136.



Über die konstruktive Anlage der Heizkammern ist folgendes zu bemerken:

Der Platz, welcher der Heizkammer im Souterrain des zu heizenden Gebäudes anzuweisen ist, wird zu sehr durch örtliche Verhältnisse bedingt, als daß allgemeine Regeln für dessen Wahl sich aufstellen ließen: jedenfalls soll seine Lage zu der Gruppe von Räumen, die er beheizt, eine möglichst centrale sein, denn dadurch werden Ungleichmäßigkeiten in den Leitungen vermieden. Anhaltspunkte dafür geben die Beispiele ausgeführter Anlagen auf Tafel 21 bis 28.

Der Platz für die Heizkammer soll vollkommen trocken sein. Ist dies nicht der Fall, so muß man die Kammer durch Asphaltschichten und Cementlagen isolieren. Dadurch wird verhindert, daß die Erdfeuchtigkeit in den Mauern konstant aufsteigt und das aufgesaugte Wasser von der warmen Luft aufgenommen, also in Dunstform in die Zimmer getragen wird.

Die Kammer ist so anzulegen, daß sie leicht zugänglich ist und die Reinigung des Apparates sowie

die Ausführung von Reparaturen bequem geschehen kann. [1])

Die Wände der Heizkammer stellt man gern doppelt, d. h. mit Isolierschichten her; das Mauerwerk wird aus Kalkmörtel mit vollen Fugen hergestellt und bleibt unverputzt.

Auch die Decke der Heizkammer wird durch ein doppeltes Gewölbe gebildet und der verbleibende Zwischenraum mit Asche ausgefüllt.

Den Fußboden aus gebrannten Steinen doppelt herzustellen, ist ebenfalls empfehlenswert; zur Ausfüllung des Hohlraumes dienen Schlacken und Coaksasche.

Die Einsteigethür lege man möglichst tief und so klein als möglich an, um Wärmeverluste zu vermeiden; sie soll sehr dicht schließen, doppelt und (mindestens die innere) aus Eisen konstruiert sein.

§ 43.

Bestimmung des Nutzeffektes und der Heizfläche der Luftheizapparate.

Wie in jedem Zimmerofen, so wird auch in den Kalorifèren ein Teil der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme nutzbar gemacht und transmittiert, ein anderer Teil entweicht mit den Rauchgasen in den Schornstein. Bringt man die im Schornstein verlorene Wärmemenge von derjenigen in Abzug, welche das Brennmaterial überhaupt entwickelt hat, so ist der Rest die nutzbar gemachte Wärme. Das einzige sichere Mittel zur Bestimmung des absoluten Nutzeffektes eines Heizapparates besteht nun darin:

1) das Volumen der Luft zu bestimmen, welches denselben in einer gegebenen Zeit durchströmt, die Verbrennung unterhält und als Rauch in den Schornstein entweicht und
2) die Wärmemenge zu bestimmen, welche der Rauch enthält.

Die Experimente werden mittels eines Anemometers, welches die Abzugsgeschwindigkeit der Luft im Rauchrohre anzeigt, angestellt. Die Temperatur der ein- und ausströmenden Luft wird durch ein gutes Thermometer gemessen.

Bezeichnet man nun

mit V das Volumen der Luft, welche in einer gegebenen Zeit den Schornstein durchströmt,
„ d deren Dichtigkeit oder das Gewicht eines Kubikmeters Luft an der Stelle, wo das Volumen bestimmt wurde,
„ T die Temperatur der Luft beim Entweichen aus dem Apparat in den Schornstein,
„ t die Temperatur der Luft beim Eintritt in den Herd, so ist die Wärme, welche die Luft aufgenommen und weggeführt hat, gegeben durch die Formel:

$$V \cdot d\,(T-t)\,0{,}237 \text{ W.-Einheiten,}$$

worin 0,237 die Wärmekapazität der Luft bei konstantem Drucke bezeichnet.

Zieht man diese verlorene Wärme von der durch das Brennmaterial entwickelten = C ab, so ist die Differenz

$$C - V\,d\,(T-t)\,0{,}237$$

das Maximum des kalorischen Nutzeffektes und das Verhältnis

$$\frac{C - V\,d\,(T-t)\,0{,}237}{C}$$

der totale kalorische Nutzeffekt des betreffenden Heizapparates oder das totale Ergebnis.

Hiermit ist freilich der wahre Nutzeffekt praktisch noch nicht festgestellt; er ist es nur dann, wenn der Apparat — wie bei lokaler Luftheizung und bei Mantelöfen mit Luftcirkulation geschieht — in dem zu erwärmenden Raume Aufstellung findet. Befindet er sich dagegen im Souterrain des Gebäudes, ist er gegen Abkühlung schlecht geschützt und sind die Abzugskanäle für warme Luft schlecht angelegt, so kann ein namhafter Teil der produzierten Wärme verloren gehen. Der Nutzeffekt ist auch im zweiten Falle durch Messung der in gegebener Zeit ausströmenden erwärmten Luftvolumina (wenngleich nicht im ganzen Umfange) nachzuweisen. Hat man zu dem Ende α) die Luftmenge, welche durch die Leitungsröhren abströmt, mit dem Anemometer bestimmt, β) die Temperaturdifferenz zwischen der erwärmten und der in die Heizkammer eintretenden Luft festgestellt, endlich γ) die aus dem aufgewendeten Brennmaterial entwickelte Gesamtwärmemenge C berechnet, so erhält man den wirklichen Nutzeffekt in der Anzahl von Wärmeeinheiten, welche die erwärmte Luft absorbiert hat, und das Verhältnis zur Wärmemenge C kann das nutzbare Ergebnis genannt werden. Das nutzbare Ergebnis ist nie so groß als das im ersten Falle gefundene totale Ergebnis.

Die Luft hat nach ihrem Austritte aus der Heizkammer meistens noch mehr oder minder lange Röhren zu passieren, in welchen sie einen weiteren Teil ihrer Wärme

1) Bei den meisten älteren und manchen neuen Anlagen ist gerade gegen diese Kardinalregel erheblich gesündigt; die Apparate sind eng ummauert, daher nur schwer zugänglich und bilden den Sammelpunkt für Verunreinigungen aller Art. Gerade die Luftkanäle und Heizkammern, in denen die durchströmende Luft den größeren Teil des mitgeführten Staubes absetzt, pflegen kaum je gereinigt zu werden! Es ist dies darauf zurückzuführen, daß man in vielen Fällen die Heizungs- und Lüftungsanlage dem Dienstpersonal als Nebenbeschäftigung überläßt.

verliert. Dasjenige Wärmequantum aber, welches sie in die betreffenden Räume wirklich überträgt, wird der relative Nutzeffekt des Apparates genannt.

Der relative Nutzeffekt, dividiert durch die entwickelte Wärme des Brennmateriales, heißt das Endergebnis.

Bei Vergleichung von Luftheizapparaten nach ihren Resultaten werden also diese drei Arten des Effektes, nämlich das totale Ergebnis, das nutzbare Ergebnis und das Endergebnis wohl zu berücksichtigen sein.

Versuche über den Nutzeffekt von Kalorifèren sind von Morin im Conservatoire des arts et métiers in Paris angestellt und deren Resultate veröffentlicht worden.[1])

Heizfläche der Luftkalorifère. Zur Bestimmung der Heizfläche von Apparaten mit gußeisernen Röhren und Gegenstromheizung, wie sie gegenwärtig meistens üblich sind, kann man folgende Regeln von Redtenbacher benutzen. Es sei:

W die Wärmemenge, welche stündlich an die zu erwärmende Luft abgegeben werden soll,

T_0 die Temperatur der Verbrennungsgase unmittelbar über dem Roste,

T_1 die Temperatur, mit welcher die Verbrennungsgase den Heizapparat verlassen,

t_0 die Temperatur der reinen, kalten Luft, welche in die Heizkammer eingeführt werden soll,

t_1 die Temperatur, bis zu welcher die Luft erwärmt werden soll,

L das Gewicht der Luftmenge, welches stündlich erwärmt wird,

K = 14 der Wärmedurchgangs-Koeffizient für den Durchgang aus Luft durch eine Wand von Gußeisen in Luft,

F die Oberfläche der sämtlichen Röhrenwandungen, so hat man:

$$F = W \,.\, \log.\ \text{nat.}\ \frac{T_0 - t_1}{T_1 - t_0} : \frac{K \,.\, T_0 - T_1 - (t_1 - t_0)}{}.$$

$$L = \frac{W}{0{,}237\,(t_1 - t_0)}.$$

Nach Untersuchung an gut konstruierten Apparaten darf man annehmen:

$$T_0 = 1000,\ T_1 = 200^0.$$

Für Maximalleistung ist zu setzen:

$$t_0 = -20^0,\ t_1 = +40 \text{ bis } 50^0\,\text{C}.$$

Anm. Durch derartige theoretische Bestimmung wird aber die Heizfläche in der Regel zu klein, daher die Temperatur der Heizluft zu hoch. In der Praxis ist meistens der kalorische Nutzeffekt des Apparates durch Versuche vorher bestimmt worden und danach die stündlich von dem Quadratmeter Heizfläche effektiv zu erwartende Menge von Wärmeeinheiten annähernd bekannt. Das nutzbare Ergebnis liegt bei gut konstruierten Apparaten auf 0,66 der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme. Ein Beispiel, wie aus der Luftmenge, welche stündlich vom Apparat zu erwärmen ist, die Heizfläche gefunden werden kann, unter der Voraussetzung, daß der Quadratmeter Heizfläche von Gußeisen stündlich 2000 Wärmeeinheiten abgiebt, ist in § 45 im Zusammenhang vorgeführt.

1) Salubrité des habitations etc. par A. Morin.

§ 44.

Die Luftleitungsvorrichtungen.

Die Luftleitungskanäle bilden neben dem Kalorifère einen integrierenden Teil jeder Luftheizungsanlage und haben eine dreifache Bestimmung, nämlich:

I. die erwärmte Luft aus der Heizkammer in die zu beheizenden Räume zu leiten (Heizkanäle);

II. der Heizkammer als Ersatz der abziehenden Luft frische Luftmassen zuzuführen (kalte Kanäle);

III. die verdorbene Zimmerluft abzuführen (Ventilationskanäle), und — wenn das Anheizen nach § 38 A erfolgt —

IV. die kalte Zimmerluft nach der Heizkammer hinabzuführen (Cirkulationskanäle).

I. Die Heizkanäle. Kanäle für warme Luft müssen aus einem Material hergestellt werden, welches geringes Wärmeleitungsvermögen besitzt, denn die Überleitung der Wärme an das dieselben umgebende Mauerwerk ist offenbar dem Zweck, der verfolgt wird, entgegengesetzt. Metall ist daher nicht geeignet für Warmluftröhren; Glas ist zu teuer und zu zerbrechlich: es bleibt daher keine andere Wahl als künstlicher Stein und Thon. Man führt die Heizkanäle gern in massiven Mittelmauern oder in starken Scheidemauern mit eckigem Querschnitt auf und fugt sie gut aus, um die Reibung möglichst zu vermindern und den Wärmeverlust in den Mörtelfugen zu verhüten. Besser noch ist es, innen glasierte Thonröhren gleichzeitig mit der Mauer aufzuführen, in solcher Art, daß ein kleiner Luftraum zwischen Röhre und Mauer verbleibt und die Röhren sich nur mit der kurzen Muffe, welche das folgende Rohrstück einfaßt, an das Mauerwerk lehnen, wie die Fig. 137 u. 138 veranschaulichen. Die Röhren können durch ein paar eiserne Ringe mit eingemauerten Dübeln festgehalten und die Fugen mit Chamottemörtel gedichtet werden; den verbleibenden hohlen Raum füllt man mit Sand oder Asche aus.

Alle Warmluftkanäle werden mit parallelen Wänden aufgeführt. Zur Bestimmung ihres Querschnittes ist zunächst die allgemeine Formel[1]) für die theoretische Aus-

1) Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880.

flußgeschwindigkeit wärmerer Luft in kältere in Anwendung zu bringen:

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,(T-t)}{273+T}} \quad \ldots \quad (1)$$

Darin repräsentiert:

2 g die Beschleunigung des freien Falles = 9,81 m,
H die Höhe des Kanales bis zu dessen Mündung im Zimmer.
T die Temperatur der Heizluft an dessen unterem Teile in der Heizkammer,
t die Lufttemperatur an seiner Ausmündung.

Fig. 137.

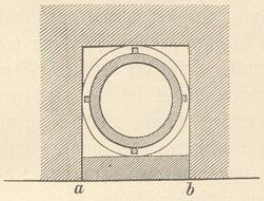
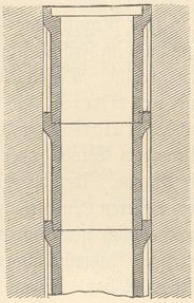


Fig. 138.



Für Metermaß kann man die Formel auch schreiben:

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

Demnach hängt die theoretische Ausflußgeschwindigkeit der warmen Luft außer von der Temperaturdifferenz auch von der Höhe und Beschaffenheit der Abzugskanäle ab. Die effektive Abzugsgeschwindigkeit beträgt aber nur 0,5 der theoretischen wegen Reibung in den Kanälen und Stauung der Luft in den Biegungen und an den Verschlußgittern der Ausströmungsöffnungen.

Bei Berechnung der Geschwindigkeit v ist nicht die Maximal-Temperaturdifferenz, sondern eine Heizkammertemperatur von 60° und die mittlere Zimmertemperatur von 10° C., also die Differenz $T-t = 50°$ zu Grunde zu legen.

Für Kanäle im Erdgeschoß ist zu setzen H = 2,5 m und danach findet man die wirkliche Abzugsgeschwindigkeit für das Erdgeschoß:

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\,\sqrt{\frac{2{,}5\,.\,50}{273+60}} = 1{,}34 \text{ m}.$$

Für das I. Stockwerk ist, wenn die Höhe des Erdgeschosses 4,5 m beträgt,

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\,\sqrt{\frac{7\,.\,50°}{273+60°}} = 2{,}2 \text{ m};$$

und für das II. Stockwerk, wenn die Höhe der Bel-Etage 4 m beträgt,

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\,\sqrt{\frac{11\,.\,50°}{273+60°}} = 2{,}8 \text{ m}.$$

Um den Querschnitt F der Heizkanäle in Quadratmetern zu erhalten, ist das den einzelnen Räumen stündlich zuzuführende Luftquantum Q durch das Produkt aus Zeitdauer und Geschwindigkeit zu dividieren.

Hiernach findet man:

$$F = \frac{Q}{3600\,.\,v} \quad \ldots \quad (2)$$

Für ein Zimmer, welchem stündlich 432 cbm Heizluft zuzuführen sind, beträgt also der Querschnitt des Heizkanales im Erdgeschoß nach vorstehender Ermittelung:

$$\frac{432}{3600\,.\,1{,}34} = 0{,}089 \text{ qm}.$$

Einmündungsöffnungen der warmen Luft. Da die Geschwindigkeit der Luft in den Leitungskanälen der oberen Etagen eine bei weitem höhere ist als im Erdgeschoß, so wird — bei gleichzeitiger Thätigkeit sämtlicher Kanäle — die Luft zunächst in die oberen Geschosse eintreten und diese erwärmen, während das Erdgeschoß relativ kalt bleibt. Diesen Übelstand kann man zum Teil dadurch ausgleichen, daß die Mündungen für die oberen Etagen etwas tiefer gelegt werden, als diejenigen für das Parterregeschoß. Andere wirksamere Mittel zur Regelung der Einströmung bestehen in den noch zu besprechenden Regulierungsvorrichtungen (Schiebern und Klappen), welche eine normale und doch gleichzeitige Erwärmung aller Geschosse gestatten. Da nun die heißeste Luft in der Kammer unter dem Gewölbscheitel sich sammelt, so legt man die Einmündungen für das Erdgeschoß dicht unter den Gewölbeansätzen an und die übrigen Öffnungen nur wenig tiefer, um Effektverluste zu vermeiden. In diesem Sinne sind die Anlagen auf Tafel 20 u. 25 bewirkt. Auf Tafel 25 sind die Mündungen der Heizkanäle W W mit Regulierungsvorrichtung, d. h. mit um eine horizontale Achse drehbarer Klappe, welche durch eine Kette stellbar ist, versehen.

Die Heizkammer nach Kelling'schem Systeme (Tafel 25) zeigt eine weitere Eigentümlichkeit darin, daß die Heizkanäle bis zum Fußboden der Kammer hinabgeführt und dort ebenfalls Einmündungsöffnungen erhalten. Übersteigt die Zimmertemperatur die normale Höhe, so wird dann die Mischklappe C angezogen, so daß auch kalte Luft vom Fußboden der Kammer in den Heizkanal eintritt, sich hier mit der darüber eintretenden warmen Luft mischt und als „Mischluft" in das Zimmer strömt.

Solche Einrichtung empfiehlt sich namentlich für Schulen und Auditorien, in denen die Temperatur während des Unterrichts infolge der Wärmeproduktion der Schüler leicht 20° C. und mehr erreicht. Man hat dann nicht nötig, die Luftführung ganz abzustellen, es wird nur

an Stelle eines 40° heißen Luftstromes ein Luftgemisch von geringerer Temperatur eingeführt.

Ausmündungsöffnungen für warme Luft. Ihre Anzahl und Größe richtet sich nach Anzahl und Querschnitt der betreffenden Heizkanäle und nach den Dimensionen des zu beheizenden Raumes. Für Zimmer wird in der Regel eine Ausmündung genügen; für kleinere Säle (Salons) werden im Sinne einer gleichmäßigen Wärmeverteilung besser zwei und so mit steigenden Dimensionen des Raumes selbst drei und mehr Ausströmungsöffnungen angelegt.

Die Mündungen mit einer Einziehung zu versehen, ist unzweckmäßig, weil die Luft an dieser Stelle ohnehin Pressungen erleidet; besser ist es, den Mündungsansatz mit Rücksicht auf die Maschen des Verschlußgitters etwas zu erweitern, damit die Luft ungehindert ausströmen kann.

Die Ausmündung der Heizkanäle müßte (zur Erzielung schneller Erwärmung) nahe am Fußbodengetäfel liegen, damit die warme Luft sich schon beim Emporsteigen mit den kältesten Schichten mischen könne; wegen besserer Ventilation des Lokales liegt sie aber vorteilhafter nahe der Decke (und die Ventilationsöffnungen am Fußboden). Am liebsten ordnet man die Ausströmung so an, daß eine in der Nähe derselben stehende Person nicht von dem warmen Luftstrom getroffen werden kann, also 2 bis 2,20 m über dem Fußboden.

Um den Luftstrom nach Belieben einlassen, absperren und regulieren zu können, versieht man die Öffnungen mit Schiebern (von Gußeisen, Blech oder Holz), mit Drehklappen oder Jalousieklappen, welche in dem entsprechenden, metallenen Rahmen der Ausmündungsöffnung befestigt sind. Der letztere ist außerdem mit separatem, engmaschigem Gitter verschlossen.

II. Kanäle für Zuleitung frischer Luft. Der Kanal, der die Heizkammer mit frischer und reiner Luft versorgt, muß stets am Fuße der Heizkammer einmünden (vergl. Tafel 20 u. 25). Die Herstellung desselben erfolgt in wasserdichtem Mörtel mit einen Stein starken Wangen und einen halben Stein starkem Gewölbe. Sein Querschnitt könnte theoretisch etwas kleiner sein als die Summe sämtlicher Ausmündungen für warme Luft, weil die Luft sich durch Erwärmung in der Heizkammer ausdehnt. Nennt man T und t die Temperaturen der aus- und einströmenden Luft der Heizkammer, so verhalten sich die Mündungsquerschnitte A und B wie die Quadratwurzeln aus den spezifischen Gewichten der Luft bei T und t Grad, d. h.

$$A : B = \sqrt{\frac{1}{1+aT}} : \sqrt{\frac{1}{1+at}}.$$

Im Durchschnitt ist nun anzunehmen:

$T = 50°, t = -20°$ und der Ausdehnungs-Koeffizient der Luft a ist $= 0{,}003665$. Durch Einsetzen dieser Werte in vorstehende Formel findet man

$$A : B = 1 : 1{,}12.$$

Indessen ist die warme Luft bei gleichem Druck spezifisch leichter und beweglicher, und da ein Überschuß frischer Luft nicht nachteilig ist, auch bequeme Kanalweite ruhiges Zuströmen veranlaßt, so kann der Querschnitt des Kanales für frische Luft erfahrungsmäßig ein Viertel größer sein, als die Summe aller Warmluftöffnungen in der Heizkammer.

Zur Regulierung der einfließenden Luftmenge bringt man auch im Frischluftkanal eine dichtschließende Abschlußklappe an. Dieselbe ist ganz geöffnet, wenn man heizen und ventilieren will, ist dagegen geschlossen, wenn man mit Circulation heizen will. Auch bei heftigem, Staub führendem Winde oder starkem Nebel schließt man gern die Klappe. Um bei eintretendem Winde unabhängig von der äußeren Luftströmung ventilieren zu können, pflegt man endlich den Luftzuführungskanal so anzuordnen; daß er zwei Ausmündungen an entgegengesetzten Seiten des Gebäudes hat. Sobald der Wind auf eine der Zuführungsöffnungen drückt — was immer ein stoßweißes Ausströmen und schwieriges Ventilieren zur Folge hat —, stellt man diese Öffnung ab und nimmt die Luft aus der gegenüberliegenden, vom Winde nicht getroffenen Mündung des Kanales. Dieser Fall ist in Tafel 26 ersichtlich. An jedem Ende des Kanales, der die atmosphärische Luft in die Heizkammer leitet, befindet sich eine Luftkammer mit Filtervorrichtung. Der mitgerissene Staub soll hier zurückbleiben und die gereinigte Luft erst nach dem Passieren des Filters in den Kanal eintreten.

Wo Luftkammern nicht angeordnet sind, da wird die freie Mündung des Kanales durch eine Siebplatte, ein Draht- oder Eisengitter geschlossen, um das Eindringen von Ratten u. a. Tieren in den Kanal zu verhüten. Eine vollständige Absperrung durch Schieber oder Thüren während der Zeit, wo nicht ventiliert wird, ist zur Vermeidung eindringenden Staubes jedenfalls geboten.

III. Kanäle zur Ableitung verbrauchter Zimmerluft. Diese Kanäle haben die Aufgabe, in Wechselwirkung mit den Heizkanälen eine natürliche Ventilation hervorzurufen und werden deshalb auch Ventilationskanäle genannt. Im übrigen sind sie wie Heizkanäle zu behandeln, d. h. in den Korridor- oder Mittelwänden massiv aufzuführen und mit Schiebern oder Klappen an ihrer unteren Mündung zu versehen. Man führt sie entweder wie Schornsteine über Dachhöhe hinaus und versieht sie dort mit Luftsaugern oder sie werden nur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bis 1 m über den Fußboden des Dachraumes heraufgeführt.

Anm. Das letztere Arrangement ist in der schon erwähnten Volksschule zu Göttingen zur Anwendung gekommen und auf Tafel 28 dargestellt. Die Anordnung von separaten Ventilationsschornsteinen, welche über Dach ausmünden, ist dagegen auf Tafel 24 dargestellt und bei dem Neubau des Direktorialgebäudes vom physikalischen Institut in Berlin in Anwendung gekommen.

Für die Bestimmung des Querschnittes der Ventilationskanäle ist das aus den betreffenden Räumen stündlich abzuführende Luftquantum maßgebend. Dasselbe ist abhängig von der Benutzungsart des Lokales und wird in jedem einzelnen Falle erfahrungsmäßig pro Kopf und Stunde festgestellt (vergl. S. 85). Da bei der Winterventilation ein Abfluß wärmerer Luft in kältere stattfindet, so ist der Querschnitt F der Kanäle nach nachstehender Formel dieses Paragraphen zu berechnen

$$F = \frac{Q}{3600\,v}.$$

Zur Bestimmung von v dient nachstehende Formel für die theoretische Abflußgeschwindigkeit wärmerer Luft in kältere

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

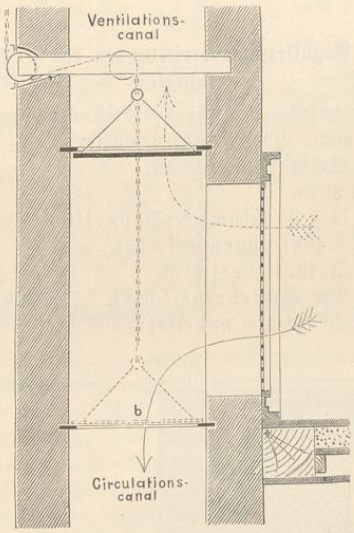
jedoch ist die effektive Abzugsgeschwindigkeit nur = 0,5 der theoretischen.

Damit aber die Kanäle auch bei Temperaturdifferenzen wirksam bleiben, wie solche bei Beginn und am Ende der Heizperiode stattfinden, also bei 10 bis 12° äußerer Lufttemperatur und bei der Zimmertemperatur von + 20° C., wird in letzterer Formel zu setzen sein $T - t = +8°$ C. Die Höhe H der Kanäle ist zu rechnen vom Fußboden des Geschosses, welches ventiliert werden soll, bis zu ihrer oberen Ausmündung. Für das auf Tafel 21 bis 24 dargestellte Gebäude ist eine derartige Rechnung auf Seite 116 durchgeführt.

Die Mündungen der Ventilationskanäle werden dicht am Fußboden angelegt, auch mit Klappen- oder Schieberverschluß versehen. In gewissen Fällen, nämlich bei Überheizung oder Überfüllung des Lokales und bei starker Wärmeproduktion der Beleuchtungskörper, ist es wünschenswert, die Luftschichten nicht vom Fußboden, sondern da, wo sie am heißesten sind, d. h. unter der Decke, abzuleiten. Aus diesem Grunde wird jeder Ventilationskanal auch mit einer oberen Öffnung versehen, die gewöhnlich durch eine stellbare Klappe geschlossen zu halten ist und außer den genannten Fällen nur in den Sommermonaten konstant offen bleibt. (Sommerventilation.)

IV. Kanäle für Rückleitung der abgekühlten Zimmerluft nach der Heizkammer (Cirkulationskanäle) werden nur selten als besondere Kanäle aufgeführt. Gewöhnlich verlängert man zu diesem Zweck die Ventilationskanäle vom Fußboden des Geschosses abwärts bis zur Heizkammer und benutzt den niedersteigenden Teil des Kanales zum Cirkulieren der Zimmerluft, den aufsteigenden zum Ventilieren. Die Trennung aber wird erreicht durch Anlage einer Doppelklappe b, welche nachstehend dedailliert dargestellt ist. Ist die Klappe gehoben, wie in Fig. 139, so ist der Weg zum Cirkulationskanal offen; ist sie dagegen gesenkt, d. h. in der Lage b, so findet Ventilation statt.

Fig. 139.



Das Regulieren der Klappe erfolgt mittels einer über Rollen laufenden Kette, deren ringförmiges Ende an dem, in der Mauer in bemessenem Abstande befestigten, Dorn eingehängt wird. Die Kette kann vom Zimmer oder auch vom Korridor her eingestellt werden; letztere Einrichtung findet statt, wenn man Wandthermometer anbringt, mittels welcher der Heizer die Zimmertemperaturen vom Korridor aus beobachten kann. Solche Thermometer sind mit Vorteil auch in einer mit der oberen Luft der Heizkammer kommunizierenden gebogenen Glasröhre anzubringen, damit die Temperatur der Heizkammer jederzeit ungehindert beobachtet werden kann.

Allgemeine Regeln:

1) Jeder zu heizende Raum muß seine eigenen Heiz- und Ventilationskanäle erhalten und diese sollen, soweit angänglich, auf kürzestem Wege aufsteigen. Die Anlage eines gemeinschaftlichen Kanales für mehrere übereinanderliegende Räume ist verwerflich.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2) Das ganze Leitungssystem, d. h. Heiz-, Ventilations- und Cirkulationskanäle sind, ähnlich wie Schornsteinröhren, zuweilen mit Besen und Bürste von dem adhärierenden Staube zu reinigen, daher mit einer Anzahl Thüren im Dachboden und an sonst passender Stelle zu versehen. Diese Thüren müssen allerdings fest schließen und sind zur Vorsicht gehörig zu verstreichen. Die Anlage von Reinigungsthüren im Dachboden ist entbehrlich, wenn die Röhren dort ausmünden (vergl. Tafel 28); sicherer aber ist die Ausmündung „über Dach."

§ 45.

Die Regulierungsvorrichtungen des Leitungssystemes.

Sie zerfallen in äußere und innere Regulierungsvorrichtungen. Zu den ersteren gehört:

der Schieberverschluß;

zu den letzteren

die in § 44 besprochene Doppelklappe;

der Drehklappenverschluß;

der Jalousieverschluß.

I. Der Schieberverschluß. Fig. 140 u. 141 stellen einen einfachen gußeisernen Schieber in Ansicht

Fig. 140.

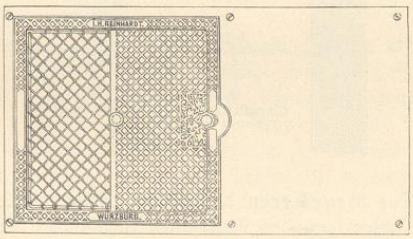
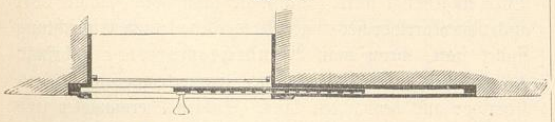


Fig. 141.



und Grundriß dar. Auch der Futterrahmen besteht aus Gußeisen. Vor dem Schieber und hinter demselben an der Mauer sind Schutzplatten angebracht und die Ausströmungsöffnung ist durch ein Drahtgitter gegen das Einwerfen von Gegenständen geschützt. Zum Anfassen des Schiebers, wenn derselbe bewegt werden soll, dient ein Knopf. Die Figur zeigt den Schieber so weit vorgeschoben, daß nur die halbe Ausströmungsöffnung frei ist. Wenn sich Staub in der Öffnung sammelt oder ein Gegenstand die Bewegung des Schiebers hemmt, dann kann das Gitter abgeschraubt, die vordere Schutzplatte entfernt und die Reinigung vorgenommen werden.

Bei einfacherer Anordnung ist der Schieber glatt und besteht aus Eisenblech, ebenso die Schutzplatten, und nur der vordere Gitterrahmen ist aus Gußeisen hergestellt. Auf der glatten Fläche des Schiebers läßt sich eine Skala[1]) anbringen, welche erlaubt, dem Schieber die Stellung zu geben, welche der herrschenden Temperatur der Luft im Freien entspricht. Bei den neueren Wiener Schulbauten werden die Schieberstellungen im Laufe der ersten Heizperiode für verschiedene Außentemperaturen ein für allemal mit Hilfe des Anemometers ermittelt und angemerkt.

Dient der Schieber zum Verschluß einer nahe der Decke liegenden Kanalmündung, so ist der Futterrahmen um 90° gedreht, d. h. so einzusetzen, daß der Schieber infolge seiner eigenen Schwere nach unten sinkt und dadurch die Öffnung schließt. An dem Rahmen wird dann eine Rolle angebracht, über welche ein Kettchen läuft, mittels dessen der Schieber von unten angezogen werden kann. Das untere Kettenende wird durch einen Knopf oder eine Schraube an der Mauer festgehalten. Im Sommer ist dieser Schieber ganz geöffnet und im Winter gewöhnlich geschlossen.

II. Drehklappenverschlüsse. Man fertigt sie in verschiedenen Formen, mit horizontaler oder vertikaler Drehachse, mit Zahnstangenbetrieb oder mit feststellbarer Verschlußvorrichtung an.

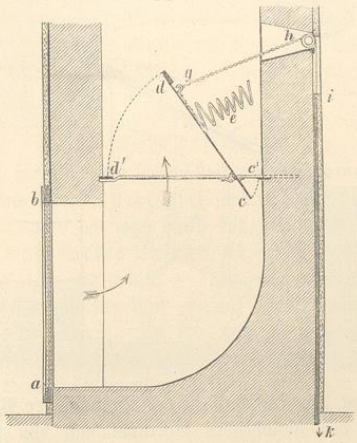
Die auf Tafel 25, Fig. 3, bei W angedeutete Mischklappe ist ebenfalls eine Drehklappe, bei welcher die Drehachse am Fußpunkte der Mündung liegt. Die Klappe hat das Bestreben, durch ihre Schwere in horizontale Lage zu gelangen und dadurch den Mischkanal zu schließen; daran wird sie gehindert durch das an ihrem oberen Rande befestigte Kettchen, welches vertikal über zwei Rollen im Heizkanale gleitet und über eine dritte Rolle im Korridor hinabhängt. Das Ende der Kette wird an einer in der Mauer befindlichen Eisenplatte mit verstellbarem Dorn befestigt. Wenn diese Drehklappe als Verschluß von Ventilationsöffnungen dient und daher vom Zimmer aus gestellt werden soll, so ist nur eine Leitrolle nötig.

Oberingenieur Paul hat in den städtischen Schulen Wiens nachstehende Klappenkonstruktion zur Regulierung des Abzuges der Ventilationsluft angewendet. Die Drehklappe dc (Fig. 142) ist in den Kanal hinein verlegt; die senkrechte Stellung derselben wird durch eine Feder e verhindert. Eine über die Leitrolle h laufende Kette dient zum Ziehen der Klappe und geht in einen Zugdraht über, der bis zum Parterre oder Keller reicht und dort in einem Ringe endet. Um Beschädigungen des Drahtes zu

1) Friedrich Paul, Central- und Ofenheizung. Wien 1878. S. 9, Fig. 2.

verhindern, wird derselbe in einem dünnen Eisenrohr i plaziert. Wenn mit Hilfe des Anemometers die Klappenstellung für ein bestimmtes Quantum in der Stunde ab-

Fig. 142.



zuführender Luft ermittelt ist, kann der Heizer die Lüftung der Zimmer vom Parterre oder Keller aus präzis regulieren. Ein äußerer Verschluß der Öffnung ab findet nicht statt.

Eine dreiteilige Drehklappe mit feststellbarer Verschlußvorrichtung ist in Fig. 143 u. 144 dargestellt. Nachdem mittels des Hebels a den Klappen diejenige Stellung

Fig. 143.

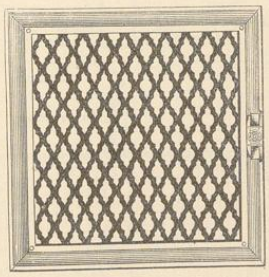
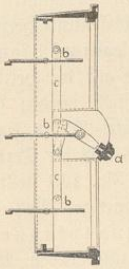


Fig. 144.



gegeben ist, welche einer normalen Beheizung resp. Ventilation für den herrschenden Temperaturgrad entspricht, wird der Hebel mit einem Schlüssel unverrückbar festgestellt.[1]) Um die Drehung der Klappen zu bewirken, sind an ihnen Lappen festgenietet, deren Drehpunkte b b mit den beiden Leitschienen c verbunden sind. Wird nun der Hebel a gehoben, so gleiten die Schienen entsprechend abwärts und bewirken dadurch die Drehung der Klappen um ihre Achsen. Die Zapfenlager der Klappen liegen in dem inneren schmiedeeisernen Rähmchen und sind in der Zeichnung durch Kreise angedeutet. Die äußere Öffnung wird durch ein Gußgitter, Drahtgitter oder — wie in Fig. 143 — eine gitterförmig durchlochte Blechtafel abgeschlossen, welche an den vier Ecken mit versenkten Schrauben gegen entsprechende Winkel am Rahmen befestigt ist.

Der Abschluß der Frischluftkanäle erfolgt gewöhnlich durch eiserne Drehklappen mit vertikaler Drehachse.

III. Der Jalousieklappenverschluß. Die Fig. 145 u. 146 stellen eine Jalousieklappe mit gußeisernem Futterrahmen dar. Die Bewegung wird durch den

Fig. 145.

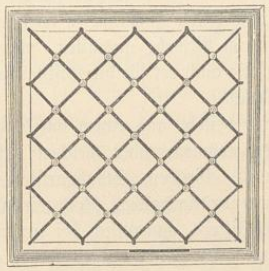
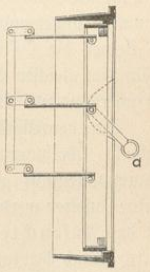


Fig. 146.



Hebel a vermittelt und bedarf der Mechanismus keiner weiteren Beschreibung. Bringt man den Hebel in seine obere, um 90° gedrehte Stellung, so hängen die Klappen senkrecht und schließen die Öffnung. Zwischen beiden Lagen des Hebels sind verschiedene Klappenstellungen und dadurch gehemmtes oder freieres Einströmen der Luft möglich. Bei Ventilationsklappen, welche nahe der Decke liegen, wird die Bewegung des Hebels durch Stellstangen bewirkt.

§ 46.

Entnahme, Reinigung und Befeuchtung der Luft.

Luftentnahme.

Dieselbe soll an derjenigen Stelle des zu beheizenden Gebäudes resp. seiner Umgebungen stattfinden, welche von Staub, Ruß und Ausdünstungen der Senkgruben, Aborte u. s. w. am wenigsten verunreinigt wird. Ist kein geeigneter Ort für Luftentnahme in Terrainhöhe zu finden, so kann man dieselbe auch aus höher gelegenen Orten entnehmen oder aus entfernter liegenden Gärten durch einen unterirdischen Kanal zuführen, der aber, wie erwähnt, gegen Grundluft und Grundfeuchtigkeit zu schützen ist. Alle Einströmungsöffnungen für frische Luft sind durch weitmaschige Gitter abzuschließen (§ 44, II).

Luftreinigung.

Die einfachste Methode, die Luft zu reinigen, besteht in der Anlage von Staubkammern, in welchen sie die

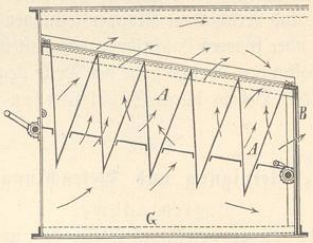
1) Diese Anordnung ist für Schulräume besonders empfehlenswert.

in ihr suspendierten schwereren Teilchen absetzen soll. Leichte Staubteile werden freilich schon durch eine geringe Luftbewegung aufgewirbelt und in der Schwebe gehalten, aber durch Befeuchtung werden dieselben, wie dies auch in der Natur geschieht, niedergeschlagen. Dieser Umstand führte dazu, die Luft durch künstlichen Regen zu reinigen. Weil das Verfahren aber viel Wasser erfordert, auch nicht überall befriedigende Resultate lieferte, ist es neuerdings seltener zur Anwendung gekommen. Künstlich befeuchtete Luft ist nämlich stets mit Feuchtigkeit gesättigt und es entsteht dann in den Zimmern bei mittlerer Außentemperatur ein zu hoher Feuchtigkeitsgehalt.

In vielen Fällen werden zur Luftreinigung Filter aus rauhen Geweben in Verbindung mit geräumigen Staubkammern angewandt. Diese Filter sind um so wirksamer, je kleiner die Öffnungen im Gewebe ausfallen, aber es wächst im gleichen Verhältnis auch der für die Luftströmung zu überwindende Widerstand.

Ein derartiges Filter besteht aus einem mit Drahtgeflecht überspannten Holzrahmen, über welchen dichter Baumwollenstoff gedeckt ist. Gröbere Staubpartikel und kleine Insekten werden darin zurückgehalten. Noch wirksamer ist das Anfeuchten des Filters, namentlich bei trockener, durch Wind bewegter Luft. Die Filter müssen ferner eine möglichst große Fläche erhalten, was erreicht wird, wenn das Filtertuch im Zickzack oder in Taschenform über die Filterrahmen gelegt wird.

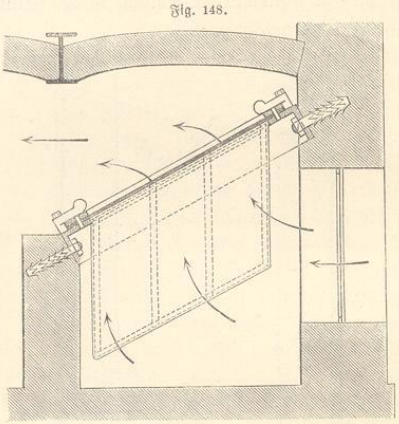
Fig. 147.



Eine möglichst große Filterfläche in kleinem Raume liefert die verbesserte **Luftfilteranlage** von **K. Möller** in Kupferhammer bei Brackwede. (D. R. P. Kl. 12, Nr. 26663.) Der Filterstoff A ist hier (vergl. Fig. 147), innerhalb des festen Gehäuses G in Taschenform angeordnet und wird durch eine mit Handkurbel betriebene Spannvorrichtung mit Sperrwerk in der vorgeschriebenen Lage festgehalten. Die zu reinigende Luft durchzieht das Filter in der Richtung der Pfeile.

In Fig. 148 ist die Filteranlage direkt gegen die Umschließungsmauern der Staubkammer, und zwar gegen ein aus eisernen Winkeln hergestelltes Gerüst befestigt. Der Stoff ist taschenförmig gefaltet und über das in der Zeichnung punktierte Rahmenwerk gespannt; die frische Luft tritt durch ein Fenster des Souterraingeschosses in die von massiven Wänden umschlossene Staubkammer ein,

Fig. 148.



durchdringt den Filterstoff in der Richtung der Pfeile, gelangt in den anstoßenden Vorraum und von hier aus unter den Kalorifère der Heizkammer.

Da die Trockenfilter schnell verstauben, muß auf bequeme Entfernbarkeit derselben zum Zweck ihrer Reinigung Bedacht genommen werden.

Befeuchtung der Luft.

Die Vorrichtungen zur Befeuchtung der Luft beschränken sich bei Central-Heizungsanlagen auf Pfannen, die auf die Heizkörper gestellt werden (vergl. Tafel 25 und Fig. 130 bis 132 im Text).

Fig. 149.

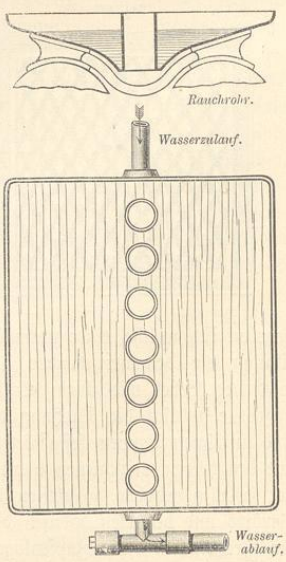


Fig. 149 stellt eine derartige Befeuchtungspfanne mit durchgehenden Warmluftröhren, wie solche von der Firma Kelling in Dresden konstruiert werden im Grundriß und Querschnitt dar. Die aus Kupferblech hergestellte Pfanne folgt in ihrer Kontour der Form der beiden obersten Rauchrohre des Kalorifère,

auf welche sie sich auffetzt. Von der einen Seite der Wanne fließt das Waſſer mittels Zufluſsrohr ein, an der anderen Seite iſt das Abflußrohr angebracht. Die Regulierung der Befeuchtung iſt indeſſen bei einfachen Pfannen ſchwierig; beſſer wird dieſelbe mittels der Körting'ſchen „Streudüſen“ mit eingelegter Spirale bewirkt, indem man nach Bedarf einige derſelben ein- oder ausſchaltet.

Gewicht der Luft.

Daß die Luft die Eigenſchaft der „Schwere“ beſitzt, iſt durch den Torricelli'ſchen Verſuch hinreichend dargethan; auch hat man durch Wägung direkt ermittelt, daß ein Kubikmeter Luft bei 0° und 760 mm Barometerſtand 1,293 kg wiegt. — Hiernach kann man das ſpezifiſche Gewicht der Luft — auf Waſſer als Einheit bezogen — beſtimmen. Da ſich nun die ſpezifiſchen Gewichte zweier verſchiedenen Subſtanzen bei gleichem Volumen wie die abſoluten Gewichte derſelben verhalten und ein Kubikmeter Waſſer von normaler Dichte 1000 kg wiegt, ſo gilt die Gleichung:

$$x : 1 = 1{,}293 : 1000$$

wonach

$$x = 0{,}001293.$$

Dieſe Zahl ſtellt das ſpezifiſche Gewicht der Luft bei 0° und 760 mm Barometerſtand dar, d. h. Waſſer hat ungefähr das 770fache Gewicht eines gleichen Volumens Luft. — Da aber gewöhnlich der Luftdruck geringer iſt, auch Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt ihren Einfluß geltend machen, ſo pflegt man für praktiſche Berechnungen das Gewicht von 1 cbm Luft in der Regel = 1,25 kg anzunehmen.

Bei höherer Temperatur und gleichem Volumen iſt das Gewicht geringer: denn trockene Luft dehnt ſich bei konſtantem Druck infolge zunehmender Erwärmung für jeden Grad des hundertteiligen Thermometers um 0,003665 ihres Volumens, das ſie bei 0° hatte, aus. Dieſe Zahl nennt man den Ausdehnungs-Koeffizienten der Luft. Hiernach iſt das Volumen eines Kubikmeter Luft von 0° bei t° C.:

$$1 + 0{,}003665 \,.\, t \text{ cbm}$$

und für $t = 100°$ C. $= 1{,}3665$.

Da bei dieſer Ausdehnung das Volumengewicht ſich nicht geändert hat, ſo beſteht die Gleichung:

$$1 \,.\, 1{,}293 \text{ kg} = 1{,}3665 \,.\, x \text{ kg},$$

worin x das Gewicht der auf 100° C. erhitzten Luft bezeichnet und iſt hiernach

$$x = 0{,}946 \text{ kg}.$$

In nachſtehender Tabelle iſt das abſolute Gewicht der Luft für Lufttemperaturen von — 20° C. bis + 98° C. zuſammengeſtellt.

Tabelle XIV. **Dichtigkeit der Luft bei verſchiedenen Temperaturen.**

Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg
— 20°	1,400	0°	1,289	+ 20°	1,209	+ 40°	1,132	+ 60°	1,064	+ 80°	1,004
18°	1,389	+ 2°	1,285	22°	1,201	42°	1,124	62°	1,058	82°	0,998
16°	1,378	4°	1,279	24°	1,197	44°	1,118	64°	1,051	84°	0,992
14°	1,368	6°	1,270	26°	1,185	46°	1,111	66°	0,045	86°	0,986
12°	1,358	8°	1,261	28°	1,177	48°	1,104	68°	1,039	88°	0,981
10°	1,347	10°	1,252	30°	1,169	50°	1,097	70°	1,033	90°	0,976
8°	1,337	12°	1,243	32°	1,161	52°	1,090	72°	1,027	92°	0,970
6°	1,327	14°	1,234	34°	1,154	54°	0,083	74°	1,021	94°	0,965
4°	1,318	16°	1,225	36°	1,146	56°	1,077	76°	1,015	96°	0,960
2°	1,311	18°	1,217	38°	1,139	58°	1,070	78°	1,009	98°	0,950

Nachdem im Vorhergehenden die wichtigſten Teile jeder Luftheizungsanlage, nämlich die Heizkammer mit Luftheizofen, die Luftleitungs- und die Regulierungsvorrichtungen eingehend erörtert worden ſind, laſſen wir in § 47 die Geſamtanlage zur Beheizung eines Wohngebäudes mit erwärmter Luft und als Beiſpiel die Anleitung zur Berechnung dieſer Heizung folgen.

§ 47.

Luftheizungsanlage im Direktorialgebäude des Phyſiologiſchen Inſtitutes zu Berlin,

dargeſtellt auf Taf. 21 bis 24. Erbaut 1878—1880.

Zur Beheizung des Gebäudes ſind, wie die nachſtehende Berechnung ergiebt, zwei Apparate, daher zwei Heizkammern erforderlich geworden. Die dafür geeigneten Räume haben, ihren Dimenſionen entſprechend, zu einer verſchiedenen Röhrenanordnung der Kaloriferen An-

laß gegeben. Zu jeder Heizkammer gehört ein separater Einfeuerungsraum und bei der längeren Kammer ein Raum zum Ausrußen der Röhren. Der Keller für Brennmaterial liegt zu beiden Kammern hinreichend bequem.

Die frische Luft wird jeder der Kammern durch einen unterirdischen, gewölbten Kanal zugeleitet, der etwa inmitten der Kammer ausmündet. Die Heizluft strömt aus der oblongen Kammer durch elf Öffnungen verschiedener Größe und versorgt ebensoviele Räume (in drei Geschossen) mit zusammen 1598 cbm Inhalt. Die bei C gelegene Heizkammer beheizt elf Räume verschiedener Größe mit 1252 cbm Inhalt. — Nach den entfernteren Heizrohrmündungen strömt die Heizluft in gezogenen Kanälen unterhalb des Gewölbes.

Die Richtung des warmen Luftstromes w w ist durch Pfeile im Grundriß des Kellergeschosses angedeutet (vergl. Tafel 21).

Alle Ausmündungen der Heizluft in den Zimmern der drei Geschosse, ebenso die Einmündungen der Ventilationsluft sind durch verschieden gerichtete Pfeile in den Grundrissen und durch eingesetzte Zahlen markiert. Im Durchschnitt (Tafel 24) sind dagegen die verschiedenen Luftleitungen durch charakterisierende Farben anschaulich gemacht, die Heizkanäle sind rot, die Frischluftkanäle grün, die Ventilationskanäle blau eingetragen und die Mündungen der Kanäle durch Buchstaben erläutert. Alle Ventilationskanäle münden über Dachhöhe aus und sind mit Deflektoren versehen. Die Regulierung der Luftströmungen wird durch Drosselklappen bewirkt. Weitere Beschreibungen sind durch vier Blatt Zeichnungen und die darin „enthaltenen Erklärungen" entbehrlich gemacht.

Berechnung der Luftheizungsanlage für das Direktorial-Wohngebäude des Physikalischen Institutes zu Berlin.

Vorbemerkungen. Im III. Kapitel ist der theoretische Nachweis geführt worden, daß jeder von festen Wänden umschlossene Raum durch Strahlung und Leitung so lange Wärme abgiebt, bis er die Temperatur der Umgebung erlangt hat. Da diese aber in unserem Klima während der Wintermonate erheblich sinkt, so müssen die Oberflächen der uns umgebenden Behausung durch Heizvorrichtungen eine solche Temperatur erhalten, daß die von ihnen ausströmenden Wärmestrahlen mit der physiologischen Körperwärme übereinstimmen.[1])

1) In den §§ 15 und folgende ist auf wissenschaftlicher Basis die Wärmemenge W ermittelt, welche stündlich durch einen Quadratmeter Umschließungsfläche bei 1° Temperaturdifferenz entweicht; dieselbe ist abhängig von der Art der Umschließung und demgemäß für Mauern, Fensterflächen, Decken, Fußböden u. s. w. besonders hergeleitet. Die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche durch den Quadratmeter stündlich übergeht, haben wir den Transmissions-Koeffizienten genannt und mit K bezeichnet.

Die Transmissions-Koeffizienten für Ziegelmauerwerk von verschiedener Stärke sind in den Tabellen XII und XIII zusammengestellt; für Quaderverblendung ist bei gleicher Wandstärke den Tabellenwerten ein Zuschlag von 15° zuzufügen.

Die Transmissions-Koeffizienten von Deckenkonstruktionen verschiedener Art sind aus § 17 zu entnehmen.

Die durch eine wärmeüberführende Fläche F bei $t - t_0$ Grad Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innenluft entweichende Wärmemenge wird ausgedrückt durch die Formel:

$$W = F \cdot K (t - t_0),$$

worin K den Transmissions-Koeffizienten der Umschließungssubstanz bezeichnet.

2) In Nord- und Mitteldeutschland wird für die Berechnung von Wärmeverlusten gewöhnlich eine Wintertemperatur von —20° C. zu Grunde gelegt. Für Innenräume soll laut Ministerialerlaß vom 7. Mai 1894 der Grad der Erwärmung in öffentlichen Gebäuden betragen:[1])

für Wohn- und Geschäftsräume . . .	20°
„ Auditorien	18°
„ Korridore, Flure, Treppenhäuser . .	12°

so daß für Wohn- und Geschäftsräume $t - t_0 = 40°$ C. zu setzen ist.

Die Summe der Wärmeverluste der einzelnen umschließenden Flächen eines Raumes (der Wände, Thüren, Fenster u. s. w.) ist sein Gesamtwärmeverlust.

3) Soll, wie üblich, mit der Heizung eine Lüftungsanlage verbunden werden, so muß auch die für die Vorwärmung der Frischluft auf Zimmertemperatur nötige Wärme durch den Heizapparat erzeugt werden.

4) Die Berechnung der Wärmeverluste bildet die Grundlage für die Größe der Luftheizungsanlage, sie giebt den eigentlichen „Wärmebedarf" an und daraus ist die Leistungsfähigkeit des Kalorifère zu bestimmen.

Für sämtliche Wohnräume ist eine Maximalleistung, d. h. Erwärmung der Zimmer auf + 20° C. bei einer Wintertemperatur im Freien von — 20° C. vorausgesetzt. Für das Treppenhaus genügt eine Erwärmung auf 10° C. Die Korridore nehmen wegen ihrer geschützten Lage zwischen geheizten Räumen und wegen der zahlreichen Heizkanäle,

1) Edm. Trélat, Wiener med. Presse. 1889, S. 1466.

1) Vergl. Kapitel 7, § 90, III.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die in den Korridormauern angebracht sind, leicht eine Temperatur von 10 bis 12° C. dauernd an. Hiernach ergeben sich für die Wärme transmittierenden Wandflächen, Decken u. s. w. nachstehende Temperaturdifferenzen:

Für Außenwände	40° C.
„ Wände am Treppenhause . . .	10° „
„ „ des ungeheizten Vestibüls .	20° „
„ „ der ungeheizten Innenräume	15° „
„ die Fußböden des Erdgeschosses. .	15° „
„ „ Decken des II. Stockwerkes . .	35° „

Diese Temperaturdifferenzen sind der Transmissionsberechnung zu Grunde gelegt und in der nachstehenden Tabelle (Spalte 7) verzeichnet. Die Transmissions-Koeffizienten der Spalte 8 sind für Backsteinmauern nach der Formel des § 17 . . $k = \frac{16{,}8}{4{,}9 + 24e}$ bestimmt worden, worin e die Wanddicke bezeichnet.

Das Produkt aus dem Flächeninhalt, der Temperaturdifferenz und dem zugehörigen Transmissions-Koeffizienten giebt den stündlichen Wärmeverlust dieser Fläche für Maximalleistung. Diese Wärmeverluste, in Wärmeeinheiten ausgedrückt, sind in der letzten Spalte der Berechnung auf Seite 118 enthalten.

Zu dem Gesamtwärmeverluste gehört auch diejenige Wärmemenge, welche in der Ventilationsluft enthalten ist und mit dieser stündlich entweicht. Die in einem Kubikmeter Ventilationsluft von + 20° enthaltene Wärmemenge drückt sich aus: durch das Produkt aus ihrem absoluten Gewicht bei dieser Temperatur, ihrer spezifischen Wärme bei konstantem Druck und ihrer Temperatur. Nun ist:

die spezifische Wärme der Luft . . = 0,2375,
das absolute Gewicht[1]) bei + 20° = 1,209,

in einem Kubikmeter Ventilationsluft von + 20° sind daher enthalten:

$$1{,}209 \times 0{,}2375 \times 20 = 5{,}74 \text{ W.-Einheiten.}$$

In Tabelle B, Spalte 2, sind die stündlich für jeden Raum abzuführenden Luftmengen in Kubikmetern angegeben unter der Annahme, daß in der Stunde eine $1\frac{1}{2}$- bis 2malige Lufterneuerung stattfindet. Für den Gesellschaftssaal ist eine dreimalige Lufterneuerung pro Stunde zu Grunde gelegt.

Anm. Dieses Luftquantum wird schon bei der niedrigsten Temperaturdifferenz — wie solche zu Anfang und am Ende der Heizperiode zu herrschen pflegt —, d. h. bei 10 bis 12° Außentemperatur und + 20° C. Zimmertemperatur, abgeführt: Bei hohen Kältegraden fällt es daher noch bedeutender aus.

Multipliziert man die Zahlen der Spalte 2, Tabelle B, mit der vorstehend ermittelten Zahl 5,7, so erhält man die Wärmeverluste durch Ventilation; diese Resultate sind in Spalte 4 zusammengestellt.

Von dem Wärmeverluste durch Ventilation ist noch für den Gesellschaftssaal die darin stündlich produzierte Wärmemenge mit 120 Wärmeeinheiten pro Kopf in Abzug zu bringen, also für 20 Personen mit 2400 Wärmeeinheiten.[1])

In Tabelle B, Spalte 5, endlich sind die Gesamtwärmeverluste sämtlicher zu heizenden Räume des Gebäudes enthalten.

Größe der Heizfläche.

Die Heizfläche des Kalorifère bestimmt sich aus der Summe der Gesamtwärmeverluste, d. h. aus der Luftmenge, welche der betreffende Heizapparat in der Stunde zu erwärmen hat. Die durchschnittliche Temperatur der den Räumen zugeführten Heizluft soll + 40° C. betragen, bei welcher Temperatur ein Kubikmeter Luft

$$1{,}132 \times 0{,}237 \times 40 = 10{,}7 \text{ Wärmeeinheiten}$$

enthält. Dividiert man den Gesamtwärmeverlust eines jeden Raumes durch die Zahl 10,7, so erhält man als Resultat die Kubikmeter Heizluft, welche demselben zugeführt werden muß. Diese Luftmengen sind in Spalte 6 der Tabelle B zusammengestellt und betragen

für Gruppe I . . .	3433,5 cbm
„ „ II . . .	3089 „

Beide Luftvolumina müssen sich im Maximum von — 20° auf + 40° erwärmen und demgemäß ausdehnen. Das Volumen bei + 40° ist bekannt und sei bezeichnet durch V_{40}, dasjenige bei — 20° kann man ableiten aus der Formel:

$$V(-20) = \frac{V_{40}}{1 + at},$$

worin t die Temperaturerhöhung und a den Ausdehnungs-Koeffizienten der Luft = 0,003665 bezeichnet. Hiernach ist:

$$V(-20) = \frac{3433{,}5 \text{ cbm}}{1 + 0{,}003665 \,.\, 60} = 2814 \text{ cbm für Gruppe I,}$$

$$V(-20) = \frac{3089 \text{ cbm}}{1 + 0{,}003665 \,.\, 60} = 2532 \text{ cbm für Gruppe II.}$$

Zur Erwärmung eines Kubikmeter Luft von — 20° Temperatur und 1,4 kg Gewicht auf + 40° C. sind erforderlich:

$$1{,}400 \times 0{,}237 \times 60 = 19{,}9 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Hiernach berechnet sich die Gesamtwärmeproduktion

für Gruppe I zu $2814 \times 19{,}9 = 55\,999$ Wärmeeinh.,
„ „ II „ $2532 \times 19{,}9 = 50\,386$ „

1) Hierzu die Tabellen A und B auf S. 118 bis 120.

1) Die Wärmeerzeugung durch Gasflammen ist nicht in Betracht gezogen. Der Verf.

Für kontinuierliche Heizung bei Tage und Unterbrechung bei Nacht sind diese Zahlen (vergl. S. 44) zu multiplizieren mit dem empirischen Koeffizienten 1,2, so daß die voraussichtlich höchste Gesamtwärmeproduktion betragen dürfte:

für den Kalorifère der Gruppe I = 67200 W.-Einh.,
„ „ „ „ „ II = 60463 „

Die stündlich durch einen Quadratmeter glatte, gußeiserne Heizfläche entwickelte Wärmemenge beträgt 2500 bis 3000 Wärmeeinheiten. Ein größerer Teil der Flächen des Apparates besteht jedoch aus gerippten Strahlungsflächen, welche vom Feuer nicht direkt berührt werden, auch sind horizontale Heizröhren nur mit einem Teile ihres Umfanges in Rechnung zu stellen: Wir wollen daher im Durchschnitt die Wärmeproduktion eines Quadratmeters Heizfläche nur zu 2000 Wärmeeinheiten annehmen. Danach sind erforderlich rot.:

für den Kalorifère I $\frac{67200}{2000}$ rot. = 34 qm Heizfläche.

„ „ „ II $\frac{60463}{2000}$ rot. = 30 qm Heizfläche.

Querschnitt der Heizkanäle.

Hierbei ist nur eine Ausströmungsgeschwindigkeit zu Grunde gelegt, wie sie etwa der mittleren Temperatur des Januar in Berlin bei einer Heizkammertemperatur von 60° C. entspricht.

Nach den im Gymnasium zu Rendsburg[1]) vorgenommenen anemometrischen Versuchen (welche mit den in § 44 durch Rechnung ermittelten Geschwindigkeiten nahezu übereinstimmen) beträgt die Ausströmungsgeschwindigkeit:

Für das Erdgeschoß im Mittel 1,2 bis 1,5 m in der Sekunde,
„ „ I. Stockwerk im Mittel 2,0 bis 2,38 m „ „ „
„ „ II. „ „ „ 2,2 bis 2,6 m „ „ „

Man erhält nun die Querschnitte der Heizkanäle in Quadratmetern, indem man das den Räumen zuzuführende Luftquantum dividiert durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeitdauer. Danach sind die in Tabelle B, Spalte 8, enthaltenen Querschnitte unter Zugrundelegung folgender Ausströmungsgeschwindigkeiten berechnet:

Im Erdgeschoß . . . . 1,2 m,
„ I. Stockwerk . . . . 2,0 m,
„ II. „ . . . . 2,5 m.

Für Zimmer Nr. 1 beträgt demnach der Querschnitt des Heizkanals:

$$\frac{387}{3600 \,.\, 1{,}2} = 0{,}089 \text{ qm}.$$

1) Diese Messungen sind bei + 2° äußerer Temperatur und für ähnliche Etagenhöhen vorgenommen worden. Der Verf.

Querschnitte der Ventilationskanäle.

Dieselben sind für die Minimal-Temperaturdifferenz von 8° C., wie solche zu Anfang und am Ende der Heizperiode stattfindet, nämlich für + 10 bis 12° Lufttemperatur im Freien und + 20° C. Zimmertemperatur zu berechnen. Schon bei dieser Differenz von 8° C. soll ein- bis zweimaliger Luftwechsel für die Wohn- und Schlafzimmer, und eine dreimalige Lufterneuerung für den Salon stattfinden. Da die theoretische Abzugsgeschwindigkeit der Ventilationsluft außer von der Temperaturdifferenz auch von der Höhe und Beschaffenheit der Abzugskanäle abhängt, so berechnet sie sich nach der Formel I, § 44

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

Die effektive Abzugsgeschwindigkeit ist nur $\frac{1}{2}$ der theoretischen.

Die Höhe der Kanäle beträgt vom Fußboden des Geschosses ab gerechnet:

für die Räume im Erdgeschoß . 16,16 m,
„ „ „ „ I. Stock . . 12,26 m,
„ „ „ „ II. „ . . 7,39 m.

Die wirklichen Abzugsgeschwindigkeiten bei T — t = 8° betragen demnach:

für das Erdgeschoß $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{16{,}16 \times 8}{293}} = 1{,}487$ m,

„ „ I. Stockw. $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{12{,}26 \times 8}{293}} = 1{,}279$ m,

„ „ II. Stockw. $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{7{,}39 \times 8}{293}} = 0{,}981$ m.

Hiernach erhält man unter Annahme eines ein- bis zweimaligen Luftwechsels in den Wohnräumen und einer dreimaligen Lufterneuerung im Salon folgende Querschnitte für die Räume von Gruppe I, wie sie in Spalte 9 zusammengestellt sind.

E	Für das Zimmer des Direktors .	$\frac{300}{1{,}49 \,.\, 3600}$	= 0,056 qm
E	„ „ Vorzimmer . . .	73 : (1,49 × 3600)	= 0,014 „
E	„ „ Privatlaboratorium	300 : (1,49 × 3600)	= 0,056 „
E	„ „ Treppenhaus . .	263 : (1,49 × 3600)	= 0,049 „
I	„ „ Arbeitszimmer . .	325 : (1,28 × 3600)	= 0,070 „
I	„ „ Vorzimmer . . .	100 : (1,28 × 3600)	= 0,021 „
I	„ „ Zimmer der Töchter	250 : (1,28 × 3600)	= 0,054 „
I	„ „ Salon (zur Hälfte)	426 : (1,28 × 3600)	= 0,092 „
II	„ „ Schlafzimmer . .	154 : (0,98 × 3600)	= 0,043 „
II	„ „ „	250 : (0,98 × 3600)	= 0,070 „
II	„ „ „	160 : (0,98 × 3600)	= 0,045 „
II	„ den disponiblen Raum	79 : (0,96 × 3600)	= 0,022 „

Bei der Ausführung sind vorstehende Querschnittsdimensionen — zum Teil des Mauerverbandes wegen — auf die Zahlen der Spalte 10 vergrößert worden.

Die Querschnitte für Gruppe II wurden in derselben Weise bestimmt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bestimmung des Kohlenverbrauches.

Bei einer Außentemperatur von — 1° C., welche 4° niedriger bleibt, als die mittlere Wintertemperatur von Berlin, beträgt der stündliche Wärmeverlust nur $\frac{21}{40}$ des oben berechneten Maximalbedarfes, also

für Gruppe I $\frac{67200 \times 21}{40} = 35280$ Wärme-Einh.

„ „ II $\frac{60463 \times 21}{40} = 31743$ „

zusammen 67023 Wärme-Einh.

Bei täglich 10stündiger Heizung resultiert also ein täglicher **mittlerer** Wärmebedarf von zusammen

$10 \times 67023 = 670000$ Wärme-Einh. rot.

Nun beträgt der theoretische Heizeffekt mittelguter Steinkohlen pro Kilogramm 6000 Wärmeeinheiten, wovon in Wirklichkeit nur nutzbar gemacht werden 67 Proz. oder rot. 4000 Wärmeeinheiten: der gesamte Kohlenverbrauch für sechs Heizmonate oder 180 Heiztage (Mitte Oktober bis Mitte April) berechnet sich daher pro Heizperiode auf

$$\frac{670000 \times 180}{4000} = 30150 \text{ kg} = \frac{30150}{75} = 400 \text{ hl.}$$

In praxi betrug der tägliche Kohlenverbrauch nach siebentägiger Beobachtung bei im Mittel 2,5° äußerer Temperatur für beide Kalorifères = 3 hl.

Die **Gesamtkosten der Heizungsanlage** betrug laut nachstehender Aufstellung 8730 Mark.

Der Kubikinhalt sämtlicher zu erwärmenden Räume beträgt nach Tabelle B, Kol. 1 rot. 1598 + 1252 = 2850 cbm; hiernach erforderten je 100 cbm zu heizender Raum einschließlich der Ventilationseinrichtungen

$$\frac{8730}{28{,}50} = 306 \text{ Mark Anlagekosten.}$$

Kosten der Heizanlage.

Nr.	Anzahl	Benennung der Gegenstände	Geldbetrag im einzelnen M	₰	im ganzen M	₰
		I. Erd- und Maurerarbeiten.				
1	—	Die Fundamente der beiden Heizapparate und				
2	12	lauf. Meter Kanal, letzterer 0,38 m in den Wangen stark mit ½ Stein starkem Gewölbe. Hierzu die Erde ausgehoben, das Fundament in angemessener Breite in Beton hergestellt, die Wangenmauern des Kanals mit Klinkern in Cement aufgeführt und überwölbt, auch das umgekehrte Gewölbe als Sohle desselben in Cement hergestellt und den Kanal abgedeckt.				
		Hierzu an Arbeitslohn zusammen	363	—		
		„ „ Material	960	—		
3	—	Sonstige Maurerarbeiten an den Stirnmauern der beiden Kammern, beim Vermauern der Reinigungskapseln und der Zuleitungen für warme Luft in die Steigekanäle, beim Einsetzen der sämtlichen Verschlußgitter, der Drossel- und Jalousieklappen und der Befestigung von Deflektoren auf den Ventilationsessen	840	—		
		Maurerarbeiten	—	—	2163	—
		II. Eisenteile und Geräte.				
4	2	Kalorifère von Reinhardt in Würzburg, mit 36 qm Heizfläche und Wasserverdunstungsgefäßen	3462	—		
5	2	Rauchrohre vom Heizapparate nach dem Schornsteine führend, von 30 cm lichter Weite, zusammen 4 m lang à 28 M	80	—		
6	2	Einschlupfthüren zu den Heizkammern à 21 M	42	—		
7	2	Satz große Schürgeräte à 36 M	72	—		
8	1	große Putzbürste	7	—		
9	2	eiserne Drehklappen mit Schlüssel für den kalten Kanal, à 1,20 breit, 0,90 m lang à 50 M	100	—		
10		Fracht und Aufstellungskosten (Montage)	650	—		
11	15	qm gußeiserne Gitter zum Verkleiden der Heiz- und Ventilations-Öffnungen à 36 M	540	—		
12	22	Drosselklappen verschiedener Größe zum Abschluß der Heizkanäle durchschnittlich à 12,5 M	297	—		
13		desgl. für die Ventilationskanäle	297	—		
14	50	Drehklappen für den Verschluß der unteren Ausströmungsöffnungen à 12 M	600	—		
15	28	Jalousieklappen mit Stellstange für die oberen Ventilationsöffnungen à 15 M	420	—		
			—	—	6567	—
		Gesamtkosten			8730	—

A. Berechnung der Wärmetransmission von den Räumen im Direktorialgebäude des „Physikalischen Institutes" zu Berlin.

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Dimensionen: Länge	Dimensionen: Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissionskoeffizient	Anzahl der W.-Einh.: im einzelnen	Anzahl der W.-Einh.: im ganzen
		Gruppe I.									
E.	1	Zimmer des Direktors	Frontwand abz. der Fenster	0,64	6,37	4,15	19,94	40°	0,82	654,03	
			2 Doppelfenster	—	2,60	2,50	6,50	40	1,54	400,40	
			Angebaute Wand	0,64	7,41	4,15	28,22	15	0,82	349,57	
			Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	15	2,60	93,47	
			Wand am Klosett	0,51	6,37	4,15	26,44	15	0,96	380,74	
			Teil der Wand am Korridor	0,64	3,00	4,15	7,95	8	0,82	52,15	
			Die Thür darin	—	1,50	3,00	4,50	8	2,60	93,60	
			Der Fußboden	—	6,37	7,41	47,20	15	0,39	276,12	
			Die gestakte Decke	—	6,37	7,41	47,20	5	0,54	127,44	
											2427,52
E.	2	Vorzimmer	Frontwand abz. 2 Fenster	0,64	2,70	4,15	7,7	40	0,82	231,90	
			2 Doppelfenster	—	1,80	2,30	4,14	40	1,54	255,02	
			Korridorwand	0,25	2,70	4,15	8,68	8	1,55	107,63	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	4,40	2,70	11,88	15	0,39	69,50	
			Decke (gestakt)	—	4,40	2,70	11,88	5	0,54	32,08	
											748,75
E.	3	Privatlaboratorium	2 Frontwände abz. 3 Fenster	0,64	6,37 / 5,98	4,15	41,50	40	0,82	1361,20	
			3 Fenster	—	3,90	2,50	9,75	40	1,54	600,60	
			Wand an der Garderobe	0,51	6,37	4,15	26,44	15	0,96	380,74	
			Wand am Korridor	0,64	2,00	4,15	8,30	8	0,82	54,45	
			Fußboden	—	6,37	5,98	38,09	15	0,39	222,83	
			Decke (gestakt)	—	6,37	5,98	38,09	5	0,54	102,84	
											2722,66
E.	4	Treppenhaus	Frontwand abz. 2 Fenster	0,51	3,10	13,20	28,68	30	0,82	705,53	
			2 einfache Fenster	—	3,60	3,40	12,24	30	3,00	1101,60	
			2 Wangenmauern	0,38	14,00	13,20	184,80	5	1,12	1034,88	
			kalter Fußboden	—	3,10	7,00	21,70	15	0,39	126,95	
			kalte Decke	—	3,10	7,00	21,70	25	0,54	292,95	
											3261,91
I.	5	Arbeitszimmer	Frontwand abz. 2 Fenster	0,64	6,37	4,60	20,02	40	0,82	656,66	
			2 Doppelfenster	—	2,90	3,20	9,28	40	1,54	571,65	
			Wand angebaut	0,64	7,41	4,60	31,56	15	0,82	388,19	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	15	2,60	98,67	
			Wand am Klosett	0,51	6,37	4,60	29,30	15	0,96	421,92	
			Wand am Korridor	0,64	3,00	4,60	11,27	8	0,82	73,93	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,37	7,41	47,20	4	0,39	73,63	
			Decke (gestakt)	—	6,37	7,41	47,20	5	0,54	127,44	
											2464,71
I.	6	Vorzimmer	Erkerwand abz. 2 Fenster	0,51	3,70	4,60	9,06	40	0,96	347,90	
			2 Fenster	—	1,80	3,20	7,96	40	1,54	490,34	
			2 desgl.	—	1,00	2,20					
			Einfache Glaswand	—	2,70	3,80	10,26	8	3,00	246,24	
				—	2,70	0,80	2,16	8	2,60	44,93	
			Fußboden	—	5,20	2,70	14,04	4	0,39	21,90	
			Decke (gestakt)	—	5,20	2,70	14,04	5	0,54	37,91	
											1189,22
I.	7	Zimmer der Töchter	2 Frontwände abz. 2 Fenster	0,64	6,37 / 5,98	4,60	42,89	40	0,82	1406,79	
			3 Doppelfenster	—	4,35	3,20	13,92	40	1,54	857,47	
			Wandteil am Korridor	0,64	2,20	4,60	7,59	8	0,82	49,79	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,37	5,98	38,09	4	0,39	59,42	
			Decke (gestakt)	—	6,37	5,98	38,09	5	0,54	102,84	
											2528,93
										Seitenbetrag	15343,70

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Dimensionen: Länge	Dimensionen: Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissions-Koeffizient	Anzahl der W.-Einh.: im einzelnen	Anzahl der W.-Einh.: im ganzen
										Übertrag: . .	15343,70
I.	8	Salon	Frontwand abz. 4 Fenster . .	0,64	7,20	4,60	23,84	40°	0,82	781,95	
				0,51	3,54	4,60	8,32	40	0,96	319,49	
			4 Fenster	—	4,70	3,20	17,24	40	1,54	1061,98	
			2 Fenster	—	1,00	2,20					
			Korridorwand	0,64	9,74	4,60	35,50	8	0,82	232,88	
			2 Thüren darin	—	3,10	3,00	9,30	8	2,60	193,44	
			Fußboden	—	9,74	6,37	62,04	4	0,39	96,78	
			Decke (gestakt)	—	9,74	6,37	62,04	5	0,54	167,51	
										2854,03	
							hiervon ½ für Gruppe I = ...				1427,01
II.	9	Eckschlafzimmer	2 Frontwände abz. 4 Fenster .	0,51	6,43	3,65	35,52	40°	0,96	1363,97	
					6,04						
			4 Fenster	—	4,00	2,50	10,00	40	1,54	616,00	
			Korridorwand	0,64	2,00	3,65	4,77	8	0,82	31,29	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,43	6,04	38,84	4	0,39	60,59	
			Decke (gestakt)	—	6,43	6,04	38,84	35	0,54	734,08	
											2858,55
II.	10 u. 11	Schlafzimmer	Frontwand abz. 3 Fenster . .	0,51	3,08	3,65	15,93	40	0,96	611,71	
					3,34						
			3 Fenster	—	3,00	2,50	7,50	40	1,54	462,00	
			Korridorwand	0,64	6,42	3,65	18,37	8	0,82	120,51	
			2 Thüren darin	—	2,20	2,30	5,06	8	2,60	105,25	
			Fußboden	—	6,42	6,43	41,28	4	0,39	64,40	
			Decke (gestakt)	—	6,42	6,43	41,28	35	0,54	780,19	
											2144,06
II.	12	Disponibler Raum	. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1035,00
										Summa: Gruppe I	22808,32
		Gruppe II.									
E.	13	Dienerzimmer	Wie Gruppe I Nr. 3.	—	—	—	—	—	—	—	2722,66
E.	14	do.	Frontwand abz. Fenster . . .	0,64	2,81	4,15	8,41	40	0,82	275,85	
			1 Fenster	—	1,30	2,50	3,25	40	1,54	200,20	
			Wand am Vestibul	0,38	6,37	4,15	23,91	20	1,12	535,58	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	20	2,60	131,56	
			Wand am Korridor	0,64	2,81	4,15	9,13	10	0,82	74,87	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	10	2,60	65,78	
			Fußboden	—	6,37	2,81	17,90	15	0,39	104,72	
			Decke (gestakt)	—	6,37	2,81	17,90	5	0,54	48,33	
											1436,89
I.	15	Salon	Wie Gruppe I Nr. 8.	—	—	—	—	—	—	—	1427,01
I.	16	Zimmer der Frau	Wie Gruppe I Nr. 7.	—	—	—	—	—	—	—	2528,93
I.	17	Blumenzimmer	Wie Gruppe I Nr. 6.	—	—	—	—	—	—	—	1189,22
I.	18	Speisezimmer	2 Frontwände abz. 2 Fenster .	0,64	6,37	4,60	36,58	40	0,82	1199,82	
					3,60						
			2 Fenster	—	2,90	3,20	9,28	40	1,54	571,65	
			Erkerwand abz. 3 Fenster . .	0,51	5,50	4,60	15,70	40	0,96	602,88	
			3 Fenster	—	3,00	3,20	9,60	40	1,54	591,36	
			Wand an der Treppe	—	6,37	4,60	27,00	10	1,12	302,40	
			1 Thür darin	—	1,00	2,30	2,30	10	2,60	59,80	
			Wand am Korridor	0,64	2,75	4,60	8,15	8	0,82	53,46	
			1 Thür darin	—	1,50	3,00	4,50	8	2,60	93,60	
			Fußboden	—	6,37	6,85	43,63	4	0,39	68,06	
			Decke	—	6,37	6,85	43,63	5	0,54	117,80	
			Fußboden im Erker	—	—	—	7,07	4	0,39	11,03	
			kalte Decke daselbst	—	—	—	7,07	35	0,54	133,62	
											3805,43
II.	19	Schlafzimmer	Frontwand abz. Fenster . . .	0,51	3,08	3,65	8,74	40	0,96	335,62	
			1 Fenster	—	1,00	2,50	2,50	40	1,54	154,00	
			Korridorwand	—	3,08	3,65	8,71	8	0,82	57,14	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	3,08	6,43	19,80	4	0,39	30,89	
			Decke	—	3,08	6,43	19,80	35	0,54	374,22	
											1004,49
										Gruppe II Seitenbetrag	14114,63

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Dimensionen: Länge	Dimensionen: Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissionskoeffizient	Anzahl der W.-Einh.: im einzelnen	Anzahl der W.-Einh.: im ganzen
										Übertrag: . .	14114,63
II.	20	Schlafzimmer	Wie Gruppe 1 Nr. 9	—	—	—	—	—	—	—	2858,55
II.	21	Schlafzimmer	Frontwände abz. 5 Fenster . .	0,51	{6,93 / 6,43}	3,65	36,26	40°	0,96	1392,38	
			5 Fenster	—	5,00	2,50	12,50	40	1,54	770,00	
			Wand am Badezimmer . . .	—	6,43	3,65	21,27	10	1,12	238,22	
			1 Thür darin	—	1,00	2,20	2,20	10	2,60	57,20	
			Korridorwand	—	2,75	3,65	10,04	8	0,82	65,86	
			Fußboden	—	6,93	6,43	44,56	4	0,39	69,51	
			Decke	—	6,93	6,43	44,56	35	0,54	842,18	3435,35
II.	22	Ankleidezimmer	Frontwand abz. 2 Fenster . .	0,51	2,70	3,65	4,86	40	0,96	186,62	
			2 Fenster	—	2,00	2,50	5,00	40	1,54	308,00	
			Korridorwand	0,25	2,70	3,65	7,33	8	1,54	90,31	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	2,70	3,97	10,72	4	0,39	16,72	
			Decke	—	2,70	3,97	10,72	35	0,54	202,61	856,88
										Summa: Gruppe II	21265,41

B. Übersicht des Gesamt-Wärmeverlustes.

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Rauminhalt cbm	Evakuierte Luftmenge cbm	Wärmeverlust: Transmission in der Stunde	Wärmeverlust: Ventilation in der Stunde	Gesamt-Wärmeverlust W.-Einh.	cbm Heizluft	Querschnitt der Heizkanäle qm	Querschnitt der Ventilationskanäle: berechnet qm	Querschnitt der Ventilationskanäle: ausgeführt qm
		Gruppe I.									
E.	1	Direktorzimmer . . .	196	300	2428	1710	4138	386,7	0,089	0,056	0,16
E.	2	Vorzimmer	49	73	749	279	1028	96,0	0,022	0,014	0,04
E.	3	Privatlaboratorium . .	158	300	2723	1710	4433	414,3	0,095	0,056	0,21
E.	4	Treppenhaus	263	263	3262	1499	4761	444,9	0,127	0,049	0,076
I.	5	Arbeitszimmer	217	325	2465	1852	4317	403,4	0,056	0,070	0,15
I.	6	Vorzimmer	64	100	1189	570	1759	164,3	0,023	0,021	0,04
I.	7	Zimmer der Töchter . .	175	250	2529	1425	3954	369,5	0,051	0,054	0,18
I.	8	Salon ½	142	426	1427	2428—1200	2655	248,1	0,034	0,093	0,14
II.	9	Schlafzimmer	142	250	2859	1425	4284	400,2	0,044	0,070	0,13
II.	10	„	73	154	1004	878	1882	175,8	0,018	0,043	0,05
II.	11	„	79	160	1140	912	2051	191,6	0,021	0,045	0,05
II.	12	Disponibler Raum . .	40	79	1035	450	1485	138,7	0,015	0,022	0,06
			1598				36747	3433,5			
		Gruppe II.									
E.	13	Dienerzimmer	158	300	2723	1710	4433	414,3	0,095	0,056	0,19
E.	14	„	74	154	1437	878	2315	216,3	0,050	0,043	0,13
I.	15	Salon ½	142	426	1427	2428—1200	2655	248,1	0,034	0,093	0,14
I.	16	Zimmer der Frau . .	175	250	2529	1425	3954	369,5	0,051	0,054	0,18
I.	17	Blumenzimmer	64	100	1189	570	1759	164,3	0,023	0,021	0,04
I.	18	Speisezimmer	223	450	3805	2565—1200	5170	483,1	0,067	0,097	0,16
II.	19	Schlafzimmer	72	154	1004	878	1882	175,8	0,018	0,043	0,055
II.	20	„	142	250	2859	1425	4284	400,2	0,044	0,070	0,13
II.	21	„	163	328	3435	1870	5305	495,8	0,955	0,061	0,098
II.	22	Ankleidezimmer . . .	39	78	857	445	1302	121,7	0,013	0,022	0,060
			1252				33059	3089,1			

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 48.

Heizungs- und Ventilationsanlage der Volksschule am Albanithor in Göttingen.

Auf Tafel 26 u. 27 sind die Grundrisse des Kellers und der drei zu heizenden Geschosse dargestellt. Die Schulanstalt ist für Knaben und Mädchen bestimmt, daher die Grundrißanlage eine nahezu symmetrische. Zum Verständnis derselben wird die Zeichnung je einer Etagenhälfte genügen.

Jede der Gebäudehälften wird durch einen Apparat beheizt, und für jede der beiden Heizkammern ist ein besonderer Luftzuführungskanal angeordnet. Dieser steht mit zwei, an entgegengesetzten Seiten liegenden Luftkammern in Verbindung, in denen Filtervorrichtungen angebracht sind; bei eintretendem Winde kann dann unabhängig von der äußeren Luftströmung ventiliert werden.

Tafel 28 stellt den Durchschnitt des Schulgebäudes nach der Linie A—B im Grundriß dar. Die Bewegung und Verteilung der Ströme warmer und kalter Luft in den Leitungskanälen ist durch Farben charakterisiert, welche mit den Farben der Grundrisse korrespondieren. In Tafel 28 bedeutet:

a die Heizklappe, b die Doppelklappe, c die Ventilationsklappe und d die Mischklappe.

Der Cirkulationskanal wird vom Ventilationskanal durch die früher beschriebene Doppelklappe (Fig. 158) geschieden. Ist sie gehoben, so ist der Weg zum Cirkulationskanal offen; ist sie gesenkt, so tritt der Ventilationskanal in Funktion.

I. Anheizung der Zimmer. Die Klappen stehen folgendermaßen:

die Klappe des Zuführungskanales im Keller ist geschlossen,
die Heizklappe a geöffnet,
die Doppelklappe b gehoben,
die Ventilationsklappen c und c′ sind geschlossen.

Vorstehende Klappenstellung bewirkt, daß die in der Heizkammer erwärmte Luft durch die Heizkanäle nach den Zimmern geführt wird. Die in den Zimmern befindliche kalte Luft geht dagegen im Cirkulationskanal abwärts nach der Heizkammer, erwärmt sich an den Apparaten und steigt wiederum durch den Heizkanal nach den Zimmern auf.

Anm. Bei dieser Klappenstellung sind die Zimmer leicht und mit Brennmaterial-Ersparnis auf 18—20° C. zu bringen.

II. Heizung mit Ventilation. Die Klappen stehen wie folgt:

Klappe im kalten Luftkanal geöffnet,
Heizklappe a geöffnet,
Doppelklappe b gesenkt,
Ventilationsklappe c und c′ geschlossen.

Bei dieser Stellung wird der Heizkammer frische Luft von außen durch den Luftkanal zugeführt, sie erwärmt sich am Apparat, steigt in den Heizkanal aufwärts nach den Zimmern und verdrängt die verdorbene Zimmerluft durch den Ventilationskanal in den Dachraum und durch die Ventilationsessen im First ins Freie.

Steigt die Temperatur während des Unterrichtes auf 20 bis 21° C., so tritt die Mischklappe in Thätigkeit, d. h. es steigt kalte Luft aus dem Mischkanal in den Heizkanal und mindert die Temperatur der Heizluft entsprechend herab.

III. Frühjahrs- und Herbstventilation (ohne Heizung).

Bei äußerer Lufttemperatur von 14 bis 15° C. ist folgende Klappenstellung anzuwenden:

die Klappe des Zuführungskanales wird geöffnet,
die Klappe a geöffnet,
Klappe c und c′ geschlossen,
die Doppelklappe b gesenkt.

Bei solcher Stellung tritt frische atmosphärische Luft von der Kammer in die Zimmer und die verbrauchte Luft entweicht durch den Ventilationskanal.

IV. An heißen Sommertagen endlich wird
die Doppelklappe b gehoben,
Klappe a geöffnet, auch c und c′ geöffnet;

nunmehr tritt die frische Luft durch die Öffnung bei a und unterhalb b ein, während die verbrauchte Luft durch c und c′ entweicht.

Um die Heizfläche des Apparates festzustellen, würde wie bei dem vorhergehenden Beispiel zu bestimmen sein.

W_a der Maximalwärmeverlust durch Transmission,
W_v der Wärmeverlust durch Ventilation.

Von dem inzwischen verstorbenen Konstrukteur Kelling wurde nach Grundlage analoger Ausführungen angenommen, daß $W_v = 1{,}6\ W_a$ sei und demnach der Gesamtwärmeverlust $\Sigma\ W_a + W_v = 2{,}6\ W_a$ Wärmeeinheiten.

Erfahrungsmäßig soll ein Quadratmeter Heizfläche des Kelling'schen Apparates stündlich bis 3000 Wärmeeinheiten erzeugen: die Gesamtheizfläche findet man daher empirisch durch die Formel

$$F = \frac{2{,}6\ W_a}{3000}.$$

Die Heizfläche des detailliert dargestellten Apparates wird zu 30 qm angegeben, wobei die mit Chamotteausfutterung versehenen Heizflächen und der Rauchkasten nur mit der halben äußeren Fläche in Ansatz gebracht sind.

Die Heizkanäle haben folgende Abmessungen:

im Erdgeschoß 0,38 × 0,60
„ I. Stockwerk 0,38 × 0,40
„ II. „ 0,38 × 0,40.[1])

Beheizungskosten. Für Klassengrößen von 8,5 m Länge, 6,25 m Tiefe und 4 m Höhe werden täglich bei achtstündigem Betriebe der Ventilation ein Drittel Hektoliter Mischkohle (halb Braun-, halb Steinkohle) verbraucht. Die Zeit zum Anheizen beträgt bei einer Außentemperatur von 0° C. zwei Stunden und nach Unterbrechungen — z. B. Montags — mehr.

§ 49.
Kanalheizung.

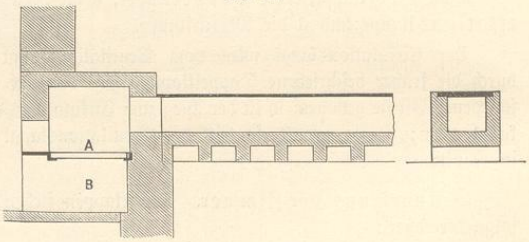
Diese Heizmethode war schon bei den Römern der Kaiserzeit, namentlich zur Erwärmung in den Thermen, gebräuchlich, und die Chinesen verwenden sie noch heute mit Vorliebe, da sie meist Räume zu ebener Erde bewohnen. Für unsere Verhältnisse findet die Kanalheizung da Anwendung, wo man die Verbrennungsgase in Kanälen oder Röhren unter oder über dem Fußboden cirkulieren lassen kann, so daß sich an dem einen Ende der Kanäle der Feuerherd, an dem anderen der Schornstein befindet. Hierbei wird das Brennmaterial in einem Ofen verbrannt, dessen Rost in angemessener Tiefe unter dem Fußboden des zu heizenden Raumes sich befindet; ersterer wird von einem zu diesem Zweck angelegten, überwölbten Heizraume aus bedient. Die Verbrennungsprodukte strömen nun vom Feuerraume aus in den sogenannten Feuergängen mit geringer Steigung nach dem Schornstein, wobei die aus dem Brennmaterial aufgenommene Wärme durch die erhitzten Wandungen der Feuergänge an die Luft des zu heizenden Lokales direkt übertragen wird. — Hiernach kann die Kanalheizung wegen der Art der Wärmeübertragung zu den Lokalheizungen, wegen Anlage und Konstruktion des Feuerherdes zu den Centralheizungen gerechnet werden. Bei den neueren Kanalheizungen ist stets eine Luftheizkammer zugefügt, welche den Feuerraum umschließt und vor Abkühlung schützt. Da die kalte Luft vom Fußboden des Lokales in Kanälen abwärts zur Heizkammer und erwärmt in dasselbe zurückgeleitet wird, findet Cirkulation statt, wie wir dieselbe bei der Luftheizung kennen gelernt haben. Dieser Umstand rechtfertigt die Besprechung der Kanalheizungen an dieser Stelle, d. h. nach den Luftheizungsanlagen.

Mit Rücksicht auf Feuersgefahr sind Fußböden von Holz ausgeschlossen und deshalb findet in Wohnhäusern mit Balkendecken die Kanalheizung nicht leicht Anwendung: Dagegen wird sie mit Vorteil zur Erwärmung von Treibhäusern, Orangeriegebäuden, Trockenräumen, Werkstätten und vielfach auch zur Heizung von Kirchen gebraucht. Denn auch vorhandene Kirchengebäude lassen sich ohne nennenswerte Schwierigkeiten mit Bodenheizung versehen (vergl. Tafel 31 u. 32).

Bei kleineren und einfacheren Anlagen, namentlich in Gewächshäusern, werden die Feuergänge oder Kanäle aus Mauersteinen oder aus Kacheln hergestellt. Im ersteren Falle macht man die Höhe des Feuerganges nicht geringer als 25 cm und seine Weite gleich der Höhe. Die Sohle des Kanales besteht aus flachen Mauersteinen und ruht auf Steinunterlagen, wodurch Heizfläche gewonnen wird. Die Seitenwände werden aus hochkantig gestellten Mauersteinen hergestellt, die Decke aus doppelten Dachsteinen in Lehmmörtel.

Kanäle aus Kacheln erhalten eine Höhe im Lichten gleich der Kachelhöhe (23 cm); die Kacheln werden mit Dachsteinen ausgefuttert und zwei benachbarte mit Klammern geankert. Zur Abdeckung verwendet man die Spiegel der Kacheln, besser geformte Thonplatten oder gußeiserne Falzplatten (Fig. 150).

Fig. 150.



Besonderes Grundmauerwerk ist für die Feuergänge nicht nötig, vielmehr genügt ein Pflaster von Ziegeln über einer gut gestampften Erdschüttung.

Länge der Feuergänge. Wenn deren Querschnitt nicht unter 450—500 qcm beträgt, kann ihre Länge bis zu 36 und 40 m ausgedehnt werden, wobei man ihnen — zur Erzielung guten Zuges — eine Steigung von mindestens 1 : 50 geben soll. Die Höhe des Schornsteines macht man erfahrungsmäßig nicht unter ein Drittel der Länge der Züge. Müssen die Feuerzüge größere Länge erhalten oder kann man ihnen nicht genügende Steigung geben, so bringe man ein sogenanntes Lockfeuer an, d. h. man lege nahe der Einmündung des Kanales in den Schornstein einen Rost an und entzünde auf diesem ein Feuer, wodurch im Schornsteine Luftverdünnung, also eine aufwärts gehende Luftströmung hervorgerufen und in diese die kalte, stagnierende Kanalluft hineingezogen wird.

1) Wegen der kalten Decken im II. Stockwerk sind die Kanalquerschnitte gleich denjenigen des I. Stockwerkes ausgeführt, obwohl sie theoretisch kleinere Abmessungen erhalten könnten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eine derartige Feuerung wurde im **Orangerieschlosse zu Kassel** durch den Rektor W. Meyer ausgeführt.[1] Diese Einrichtung ist nachstehend in Fig. 151 u. 152 im Grundriß und in zwei Durchschnitten dargestellt. Wegen

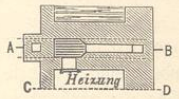
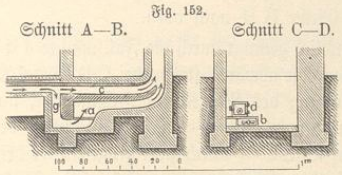


Fig. 151.

Fig. 152.



des hohen Grundwasserstandes konnten die Kanäle pro laufendes Meter nur 8 mm Steigung erhalten, und ist daher folgende Einrichtung getroffen. Sobald auf dem Roste a das Lockfeuer entzündet ist, wird die Kanalzunge über dem Roste und dadurch die Luft im Kanal c erwärmt und zum Aufsteigen in den Schornstein genötigt.

Ist das Feuer auf dem Roste gehörig in Brand, so wird der Zug im Kanal durch Schließen des Aschenloches b noch vermehrt, weil das Lockfeuer die für den Verbrennungsprozeß erforderliche Luftmenge aus dem Kanal c, nämlich durch den Verbindungskanal g bezieht. Wird endlich das Lockfeuer gleichzeitig mit dem Hauptfeuer unterhalten, so gelangen die Feuergase zur vollständigen Verbrennung.

Statt gemauerter Kanäle verwendet man in neuerer Zeit Kanalheizungen mit runden oder ovalen Röhren von gebranntem Thon oder Eisen. Diese sind mit Muffenverbindung versehen und die Dichtung der Muffe wird durch eine Mischung von gleichen Teilen Thon und Chamottemehl bewirkt. Die Rohre erhalten eine geringe Steigung nach dem Schornstein hin und werden auf massive Unterlagen so verlegt, daß die Längenausdehnung des Röhrenzuges frei erfolgen kann. Zum Zweck der Reinigung versieht man sie mit Deckeln, welche gewöhnlich in Lehm gedichtet werden.

Der Feuerraum ist bei einfacheren Anlagen aus Ziegeln in Lehmmörtel aufgeführt, wie in Fig. 150, mit Rost A und Aschenfall B versehen und dann entweder einen halben Stein stark mit feuerfesten Steinen überwölbt oder zwischen Eisenschienen mit Chamotteplatten abgedeckt. In anderen Fällen ist der Feuerraum aus eisernen Platten verschraubt und mit feuerfesten Steinen ausgefuttert; seine Länge schwankt zwischen 0,75 und 1 m bei 0,5 bis 0,6 m Breite und 0,70 bis 0,75 m Höhe. — Ist die Anlage der Heizung von größerer Ausdehnung, so erhalten Feuerraum und Kanäle entsprechend größere Dimensionen. Den Heizröhren giebt man dann häufig bedeutenden Durchmesser bei großer Länge[1] des Feuerganges. Derartige Schutzkanäle werden in den Wandungen mindestens einen halben Stein stark ausgeführt, auch von dem umgebenden Erdreich durch Isolierwände getrennt, d. h. vor Wärmeverlust geschützt. Liegen die Kanäle über der Erde, so fällt diese Vorsichtsmaßregel fort.

Als Beispiel geben wir die Heizanlage der Kirche zu Templin (Regierungsbezirk Potsdam). Dieselbe ist auf Tafel 31 im Grundriß und auf Tafel 32 im Längenschnitt dargestellt. Die Ausführung wurde der Fabrik von **Remy & Reifenrath zu Herborn** in Hessen-Nassau nach deren Entwurf übertragen und die Anlage hat sich durchaus bewährt.

Der zu erwärmende Kirchenraum hat eine Lichtweite von 22,2 m und bis zum Schluß des Chorpolygons 36,6 m Länge. Das Mittelschiff ist 17 m hoch; die Decke des Seitenschiffes liegt circa 0,30 m tiefer als diejenige des Mittelschiffes. Zwecks Herrichtung eines Heizraumes wurde der nördliche Chorumgang unterkellert und mit einer äußeren Eingangsthür versehen. Dieser Vorraum ist im Lichten 2,5 m hoch; der eigentliche Heizraum liegt noch fünf Stufen tiefer, so daß vom Pflaster des Heizraumes bis zum Kirchenpflaster 4 m Höhe absorbiert sind.

Der Heizapparat ist für Coaksfeuerung hergerichtet und zu dem Zwecke mit doppelten ovalen Fülltrichtern v v versehen, welche die gußeiserne Stirnwand durchdringen. In dieser Wand befindet sich auch eine Reinigungskapsel mit Thürverschluß, eine drehbare Schlackenthür und die zweiflügelige Aschenfallthür. Mit der gußeisernen 2 cm dicken Stirnwand ist ein 80 cm über dem Pflaster liegender gußeiserner Rahmen, welcher die Sohlplatte vertritt und zur Aufnahme der Roststäbe dient, verschraubt; sein hinteres Ende ruht auf der massiven Stützwand der Feuerbrücke. Rechtwinkelig zur Stirnwand setzen die gußeisernen Seitenplatten an, sind mit derselben fest verschraubt und falzähnlich verbunden. Endlich schließt die schräg ansteigende eiserne Rückwand den Feuerraum ab.

Um das Erglühen der Eisenplatten zu vermeiden, ist der Feuerraum 12 cm stark mit Chamottesteinen ausgefuttert und mit einem dergleichen Gewölbe nach der Korblinie

1) Katalog der Spezialausstellung zu Kassel.

1) In dem Werkstattgebäude der Aktiengesellschaft für Holzarbeit zu Berlin ist von dem Heizofen aus ein 0,60 m weites gußeisernes Rohr in einem Kanal unter dem Fußboden in gerader Linie durch die Werkstatt in den Schornstein geführt; seine Länge beträgt circa 70 m. Die vom Brennmaterial entwickelte Wärme steigt von dem im Kanal frei aufgehängten Rohre durch die gußeiserne, gitterartige Kanalbedeckung in den Werkstattraum ein.

überdeckt. Für gehörige Verankerung der Seitenplatten und der Stirnwand ist Sorge getragen.

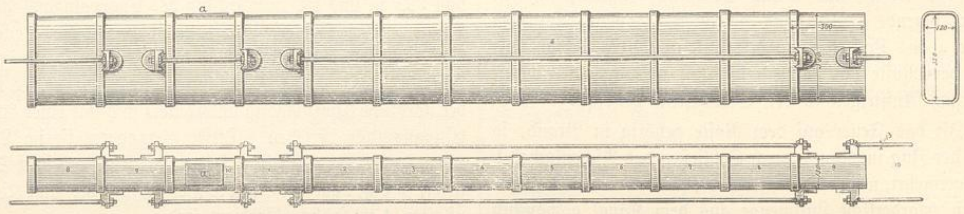
Infolge der hohen Anordnung des Feuerraumes — der Scheitel des Gewölbes liegt 1,78 m über dem Rost — wird hohe Schichtung des Brennmateriales ermöglicht und das Bersten des Gewölbes vermieden. Dicht unter dem Gewölbescheitel spalten sich die Feuergase und treten bei z im Grundriß in einen mittleren und zwei seitliche massive Feuergänge von je 1500 qcm Querschnitt ein. Die 12 cm starken Wandungen dieser Kanäle sind auf 5 m Länge in Chamotte hergestellt, doch dürften (wegen der starken Wirkung der Stichflamme) ein Stein starke Wandung hier nicht unpassend sein. Der übrige Teil des gemauerten Kanales ist in gewöhlichen Ziegeln hergestellt und erst in 10 m Abstand vom Feuerraume beginnt der eiserne Röhrenstrang.

gelangt in den Bereich der eisernen Heizröhren (Tafel 32, Fig. 2), und — nachdem sie sich an deren Wandungen erwärmt hat — strömt sie durch die Gitterplatten, mit denen der Kanal überdeckt ist, aus. In ähnlicher Weise werden die beiden Luftausströmungsöffnungen c c an der Nord- und Südfront benutzt.

2) Die vergitterten Öffnungen b b im Chor (Tafel 31) führen die kalte Luft vom Fußboden abwärts in den Isolierraum des Kanales (Tafel 31, Fig. 6); erwärmt strömt sie durch die Gitter H H nach oben.

3) Endlich gelangt durch die Fallschächte d d am Chor ein Teil der Luft abwärts, strömt bei C D (Tafel 32, Fig. 1) in der Richtung des Pfeiles zur Heizkammer, nimmt dort Wärme auf und tritt — in der Richtung des oberen Pfeiles aufsteigend — durch zwei große Gitter bei E und F erwärmt in den Kirchenraum zurück. Die Sakristei an

Fig. 153.



Diese Rohre sind oblong im Querschnitt, schwach in den Wandungen und werden nur in Längen von 28 cm gegossen. Jedes zehnte Rohr ist ein Reinigungsrohr, d. h. mit Öffnung und Reinigungsdeckel a versehen. Jedes System von neun Rohren wird in nebenstehender Art in der Längsrichtung durch Schraubenbolzen zusammengehalten, um die Rohrstränge gegen die deformierende Wirkung einer starken und andauernden Erhitzung zu sichern.

Die Konstruktion der Feuergänge ist auf Tafel 31 in Fig. 2 bis 6 detailliert dargestellt.

Die größte Länge der seitlichen Feuergänge beträgt 40 m (bis zur Einmündung in den Schornstein): Letzterer ist an der Nordostecke aus dem alten Mauerwerk des Turmes ausgestemmt worden; er hat 38/48 cm Lichtweite und 29 m Höhe, d. h. etwa drei Viertel der Länge der Feuerkanäle zur Höhe erhalten. Zur Erwärmung desselben bei Beginn der Heizung dient der neben dem Schornsteine errichtete Lockherd.

Die Erwärmung der Kirche geschieht in folgender Weise:

1) Unterhalb der Sitzbänke sind (vergl. Tafel 31) alternierend zu beiden Seiten der Feuergänge quadratische Öffnungen a a von 0,25 m Lichtweite im Fußboden angelegt. Durch diese sinkt die kalte Luft abwärts, der Nordseite wird auf ähnliche Weise erwärmt. Die Richtung der ab- und zuströmenden Luft ist auch hier durch Pfeile angedeutet.

Der garantierte Effekt nämlich: in der Kirche eine Temperatur von + 10° R. selbst bei starker Kälte herzustellen, wurde mit verhältnismäßig nicht zu hohem Brennmaterialverbrauch erreicht. Es wurden gebraucht für jede Heizung 1,5 bis 2 hl Coaks.

Ein anschauliches Bild der Temperaturverhältnisse giebt der Verlauf einer nach demselben System hergerichteten Kirchenbeheizung.

Beim Beginn der Heizung, am Sonntag früh 4 Uhr, betrug die äußere Temperatur — 5° R., die innere Temperatur + 3° R. Schluß der Heizung: 9 Uhr morgens.

Früh 4 Uhr		5 Uhr	6 Uhr	7 Uhr	8 Uhr	9 Uhr	Zeitaufwand
Temperat. der Kirche	3° R.	$4^3/_4$°	$7^3/_4$°	$9^1/_4$°	$10^1/_2$°	12° R.	5 Stunden
Temp.-Zunahme		$1^3/_4$°	3°	$1^1/_2$°	$1^1/_4$°	$1^1/_2$° R.	

Temperatur der Luftschichten (früh 9 Uhr).

1,55 m über dem Fußboden der Kirche + 12° R.
1,25 m „ „ „ „ „ + 11½° R.
Am Podium der Kirchenstühle . . . . 11¼° R.
Zweite Empore . . . . . 10¾° R.

Über Nachhaltigkeit der Wärme geben folgende Zahlen Aufschluß:

Sonntag 9 Uhr früh	4 Uhr Nachmittag	Montag 9 Uhr Vormittag
+ 12° R.	+ 10° R.	+ 7° R.

Bestimmung der Heizfläche bei Kanalheizungen.

Bisher sind von den Konstrukteuren nur empirische Sätze zu Grunde gelegt worden, da es in der That schwierig ist, Formeln zum allgemeinen Gebrauch aufzustellen. In der Regel ist zuvörderst zu entscheiden, ob die Kirche nach Maßgabe ihrer Dimensionen durch ein oder zwei Systeme geheizt werden soll, d. h. ein oder zwei Öfen nötig werden, welche dann zu den entgegengesetzten Seiten der Kirchen anzubringen sind.

Da die eisernen Heizröhren nur in die Gänge der Kirche gelegt werden können, muß man dahin streben, einen Überschuß an Heizfläche zu erhalten, schon deshalb, weil diese Heizung nur mit wöchentlicher Intermittenz erfolgt und die Erwärmung gewöhnlich in 6 bis 8 Stunden bewirkt werden muß.

Als Wärme abgebende Heizflächen sind nur der Heizofen und die eisernen Heizröhren zu betrachten, da die gemauerten Kanäle gewöhnlich nur als geschlossene Leitungskanäle für die Verbrennungsprodukte dienen. In unserem Beispiele sind dieselben ummantelt und daher als massive Heizflächen in Betracht zu ziehen. Erfahrungsmäßig sind zu rechnen:

auf 100 cbm Raum 0,20 bis 0,37 qm Fläche des Heizofens,
„ 100 „ „ 0,66 bis 0,93 „ „ der gußeisernen Röhren; die niedrigeren Zahlen stellen Resultate aus den größten Kirchen dar. — Ein laufendes Meter Heizrohr von ovalem Querschnitt hat rot. = 0,90 qm Heizfläche.

Für ältere Kirchen wird eine eigentliche Transmissionsberechnung nie aufgestellt, weil die Beschaffenheit der Wände, Fenster und Decken und das häufige Öffnen der Thüren von wesentlichem Einflusse auf den Wärmeverlust sind, so daß eine theoretische Ermittelung der Transmission doch sehr unsichere Resultate liefert. Sind Thüren, Fenster und Decken dagegen sehr dicht, auch Vorhallen und Windfänge vorhanden, so kann der stündliche Wärmeverlust annähernd nach den im dritten Abschnitt vorgetragenen Grundsätzen ermittelt und daraus die Heizfläche theoretisch abgeleitet werden, wobei wegen der wöchentlichen Intermittenz der Erfahrungs-Koeffizient $\varphi = 2{,}0$ in Anwendung zu bringen ist.

Heizkosten. Sie belaufen sich für wöchentlich einmalige Heizung im Durchschnitt auf 10 Pfennige für 100 cbm zu heizenden Raum, womit man auch bei kleineren Kirchen auskommt.

Anlagekosten. Die Firma Remy & Reifenrath liefert Heizöfen in zwei Größen, nämlich zum Preise von 750 und 1000 Mark.

Der Preis der Heizröhren inklusive Fracht, Aufstellung, Verschraubung u. s. w. beläuft sich pro laufendes Meter auf 12 bis 15 Mark; der Preis der Gitterplatten beträgt pro Meter 9 bis 11 Mark.

Die Erd- und Maurerarbeiten betragen nach bisherigen Erfahrungssätzen annähernd soviel als die eisernen Apparate.

Auf das Quadratmeter der inneren Grundfläche reduziert, betragen die Anlagekosten zwischen 3,0 bis 3,5 Mark, wobei auch die Maurerarbeiten mit eingeschlossen sind. Im übrigen lassen sich die Kanalheizungen den kleinsten wie den größten Lokalitäten anpassen. Als Beispiele dafür nennen wir einige mit Kanalheizung versehene neuere Kirchen Leipzigs:

die Nikolaikirche	(1867	angelegt)	mit 18200	cbm Raum
„ Thomaskirche	(1868	„)	„ 22800	„ „
„ Johanniskirche	(1868	„)	„ 3500	„ „
„ Neue Kirche	(1869	„)	„ 11400	„ „

Resumé. Das vervollkommnete System der Kanalheizung bietet mancherlei Vorzüge für die Erwärmung langgestreckter und hoher Kirchenräume, nämlich:

1) Die vorzugsweise Erwärmung der Luftschichten dicht über dem Fußboden infolge Einleitung einer Luftcirkulation im unteren Raume.

2) Geringes Erfordernis an Brennstoff, wegen hoher Ausnutzung des Brennmateriales in langgestreckten Feuerzügen.

3) Nachhaltigkeit der Wärme in der Ziegelmasse.

4) Dauerhaftigkeit, da die Anlage geschützt im Boden liegt.

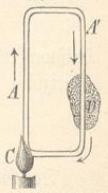
5) Verhältnismäßig geringer Kostenaufwand für die erste Anlage und wenig Reparaturen.

B. Die Wasserheizung.

§ 50.

Wird in einer geschlossenen, mit Wasser gefüllten Glasröhre A A′ eine Stelle C der unteren Biegung erwärmt, so wird das Wasser in der Röhre durch die Wirkung der Wärme ausgedehnt und steigt in A aufwärts, während kälteres Wasser in dem Schenkel A′ abwärts fällt, d. h. es entsteht Cirkulation in der Richtung der Pfeile. Die Cirkulation hört allmählich auf, wenn die Temperatur des Wassers in beiden Schenkeln nahezu die gleiche geworden ist. Hält man aber einen, in kaltes Wasser getauchten Schwamm D gegen das Röhrenstück A′, in welchem der Strom nieder-

Fig. 154.



geht, so wird die Cirkulation wieder lebhafter und dauert fort, so lange die Flamme erwärmend und der Schwamm abkühlend wirkt.

Man kann denselben Vorgang im großen Maßstabe hervorbringen, wenn man Wasser in ein spiralförmig gebogenes Rohr einschließt und in einem Ofen erwärmt, während der übrige Teil der Rohrleitung in Räume gelegt ist, die eine niedrigere Temperatur haben und durch die Röhren erwärmt werden sollen. Auch hier entsteht Cirkulation des Wassers in dem in sich selbst zurückkehrenden Rohre, nur vertritt die Ofenheizung die Flamme des vorhergehenden Versuches und die kalte Luft der Räume ersetzt den abkühlenden Schwamm. Das Wasser verläßt die Schlangenröhre, von deren höchstem Punkt ausgehend, mit hoher Temperatur, cirkuliert durch die außerhalb des Ofens liegende Rohrleitung, wird hier durch Wärmeabgabe an die umgebenden Mauern abgekühlt und kehrt zum tiefsten Punkte der Spirale zurück, um neuerdings erwärmt zu werden und eine weitere Cirkulation zu beginnen.

Auf diesem Prinzip beruhen die Wassercirkulationsheizungen, welche gegenwärtig nach drei bis vier verschiedenen Systemen ausgeführt werden, deren wesentlichstes Unterscheidungsmerkmal der in den Leitungen herrschende Druck, respektive die dem Druck entsprechende Temperatur des Wassers ist.

Ursprünglich existirten nur die Niederdruck- und die Hochdruckheizung als Extreme. Bei ersterer wird das Wasser höchstens bis zum Siedepunkt erwärmt; bei letzterer fand ursprünglich eine Erwärmung über 200° C. hinaus statt. Um aber die Vorteile beider Systeme möglichst zu verbinden und die aus der hohen Erwärmung resultierenden Nachteile zu beseitigen, entstanden die sogenannten Mitteldruckheizungen, bei welchen der Siedepunkt des Wassers zwar überschritten, aber höchstens eine Temperatur von 125 bis 150° C. erreicht wird.

Nach der für die Erwärmung innegehaltenen Grenze kann man nun folgende vier Systeme unterscheiden:

Warmwasserheizung	mit Niederdruck. Erwärmung unter dem Siedepunkte,
	mit Mitteldruck. Erwärmung über dem Siedepunkte, aber höchstens bis 130° C.,
Heißwasserheizung	mit Mitteldruck. Erwärmung bis 150° C.,
	mit Hochdruck. Erwärmung über 150°, aber höchstens bis 200° C.

Geschichtliches.

Der Gebrauch, mittels des heißen Wassers eine künstliche Wärme zu verbreiten, war schon den Römern des Altertums bekannt, denn sie machten davon Anwendung bei ihren Warm- und Schwitzbädern. Die Bäder des Caracalla, Titus, Diocletian besaßen nach Vitruvs Zeugnis eigene Vorrichtungen zur Heizung und zur Leitung heißen Wassers in die Reservoire. Aber höchst wahrscheinlich wendeten die Römer zu letztgenanntem Zweck nur mechanische Mittel an, weil ihnen die Cirkulation des erwärmten Wassers nicht bekannt war. Erst im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts erhielt diese Heizmethode eine rationelle Verwendung.

Die Grundsätze der Heizung durch Wassercirkulation machte Bonnemain im Jahre 1777 der Akademie der Wissenschaften zu Paris bekannt. Sein Apparat diente zur Hervorbringung konstanter Temperaturen in einem künstlichen Brütherde und ist derselbe für die Zeit seines Entstehens höchst bemerkenswert,[1]) denn er enthält bereits alle Prinzipien unseres modernen Apparates. Seine Bemühungen um Vervollkommnung des Systemes und um Regulierung des Temperaturgrades kamen indessen weniger ihm als seinen Nachfolgern zu statten.

Die Methode wurde erweitert und durch den Marquis v. Chabannes zur Beheizung von Gebäuden angewendet, diesem auch im Jahre 1818 in England patentiert.[2]) Sie beruht im wesentlichen auf Bonnemains Ideen, welche teils durch diesen, teils durch andere Gelehrte vervollkommnet worden waren.

Auch der von Baco und Atkinson in England um 1822 angegebene Wasserheizapparat war nur eine Modifikation des Verfahrens von Bonnemain; der einzige Unterschied bestand darin, daß Bonnemain sehr enge Röhren, der Architekt Atkinson dagegen solche von 0,12 bis 0,15 m Durchmesser verwendete und daß dieser eine zweite Röhre hinzufügte, wodurch der Apparat im allgemeinen die Form erhielt, welche er bis auf unsere Tage beibehalten hat. Alle neueren Fortschritte beruhen im wesentlichen auf Vervollkommnung der Details.

Ein zeitgenössisches Werk, welches die einschlägigen Fragen im Zusammenhang behandelt, war das Tredgold'sche:[3]) „Grundsätze der Kunst, Gebäude zu heizen und zu lüften“ (in der französischen Übersetzung 1825). Ihm folgte 1855 Charles Hood in London mit einer praktischen Abhandlung über die Heizung der Gebäude durch warmes Wasser. Gleichzeitig erschien das Werk von Richardson: Popular Treatise on the Warming. Die darin sehr detailliert beschriebenen Dispositionen sind in

1) Abgebildet bei: Péclet, Traité de la chaleur. Tome II, Fig. 447.

2) Abbildung bei: Ch. Joly, Traité pratique du chauffage. Paris 1873 (p. 180). — Vergl. auch: Marquis de Chabannes, On conducting air by forced ventilation. London 1818.

3) Th. Tredgold, The principles of warming and ventilating buildings. London 1825 u. 1836.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Frankreich durch Leon Duvoir[1]) — der eine Anzahl Patente auf Einrichtungen an den Warmwasserheizungen gewonnen hat — und durch d'Hamelincourt zur Ausführung gebracht worden, und zwar nach Péclets Ausspruch „ohne irgend welche wesentliche Verbesserung am System oder an den Apparaten".

Die Vervollkommnung und Ausbildung des Systemes der Hochdruckheizung ist dagegen dem englischen Ingenieur Perkins zuzuschreiben. Er erhielt darauf ein Patent[2]) „für Verbesserung an dem Apparate zur Heizung von Gebäuden und Erhitzung von Metallen" und seit jener Zeit hat die Perkins'sche Methode in England die ausgebreitetste Anwendung gefunden. — In Deutschland ist die Hochdruckheizung erst seit circa 30 Jahren allgemeiner eingeführt; die Firmen J. L. Bacon in Berlin und J. Haag in Augsburg haben sich nicht unbedeutende Verdienste um die Verbreitung und Verbesserung des Systemes erworben.

Die neueste Zeit endlich hat nicht eben andere Systeme gezeitigt, aber das Vorhandene ist wissenschaftlicher durchgebildet und dadurch der Vollendung nähergeführt worden. Die gegenwärtig gebräuchlichen Methoden sind in der nachstehenden Übersicht enthalten.

Allgemeine Übersicht der verschiedenen Systeme der Wasserheizung.

I. **Das Niederdrucksystem.** Der Heizapparat besteht aus einem Kessel, welcher — im Gegensatze zu den Dampfkesseln — vollständig mit Wasser gefüllt ist. Das Wasser soll hier nämlich nicht verdampft, sondern zum Zweck der Cirkulation höchstens bis zu 95° C.[3]) erhitzt werden: das System ist daher ein offenes. Vom höchsten Punkte des Heizapparates geht ein vertikales Rohr, das Steigerohr, ab, das hoch über dem ganzen übrigen Apparat in einem offenen cylindrischen Gefäße endigt. Letzteres wird Expansionsgefäß genannt, weil es dazu dient, die Ausdehnung der Flüssigkeit und die Entwickelung von Dampfblasen zu gestatten. Vom Steigerohr zweigt sich nach allen denjenigen Punkten, wo Wärme abgegeben werden soll, ein Verteilungsrohr ab, welches die Wasserzufuhr vermittelt. In den zu heizenden Lokalen stellt man gewöhnlich hohle, mit Wasser gefüllte Heizkörper (sogenannte Wasseröfen) mit möglichst großer Oberfläche auf; sie werden von dem warmen Wasser durchströmt. Die Abzweigungen für den Zufluß münden am oberen Ende der Heizkörper ein und das abgekühlte Wasser sinkt nach unten, wo die Rückflußstränge anschließen. — Letztere bilden in ihrer Vereinigung die Rückflußleitung, durch welche das abgekühlte Wasser zum unteren Teile des Kessels zurückgeführt wird, und die Wassercirkulation wird so lange stattfinden, als zwischen der Temperatur im Steigerohr und Rücklaufrohr noch eine Differenz stattfindet. Da nun das Wasser mit etwa 40° zum Kessel zurückkehrt, beträgt die nutzbare Temperaturdifferenz = 55° C. Das System enthält erhebliche Wassermengen mit bedeutendem Wärmevorrat, es bleibt also auch dann wirksam, wenn dem Kessel Wärme nicht mehr zugeführt wird, denn so lange das in den Heizkörpern eingeschlossene Wasser sich nicht auf die Temperatur der umgebenden Luft abgekühlt hat, so lange hört die Wärmeabgabe und demnach die Cirkulation nicht auf.

Folgerungen. 1) Das offene Reservoir bestimmt den Charakter der ganzen Anlage und begrenzt deren Leistungsfähigkeit. Eine Steigerung der Wassertemperatur bei starker Winterkälte ist nicht angänglich: es würde Dampfbildung und Überlaufen des Wassers im Reservoir stattfinden; es muß in solchem Falle anhaltender als gewöhnlich geheizt werden. — 2) Zur Erzielung eines Maximaleffektes sind große Heizflächen erforderlich. — 3) Die vollständige Erwärmung der Zimmer tritt erst nach vier Stunden ein.

II. Die Warmwasserheizung mit **Mitteldruck**. Sie arbeitet nicht mit offenem Reservoir, sondern das Steigerohr ist am höchsten Punkte durch ein Ventil geschlossen. Hierdurch ist man im stande, den in den Leitungen herrschenden Druck auf 3 bis 4 Atmosphären zu steigern. Die höhere Temperatur der Heizkörper gestattet nun bei gleicher Wärmeabgabe kleinere Transmissionsflächen als bei dem System der Niederdruckheizung, wodurch sich die Anlage einfacher und billiger gestaltet. — Freilich wird das Wärme-Reservationsvermögen geringer als im ersten Falle sein, weil die Heizkörper weniger Wasser enthalten.

III. Heißwasserheizung mit **Mittel- und Hochdruck** unterscheiden sich im wesentlichen nur durch den angewendeten Temperaturgrad und die geringere oder höhere Belastung des Expansionsventiles; beide Methoden können daher zusammen besprochen werden.

Hier liegt kein Kessel im Ofen, sondern eine aus 34 mm starkem, schmiedeeisernem, gezogenem Rohre gebogene Spirale. Vor dem Gebrauche werden die Rohre mittels einer hydraulischen Vorrichtung auf einen Druck von 140 Atmosphären geprüft. Vom oberen Ende der Spirale führt das Rohr bei konstantem Durchmesser nach den zu heizenden Räumen, in denen so viele Meter Rohr angebracht

1) Seine Einrichtungen für das Hospital Lariboisière sind besprochen in dem Abschnitt „Ventilation".

2) Nach dem Repertory of Patent-Inventions, März 1832, datiert sein Patent vom 30. Juli 1831.

3) In Gebäuden von drei oder mehr Geschossen, wo die auf dem Kessel lastende Wassersäule von 12 bis 14 m Höhe einer Spannung von 1½ Atmosphären gleichkommt, tritt das Sieden erst bei höheren Temperaturgraden (etwa 110°) ein, so daß Erhitzung des Kessels bis zu 100° C. stattfinden darf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werden, als zur Ausgleichung des Wärmeverlustes nötig sind, sei es in Form einer geraden Leitung, sei es in Form einer Spirale. Die Leitung kehrt dann nach dem Fußpunkte der Ofenspirale zurück, bildet demnach ein Rohr ohne Ende. Am höchsten Punkte des Systems ist die Vorrichtung zum Regulieren des Druckes angebracht; diese besteht entweder aus einem Expansionsventil, das in einem Reservoir eingeschlossen ist, oder aus einem schmiedeeisernen Windkessel, d. h. einem Rohre von circa 8 cm Weite und entsprechender Länge, welches mit Schraubstöpselverschluß versehen ist und „Expansionsrohr" genannt wird.

Folgerungen. Der geringe Wasserinhalt des Systems gestattet ein schnelles Anheizen (in 2 bis $2^1/_2$ Stunden) und das hoch erhitzte Wasser erzeugt eine intensive Wirkung. Dagegen ist die Reservationskraft äußerst gering: wie bei eisernen Öfen so hört auch hier die Wärmeabgabe der Heizrohre kurze Zeit nach dem Erlöschen des Feuers auf. Da die Rohre leicht gebogen und gewendet werden können, erfolgt die Herstellung ohne wesentliche Schwierigkeiten, dem lokalen Bedürfnis entsprechend, dem das System sich leicht anschmiegen läßt.

Nach dieser allgemeinen „Übersicht" wollen wir uns der speziellen Betrachtung der einzelnen Systeme zuwenden.

A. Die Warmwasserheizung.

§ 51.

Als integrierende Bestandteile jeder Niederdruckheizung werden unterschieden:

a) der Kessel, der die vom Feuer entwickelte Wärme aufnimmt;

b) die Leitungsröhren;

c) das Ausdehnungsgefäß;

d) die Heizkörper (Ofen, Register).

a) Der Kessel.

Die Kessel der Warmwasserheizungen werden aus Schmiedeeisen, seltener aus Kupfer gefertigt. Findet, wie in Schulen, Verwaltungsgebäuden, Wohnhäusern u. s. w. nur Heizung bei Tage und Unterbrechung bei Nacht statt, so muß bei jedesmaligem Gebrauch die Kesselanlage von neuem angeheizt werden. Hier legt man dann den Wärmevorrat in die eingeschlossene Wassermasse und heizt, wenn erst in den Räumen die verlangte Temperatur erreicht ist, mittels aufgespeicherter Wärme nach. Solchem Zweck dienen die sogenannten Walzen- und die Flammrohrkessel.

Die Walzenkessel ermöglichen ein günstiges Verhältnis zwischen Wasservolumen und feuerberührter Fläche: soll aber — wie bei größeren Anlagen — die Heizfläche vermehrt und gleichzeitig das Wasservolumen vermindert werden, so versieht man den Kessel mit einem durchgehenden Flammrohr. In allen Fällen erhält der Kessel am höchsten Punkte des Vorderteiles und am tiefsten Punkte des Hinterhauptes Rohrstutzen angenietet, an welche die Zufluß- resp. Rückflußleitung angeschlossen wird. Die Feuerung ist bei den Flammrohrkesseln — wenn es der Raum gestattet — eine „vorgelegte" und bei den Walzenkesseln gewöhnlich eine „untergelegte".

Die Fig. 155 bis 158 stellen einen cylindrischen oder Walzen-Kessel mit unterlegter Feuerung dar. Die Bewegung der Feuergase geht zunächst über die Feuerbrücke, bespült in Zug I den Kessel unterhalb, tritt am Hinterhaupt nach oben, bewegt sich in Zug II am Kessel entlang und kehrt endlich in Zug III an der linken Seite desselben zurück. Von hier gelangen die Verbrennungsprodukte durch den Fuchs zum Schornstein; zwischen beiden ist der Rauchschieber eingeschaltet. Zur

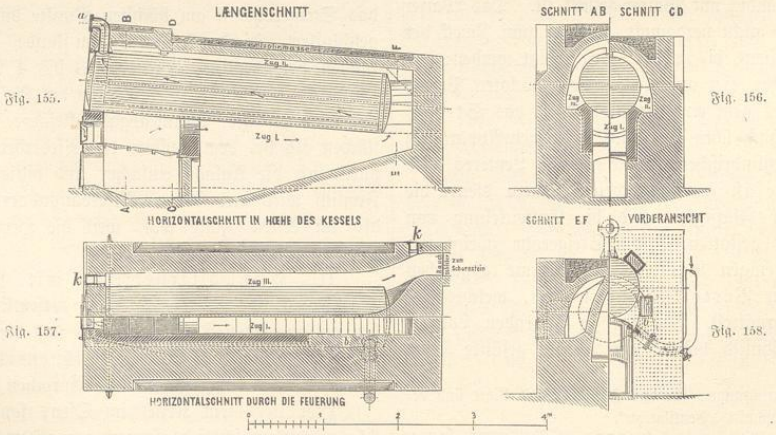


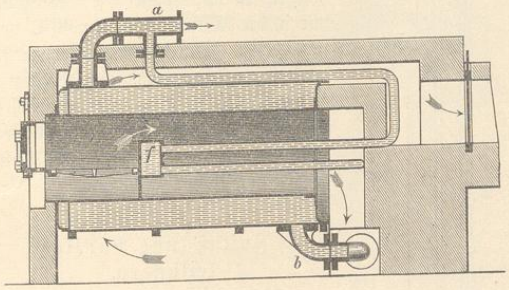
Fig. 155. Fig. 156. Fig. 157. Fig. 158.

Reinigung der Züge dienen die Kapseln k k (Fig. 157). Das Rohr der Rückflußleitung mündet bei b in den Kessel ein; an seiner tiefsten Stelle ist ein Hahn angebracht, mittels dessen das ganze System entleert werden kann. Wärmeverluste werden durch die über der Decke der Züge II und III angebrachte Isoliermasse verhindert.

Auf Tafel 33 ist ein Doppelkessel für Wasserheizung dargestellt, welcher sich für größere Anlagen eignet. Beide Kessel sind so gelagert, daß ihr hinterer Teil 30 bis 50 mm höher liegt und die Luft bequem durch das Steigerohr (a) entweichen kann. Das Rückflußrohr b am Vorderboden vermittelt in Gemeinschaft mit dem Zuflußrohr a die Cirkulation des Wassers mit dem Rohrsystem und den Heizkörpern. In der Ansicht sind die Feuerthüren mit e, der Aschenfall mit f, die Reinigungskapseln für die Züge mit g und die Verankerung des Kessels mit h bezeichnet. Der Rost ist zeitweilig und zum Zweck wechselseitiger Beschickung durch die Zunge c aus Chamottemauerwerk getrennt. Die Feuerbrücke aus demselben Material schließt den Feuerraum ab. Der Gang der Feuergase ist durch Pfeile, die Züge sind durch römische Zahlen bezeichnet; VI ist der Fuchs, er führt zum Schornstein. — Dieser Doppelkessel kann angewandt werden, wo es sich um eine große Heizfläche mit bedeutendem Wasserinhalt handelt.

Einen Flammrohrkessel mit innen liegender Feuerung von O. Peschke in Berlin haben wir in Fig. 159 zur Darstellung gebracht. Die hintere Begrenzung des Feuerherdes ist nicht aus Chamottesteinen hergestellt, sondern sie wird durch einen in das Flammrohr

Fig. 159.



eingebauten eisernen Hohlkörper f gebildet, der durch entsprechend weite Rohrleitungen mit dem Steigerohr a und dem Rücklaufrohr b in Verbindung gebracht ist. Es wird dadurch nicht allein eine Vergrößerung der Heizfläche erzielt, sondern auch die Bewegung des Wassers in den Heizrohren beschleunigt, und zwar besonders beim Anheizen.

Soll mit der Tagesheizung auch ein Nachtbetrieb verbunden werden, so legt man den Wärmevorrath in das Brennmaterial, es muß dann aber der Fassungsraum für dasselbe so groß angelegt sein, daß er die ganze Füllung für den Nachtbetrieb aufnehmen kann. Hierbei kommen meistens Röhrenkessel mit Schüttvorrichtung (Füllschacht) zur Verwendung.

Ein **Schüttkessel** neuester Konstruktion für Wasser-Niederdruckheizung ist in den Fig. 160 bis 162 dargestellt. Derselbe besteht aus:

Fig. 160.

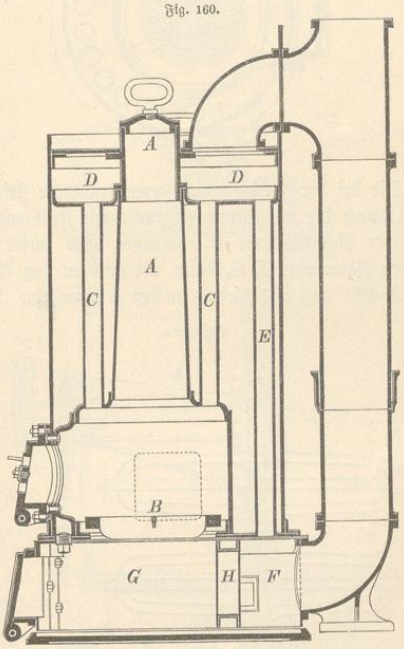
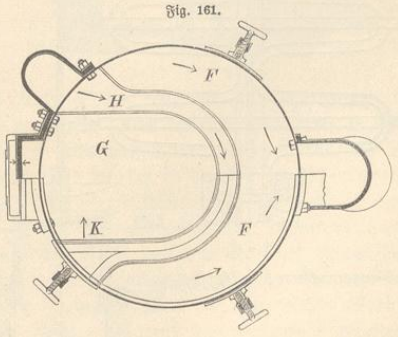


Fig. 161.

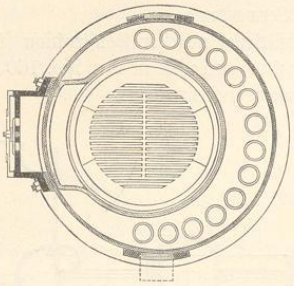


dem Sockel G mit Aschenfall, Aschenfallthür und regulierbarer Luftzuführung;

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

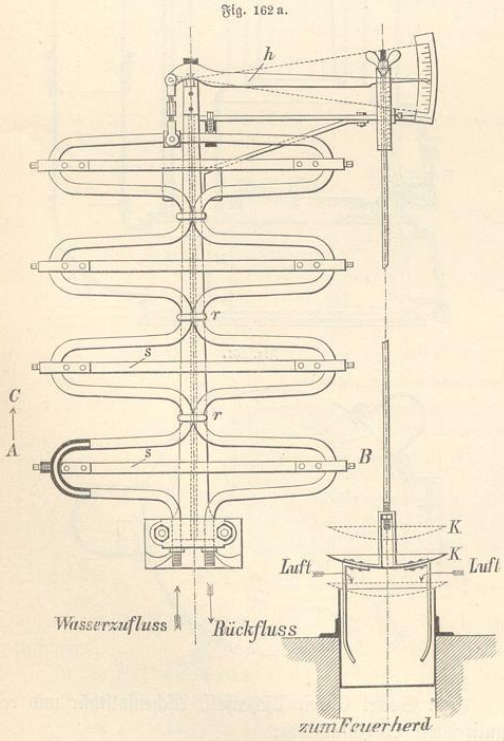
der Rauchkammer D mit Deckel und Abzugsleitung für die Rauchgase.

Fig. 162.



Die bei der Verbrennung erzeugten Gase steigen zunächst durch die ringförmig angeordneten Feuerrohre C C nach der Rauchkammer D, gelangen aus dieser in die äußeren Feuerrohre E E, dann abwärts in den Abteil F des Sockels und aus diesem in den Schornstein. In den resp. Feuerrohren kühlen sich die Heizgase durch Wärmeabgabe an das Wasser erheblich ab. Im Sockel befindet sich außer dem Rauchsammler F der halbkreisartig angeordnete Kanal H für Zuführung und Erwärmung der Verbrennungsluft, welche durch ein mit dem Heizregulator in Verbindung stehendes Ventil in den Kanal eintritt, denselben durchströmt und bei K, Fig. 161, nach dem Rost gelangt. Da die Innenwandung des Kanales durch Strahlung der glühenden Kohlen und der heißen Asche erhitzt wird und die äußere mit den Heizgasen stetig in Berührung ist, so tritt die in H einströmende Luft hoch erwärmt an das Brennmaterial heran. Der Kessel kann indessen auch ohne Luftvorwärmekanal zur Anwendung kommen.

Fig. 162a.

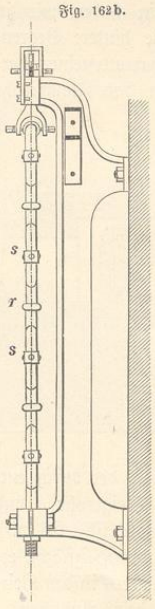


b) Wärmeregler.

Für Kesselanlagen, die während des Nachtbetriebes der Beaufsichtigung durch das Heizpersonal nicht unterstellt werden, sind selbstthätige Vorrichtungen zum Regulieren der Wärme — sogenannte „Wärmeregler“ — erforderlich. Die Konstruktion derselben beruht meistens auf der Ausdehnung fester oder flüssiger Körper durch die Wärme und Übertragung der dadurch erzielten Längenausdehnung auf die Regulierungsklappe des Kanales für Zutritt der Verbrennungsluft.

Der in Fig. 162a u. 162b dargestellte Wärmeregler (Patent Walz) beruht seiner Wirkung nach auf der Ausdehnung resp. Zusammenziehung eines Rohres durch die Wärme des darin strömenden Wassers. Wagerechte Ausdehnung der Rohrschleifen in der Richtung von A nach B wird durch die Ringer und die Strebens verhindert, es kann daher die Bewegung nur in der Richtung von A nach C vor sich gehen. Durch den Hebelarm h, der auf unverrückbarem, schneidenförmig gestalteten Unterstützungspunkt ruht, wird sodann die Bewegung der Rohrschleifen zum Senken oder Heben der Luftregulierungsklappe K benutzt.

Fig. 162b.



c) Zufluß- und Rückflußleitungen.

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

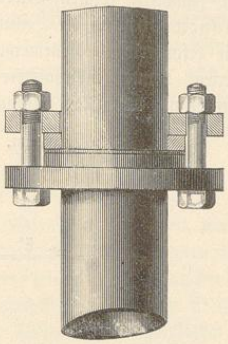
Rohre mit angelöteten Flanschen hergestellt und verbunden.

Fig. 163 stellt eine Muffenrohrverbindung, Fig. 164 eine Flanschenrohrverbindung dar.

Fig. 163.



Fig. 164.



Weite Rohre fertigt man aus Gußeisen mit Flanschenverschraubung. Auch die für weitere Rohre erforderlichen Abzweigungen werden stets aus Gußeisen hergestellt; wo der Querschnitt sich ändert, pflegt man gußeiserne Reduktionsrohre einzuschalten.

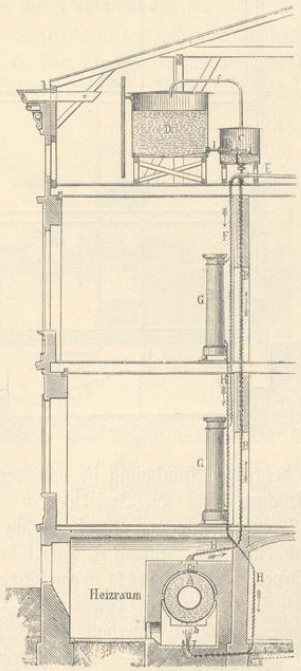
Für Ausdehnung der Leitungen ist dadurch Sorge zu tragen, daß die längeren, horizontalen Strecken auf Rollen gelegt und die Kniee der Rohre von größerem Durchmesser aus Kupfer hergestellt werden.[1]) Überall da, wo die Röhren durch Wände oder Decken geführt werden müssen, ist es vorteilhaft, sie in Blechhülsen von größerem Durchmesser einzusetzen, damit die Ausdehnung und Zusammenziehung der Rohre sich frei vollziehen kann, ohne die Ränder des Putzes zu berühren.[2])

Leitungsrohre, welche nicht zur Wärmeabgabe bestimmt sind, umgiebt man mit schlechten Wärmeleitern, wozu Kieselguhr, Schlackenwolle, Korkschalen oder Umwickelung mit Stroh, Lehm, Häcksel und kastenartige Bekleidung mit Holz dienen können.

d) Anordnung des Rohrsystemes.

Die Zuführung des Wassers und die daraus resultierende Lage der Zuflußrohre und des Verteilungsrohres kann zwar in verschiedener Weise erfolgen, im allgemeinen lassen sich aber dabei zwei Systeme unterscheiden. In dem einen Falle wird das Verteilungsrohr vom höchsten Punkte des Steigerohres (dicht unter dem Expansionsgefäß) abgezweigt und über dem Fußboden des Dachgeschosses mit geringem Fall verlegt, die Zuflußrohre fallen dann vertikal abwärts nach den einzelnen Heizkörpern (Öfen). Im zweiten Falle liegt das Verteilungsrohr unter der Kellerdecke und die Zuflußröhren steigen vertikal aufwärts. Die letztere Einrichtung ist ökonomischer, weil die Wärmeausstrahlung des Verteilungsrohres den Etagen zu statten kommt; die erstere ist dagegen zuverlässiger.

Fig. 165.



Ein Beispiel der erstgenannten Anordnung ist in Fig. 165 dargestellt. Von dem mit Flammrohr versehenen Kessel A aus geht das Steigerohr B bis zum Dachboden empor und mündet in das Expansionsgefäß C. Nicht von diesem — wie früher vielfach geschah —, sondern vom Steigerohr sind ein (oder nach Erfordern mehrere) Verteilungsrohre E abgezweigt, welche durch Zuflußrohre F das Wasser den Zimmeröfen zuführen; für jede Partie übereinander stehender Öfen ist ein solches Rohr angeordnet. Infolge der durch das Kesselfeuer eingeleiteten Cirkulation verdrängt das zuströmende warme Wasser das kältere und dieses kehrt durch die Röhre H in das Rück-

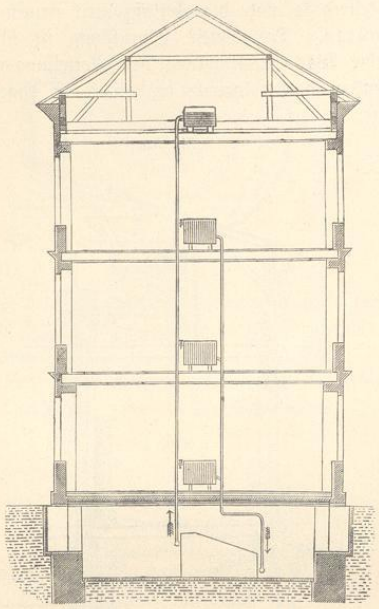
1) Für lange Rohrstrecken werden Längenausgleicher eingebaut, welche aus einem federnden, Ω förmig gebogenen Kupferrohr bestehen.

2) Zur genauen Berechnung der Längenausdehnungen bei einem weitverzweigten Rohrnetz wird auf die Arbeiten von Rietschel und Birlo verwiesen. Vergl. „Gesundheits-Ingenieur" Jahrg. 1891, Nr. 1 u. 8.

laufrohr T zurück. Die Verbindung mit dem Kessel wird durch den Stutzen b bewirkt.

Die Wasserverteilung vom Souterrain her ist dagegen durch Fig. 166 veranschaulicht.

Fig. 166



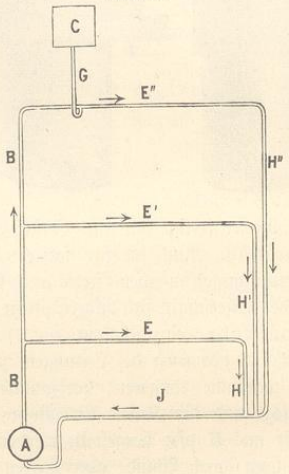
Eine derartige Anordnung ist von der Firma **Helldorf & Brückner** (jetzt W. Brückner in Wien) für die städtische Mädchenschule am Karolinenplatz daselbst ausgeführt und durch den Baurath F. Paul beschrieben.[1]) — Die Heizkörper werden direkt vom Steigerohr gespeist und die Verteilungsrohre liegen nicht — wie vorher — im Dachboden, sondern unterhalb der Kellerdecke, vom Steigerohr sich abzweigend — eine Disposition, welche Ersparung an Rohrlängen bezweckt und dadurch die Anlage billiger gestaltet.

In anderen Fällen geschehen die Abzweigungen auch direkt von einem oder mehreren Steigerohren aus, welche gleichzeitig Zuflußrohre sind, und die Rückflußrohre vereinigen sich in einem Fallrohre, welches das Wasser nach dem Kessel zurückführt.

Eine dritte Anordnung ist die in Fig. 167 gezeichnete. Hier ist ein Steigerohr B vorhanden, von welchem sich die Rohre für die einzelnen Etagen (E E′ E″) abzweigen. An das obere Rohr schließt das Heberrohr G an und stellt die Verbindung mit dem Expansionsgefäß her. Jedes Geschoß hat sein besonderes Rücklaufrohr (H H′ H″), das Sammelrohr J vereinigt dieselben und führt das Wasser zum Kessel A zurück.

Die Rohrleitungen E E′ E″ werden durch die zu heizenden Räume des betreffenden Stockwerkes geführt; in den Zimmern können Batterien, Register oder Schlangenrohre in die Leitungen eingeschaltet werden, um die erforderlichen Wärmemengen zu erzeugen. Die „Batterien" können insbesondere Anwendung finden, wo die Aufstellung von Öfen unthunlich erscheint.

Fig. 167.



e) Die Expansionsvorrichtung.

Diese befindet sich stets am höchsten Punkte des Systemes und besteht aus einem schmiedeeisernen Reservoir, in welches bei Niederdruckanlagen das Steigerohr frei ausmündet; es wird auf einem hölzernen Bock aufgestellt. Der Wasserstand im Expansionsgefäß muß stets auf konstanter Höhe gehalten werden, wozu eine selbstthätige Schwimmhebelvorrichtung dient. Wo eine Hauswasserleitung nicht vorhanden ist, da muß, wie in Fig. 165, mit dem Ausdehnungsreservoir C noch ein Kaltwasserreservoir D verbunden werden.

Zur Beobachtung des Niveaus wird am Expansionsgefäß ein „Wasserstandsanzeiger" angebracht, wobei freilich ein zuverlässiger Heizer vorausgesetzt wird, der auch wirklich zur Kontrolle nach dem Boden hinaufsteigt. Sicherer ist es, ein sogenanntes „Signalrohr" anzubringen, welches von dem niedrigsten Wasserspiegel (der auch im kalten Zustande eingehalten werden muß) nach dem Heizraume führt und dort durch einen Hahn verschlossen ist. Dieser Hahn muß immer Wasser geben, und ist dies nicht der Fall, so hat der Heizer die Speisevorrichtung im

1) Vergl. F. Paul, Lehrbuch der Heizungs- und Lüftungstechnik, S. 520, Fig. 203 u. 204. — Wien, Hartlebens Verlag 1885.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kesselraume so lange in Thätigkeit zu setzen, bis wieder Wasser aus dem Signalrohr ausfließt. Gegen Überfüllung ist das Reservoir D geschützt durch das nahe dem Deckel angebrachte Überlaufrohr; dieses führt ins Freie, gewöhnlich in das nächstliegende Regenabfallrohr.

Damit bei Füllung des Systemes die Luft am höchsten Punkte desselben entweichen könne, pflegt man am Deckel des Expansionsgefäßes ein „Luftrohr" anzubringen. — Liegt endlich das Verteilungsrohr im Keller und werden die Öfen von unten her gespeist, so ist jeder Heizkörper, mindestens aber jeder Zuflußstrang, an höchster Stelle mit einem „Lufthahn" zu versehen.

f) Die Heizkörper.

Dieselben haben die Wärme da abzugeben, wo sie erfordert wird und bilden den bei weitem wichtigsten Teil der Heizanlage. Sie müssen eine leichte Überführung der Wärme an die umgebende Luft gestatten; im übrigen ist dabei in Bezug auf Reichtum der Dekoration, mannigfacher Spielraum gelassen. — Ein Haupterfordernis derselben ist absolutes Dichthalten, weil die Heizkörper im Innern der Räume Verwendung finden. Als Dichtungsmaterial sind Hanf und Kitt weniger empfehlenswert als Gummi und dieser wird von der „metallischen Dichtung" übertroffen.

Der Form nach unterscheidet man folgende Arten von Heizkörpern:

I. **Ofen**, und zwar:
α) Säulen- oder Cylinderöfen und β) Röhrenöfen;

II. **Register**, und zwar:
liegende und stehende Register;

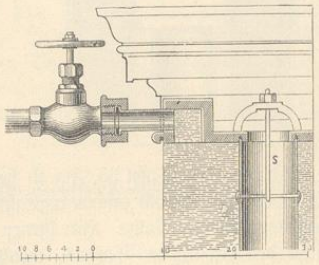
III. **Röhren**, und zwar:
glatte und armierte.

α) Die Säulenöfen sind frei vor der Wand, gewöhnlich im Winkel des Zimmers stehende Heizkörper von cylindrischer Form und mannigfach wechselnder Dekoration, zuweilen nach obenhin etwas konisch verjüngt. Der Durchmesser derselben wechselt, je nach der Größe des Zimmers und der Heizfläche, welche der Ofen liefern soll, zwischen 40 und 65 cm. Die Höhe steht in entsprechendem Verhältnis zum Durchmesser.[1])

Der cylindrische, schmiedeeiserne, 3 mm dicke Blechmantel des Ofens ist oberhalb und unterhalb durch Böden von Gußeisen oder Kupferblech geschlossen. Den Ofen durchdringen eine Anzahl (5 bis 14) durchgehende Röhren, welche in beiden Böden festgelötet sind. Wenn die Böden, wie auf Tafel 33, Fig. 1, aus Eisen gegossen sind, so erfolgt die Dichtung in der Nut durch eingelegte Gummiringe. Mittels der eingelassenen Schraubenbolzen S werden die Rohre fest gegen den Boden geschraubt und mit Gewalt in die Dichtungsfuge gepreßt.

Die Wasserzuführung findet an der höchsten Stelle bei b (Tafel 35, Fig. 1), die Abführung an der tiefsten Stelle des Schaftes bei d statt. (Vergl. auch Fig. 168 u. 169.)

Fig. 168.



Der untere Boden des Ofens wird durch drei eiserne Stützen c c getragen, welche am Fußboden mittels Verschraubung befestigt sind. Sockel und Krönung des Ofens sind unabhängige Teile, die Krönung insbesondere ist nur dekorativ und besteht aus Zinkguß, Eisenblech oder Gußeisen.

Soll mit der Heizung Ventilation verbunden werden, so ist dies leicht zu bewerkstelligen, indem man seitlich oder vom Fußboden her frische Luft in den geschlossenen Ofensockel einführt, die dann durch die Röhren aufsteigt

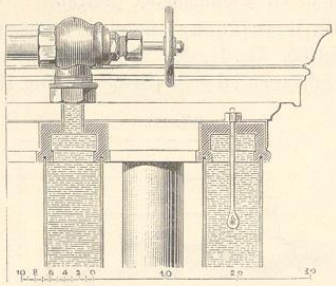
1) **Maße und Heizflächen einiger gangbarer Cylinderöfen.**

Unterer Durchmesser m	Oberer Durchmesser m	Zahl der Röhren	Heizfläche in Quadratmetern bei einer Cylinderhöhe von 1,56 m	1,88 m	2,19 m	2,51 m	Unterer Durchmesser m	Oberer Durchmesser m	Zahl der Röhren	Heizfläche in Quadratmetern bei einer Cylinderhöhe von 1,56 m	1,88 m	2,19 m	2,51 m
0,392	0,366	5	3,92	4,67	5,11	6,17	0,471	0,438	14	7,68	9,18	10,68	12,18
0,392	0,366	7	4,66	5,55	6,45	7,95	0,549	0,510	5	4,89	5,78	6,67	7,57
0,392	0,366	9	5,39	6,43	7,48	8,53	0,549	0,510	8	5,99	7,11	8,23	9,35
0,471	0,438	5	4,38	5,21	6,03	6,86	0,549	0,510	11	7,08	8,43	9,77	11,12
0,471	0,438	8	5,49	—	7,59	8,64	0,549	0,510	14	8,18	9,75	11,32	12,89
0,471	0,438	11	6,58	—	9,13	10,81	0,549	0,510	17	9,28	11,07	12,87	14,86

und in der Richtung der Pfeile erwärmt in das Zimmer gelangt. Wird auch Cirkulation der Zimmerluft beabsichtigt, so muß der Sockel durchbrochen oder ganz frei auf Füße, Kugeln oder sonstige Unterlagen gestellt werden.

Zur Regulierung des Wasserzuflusses und um einzelne Heizkörper von der Cirkulation ausschließen zu können, sind Absperrventile nötig, die man vorteilhaft am Zufluß- und Rückflußrohr anbringt. (Tafel 33, Fig. 1 und Fig. 167.) Hierzu empfehlen sich als zweckmäßig die Kugel- oder Kegelventile mit gußeisernem Gehäuse und Messingsitz.

Fig. 169.
Detail des Eckventiles.



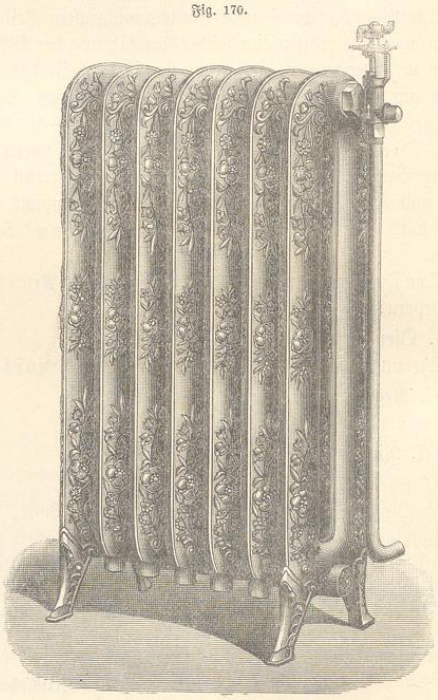
β) Die Röhrenöfen (Tafel 35, Fig. 2) bestehen aus einem mittels Sockel und Kapitäl zusammengefaßten Bündel vertikaler, patentgeschweißter Rohre. Hier dienen die Rohre zur Cirkulation des erwärmten Wassers, welches in den oberen gußeisernen, 7 cm hohen Sammelkasten bei entsprechender Drehung des Ventiles aus dem Zuflußrohr b einströmt. In Fig. 2 ist dies Ventil seitwärts vom Ofen angebracht; bei dem Eckofen, Fig. 3, findet dagegen die Einmündung von obenher statt. — Das durch Wärmeabgabe gekühlte spezifisch schwerere Wasser sinkt nun bald nach dem unteren Doppelboden und gelangt nach der Rückflußleitung.

Auch bei diesen Öfen kann Ventilation oder Cirkulation der Zimmerluft stattfinden, zu welchem Zwecke die beiden Kästen mit einer oder mehreren Durchbrechungen k versehen sind, welche das Aufsteigen der Luft nach oben gestatten. Der Ofen, Fig. 3, ist als Röhren-„Eckofen" konstruiert. Die Verbindung der Kästen mit den Röhren geschieht mit Gummidichtung. Die Ofenkrönung ist aus getriebenem Blech hergestellt.

II. Die **Register.** Darunter versteht man Heizkörper, welche bestimmt sind, in Nischen oder Fensterbrüstungen flach an der Wand aufgestellt zu werden. Man konstruiert sie wie die Öfen aus horizontalen schmiedeeisernen Röhren mit gußeisernen Sammelkästen (Taf. 35, Fig. 4) und nennt sie dann auch „liegende Röhrenöfen". Die Dimensionen des Registers sind von der Breite der Nische und deren Höhe (hier die Höhe der Fensterbrüstung) abhängig. Die Zuführung des Wassers findet von oben her bei d, die Abführung durch das untere Ventil b statt; Regulierung und Absperrung werden gewöhnlich durch Schraubenschlüssel (bei r in Fig. 4) bewirkt.

Dem Auge pflegt man die Register durch eine mit Gitterwerk versehene Holzbekleidung zu entziehen, auch das Fensterbrett versieht man mit Durchbrechungen (vergl. Fig. 4). Bei flachen Brüstungen, wo zwei Rohrlagen nicht unterzubringen sind, empfiehlt sich zwecks Vergrößerung der Heizfläche die Anwendung sogenannter Rippenrohre (Taf. 34, Fig. 5). Ihre Zusammensetzung gestaltet sich einfacher, da der Anschluß gegossener Rippenrohre an den Sammelkasten sich bequem durch Flanschenverbindung bewirken läßt.

Fig. 170.



Stehende Register werden meist in nischenähnlichen Vertiefungen der Zimmerwände aufgestellt, durch Gitterwerk verdeckt und zur Wärmeabgabe benutzt. In allen Fällen sind die Register oberhalb mit der Zufluß- und unten mit der Rückflußleitung zu verbinden.

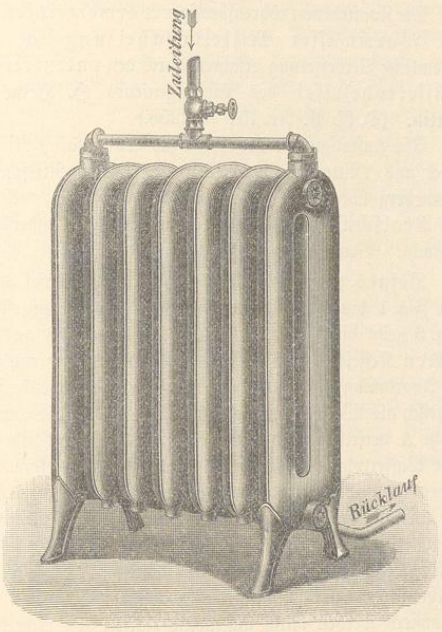
Zur Zimmerheizung verwendet man auch vielfach die **Käferle'schen Heizkörper,** d. h. kleine, mit Rippen versehene Kästen, die man — je nach Erfordernis — senkrecht nebeneinander, oder auch wagerecht übereinander

stellt. Bei senkrechter Rohrstellung sind die Rippen „radial“ angeordnet.

Freistehend vor der Wand aufgestellte Rippenheizkörper werden durch Vorsetzer von perforiertem Blech oder Holz verkleidet; erst in neuerer Zeit haben einige namhafte Firmen, darunter das Eisenwerk Kaiserslautern, Zierheizkörper, sogenannte Radiatoren, hergestellt.

Einen derartigen 1,0 m hohen Zierheizkörper stellt Fig. 170 dar; die Zuleitung des Heizwassers geschieht durch oberhalb auf den Endelementen angebrachte Eintrittstutzen während das abgekühlte Rücklaufwasser durch einen

Fig. 171.

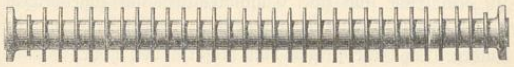


Austrittstutzen vom mittleren Element her unterhalb abfließt. Dadurch wird eine schnelle und gleichmäßige Verteilung des Heizwassers, also eine günstige Ausnutzung der Heizfläche gesichert.

Die in Fig. 171 zur Darstellung gebrachten, glatten Heizkörper eignen sich besonders für Krankenzimmer und Operationssäle, wo jede Staubbildung vermieden werden muß; sie haben daher neuerdings für derartige Räume ausgedehnte Verwendung gefunden.

III. Rohrförmige Heizkörper werden überall da angewendet, wo die Aufstellung von Öfen nicht angänglich oder zu teuer erscheint. So werden in Treibhäusern und Trockenkammern gewöhnlich lange Leitungen in Rohrform hergerichtet, durch welche das Wasser zirkuliert und seine Wärme an die umgebende Luft abgiebt. Wenn aber die zur Erwärmung erforderliche Rohrlänge aus lokalen Gründen nicht angebracht werden kann, so müssen die Leitungen zur Vergrößerung der Heizfläche mit aufgepreßten oder angegossenen Scheiben oder Rippen von runder oder quadratischer Form versehen werden. Solche Rippenrohre werden gewöhnlich in die Leitung eingeschaltet und heißen „Batterien“.[1] Fig. 172 stellt eine derartige Batterie im Grundriß dar.

Fig. 172.



An Stellen endlich, wo die horizontale Lage der Rohre in die vertikale übergeht, sind Verbindungen einzuschalten, welche die Ausdehnung der Röhren unschädlich machen. Man bedient sich dazu biegsamer Kompensationsstücke von Kupfer. In Lokalen, wo die Ausdehnung der Rohre ein beträchtliches Maß erreicht, pflegt man in 15 m Abstand „Stopfbüchsen“ anzubringen. Längere Transmissionsrohre werden zur Verminderung der Reibung auf Rollen gelegt.

B. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

§ 52.

Die Temperatur, bis zu welcher man die Erwärmung im System steigert, beträgt im Maximum 130° C. Das Wasser kehrt mit 65° nach dem Wärmerecipienten zurück; die Temperaturdifferenz ($135^0 - 65^0 = 65^0$) ist daher 10° größer als bei dem System der Niederdruckheizung; der Effektunterschied beruht hiernach auf der absolut höheren Rohrtemperatur, welche eine Spannung von 2 bis 3 Atmosphären hervorruft. Vor der Benutzung ist eine entsprechende Druckprobe, bei welcher sich eine acht- bis zehnfache Sicherheit ergeben soll, vorzunehmen.

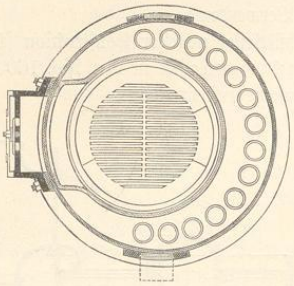
Der Wärmerecipient für Mitteldruck[2] wird nicht als Walzenkessel konstruiert, sondern er wird gebildet durch ein System von 9 bis 11 patentgeschweißten Röhren von 0,10 m äußerem Diameter. (Taf. 35 d d.) Diese vereinigen sich durch vertikale Abzweigungen in einem größeren Sammelrohr g (Fig. 2 u. 4), welches den Anschlußstutzen als Beginn der Hauptzuflußleitung enthält. Ähnlich ist die Anordnung der Sammelkästen h h (Fig. 2 u. 4), welchen das kältere Wasser des Rücklaufrohres M (Fig. 5) zugeführt wird, um sich im Aufsteigen in den Röhren d d wieder zu erwärmen und seinen Lauf durch g nach den Transmissionsgefäßen zu nehmen. Durch die Siederöhren d d

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

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

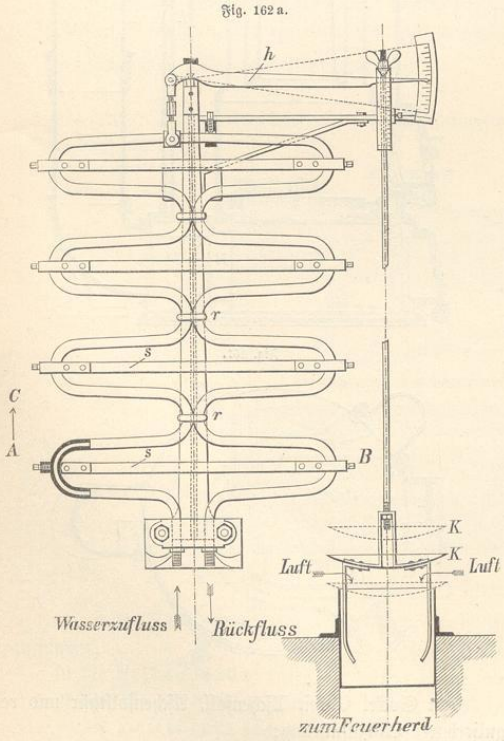
der Rauchkammer D mit Deckel und Abzugsleitung für die Rauchgase.

Fig. 162.



Die bei der Verbrennung erzeugten Gase steigen zunächst durch die ringförmig angeordneten Feuerrohre C C nach der Rauchkammer D, gelangen aus dieser in die äußeren Feuerrohre E E, dann abwärts in den Abteil F des Sockels und aus diesem in den Schornstein. In den resp. Feuerrohren kühlen sich die Heizgase durch Wärmeabgabe an das Wasser erheblich ab. Im Sockel befindet sich außer dem Rauchsammler F der halbkreisartig angeordnete Kanal H für Zuführung und Erwärmung der Verbrennungsluft, welche durch ein mit dem Heizregulator in Verbindung stehendes Ventil in den Kanal eintritt, denselben durchströmt und bei K, Fig. 161, nach dem Rost gelangt. Da die Innenwandung des Kanales durch Strahlung der glühenden Kohlen und der heißen Asche erhitzt wird und die äußere mit den Heizgasen stetig in Berührung ist, so tritt die in H einströmende Luft hoch erwärmt an das Brennmaterial heran. Der Kessel kann indessen auch ohne Luftvorwärmekanal zur Anwendung kommen.

Fig. 162a.

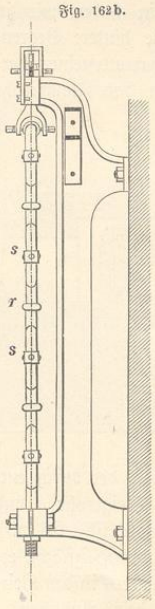


b) Wärmeregler.

Für Kesselanlagen, die während des Nachtbetriebes der Beaufsichtigung durch das Heizpersonal nicht unterstellt werden, sind selbstthätige Vorrichtungen zum Regulieren der Wärme — sogenannte „Wärmeregler“ — erforderlich. Die Konstruktion derselben beruht meistens auf der Ausdehnung fester oder flüssiger Körper durch die Wärme und Übertragung der dadurch erzielten Längenausdehnung auf die Regulierungsklappe des Kanales für Zutritt der Verbrennungsluft.

Der in Fig. 162a u. 162b dargestellte Wärmeregler (Patent Walz) beruht seiner Wirkung nach auf der Ausdehnung resp. Zusammenziehung eines Rohres durch die Wärme des darin strömenden Wassers. Wagerechte Ausdehnung der Rohrschleifen in der Richtung von A nach B wird durch die Ringer und die Strebens verhindert, es kann daher die Bewegung nur in der Richtung von A nach C vor sich gehen. Durch den Hebelarm h, der auf unverrückbarem, schneidenförmig gestalteten Unterstützungspunkt ruht, wird sodann die Bewegung der Rohrschleifen zum Senken oder Heben der Luftregulierungsklappe K benutzt.

Fig. 162b.



c) Zufluß- und Rückflußleitungen.

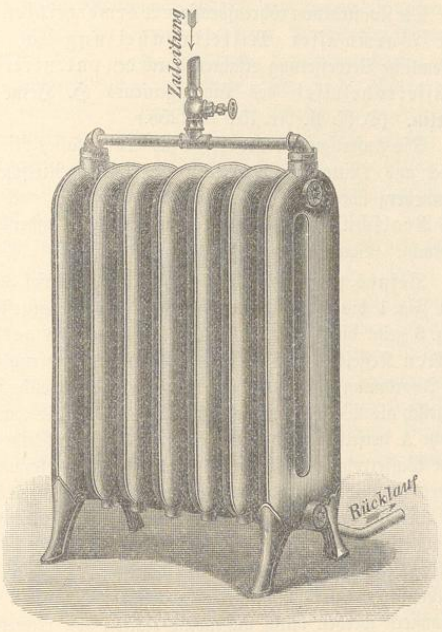
Dieselben werden jetzt fast ausschließlich aus Schmiedeeisenrohr, selten aus Kupfer hergestellt, und zwar geschieht die Verbindung der Rohre bis zu 5 cm aufwärts mit Gewindemuffen, die 6 bis 15 cm weiten Leitungen werden dagegen aus patentgeschweißtem

stellt. Bei senkrechter Rohrstellung sind die Rippen „radial“ angeordnet.

Freistehend vor der Wand aufgestellte Rippenheizkörper werden durch Vorsetzer von perforiertem Blech oder Holz verkleidet; erst in neuerer Zeit haben einige namhafte Firmen, darunter das Eisenwerk Kaiserslautern, Zierheizkörper, sogenannte Radiatoren, hergestellt.

Einen derartigen 1,0 m hohen Zierheizkörper stellt Fig. 170 dar; die Zuleitung des Heizwassers geschieht durch oberhalb auf den Endelementen angebrachte Eintrittstutzen während das abgekühlte Rücklaufwasser durch einen

Fig. 171.

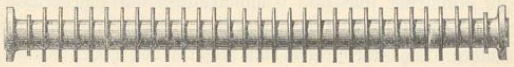


Austrittstutzen vom mittleren Element her unterhalb abfließt. Dadurch wird eine schnelle und gleichmäßige Verteilung des Heizwassers, also eine günstige Ausnutzung der Heizfläche gesichert.

Die in Fig. 171 zur Darstellung gebrachten, glatten Heizkörper eignen sich besonders für Krankenzimmer und Operationssäle, wo jede Staubbildung vermieden werden muß; sie haben daher neuerdings für derartige Räume ausgedehnte Verwendung gefunden.

III. Rohrförmige Heizkörper werden überall da angewendet, wo die Aufstellung von Öfen nicht angänglich oder zu teuer erscheint. So werden in Treibhäusern und Trockenkammern gewöhnlich lange Leitungen in Rohrform hergerichtet, durch welche das Wasser zirkuliert und seine Wärme an die umgebende Luft abgiebt. Wenn aber die zur Erwärmung erforderliche Rohrlänge aus lokalen Gründen nicht angebracht werden kann, so müssen die Leitungen zur Vergrößerung der Heizfläche mit aufgepreßten oder angegossenen Scheiben oder Rippen von runder oder quadratischer Form versehen werden. Solche Rippenrohre werden gewöhnlich in die Leitung eingeschaltet und heißen „Batterien“.[1] Fig. 172 stellt eine derartige Batterie im Grundriß dar.

Fig. 172.



An Stellen endlich, wo die horizontale Lage der Rohre in die vertikale übergeht, sind Verbindungen einzuschalten, welche die Ausdehnung der Röhren unschädlich machen. Man bedient sich dazu biegsamer Kompensationsstücke von Kupfer. In Lokalen, wo die Ausdehnung der Rohre ein beträchtliches Maß erreicht, pflegt man in 15 m Abstand „Stopfbüchsen“ anzubringen. Längere Transmissionsrohre werden zur Verminderung der Reibung auf Rollen gelegt.

B. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

§ 52.

Die Temperatur, bis zu welcher man die Erwärmung im System steigert, beträgt im Maximum 130° C. Das Wasser kehrt mit 65° nach dem Wärmerecipienten zurück; die Temperaturdifferenz ($135^0 - 65^0 = 65^0$) ist daher 10° größer als bei dem System der Niederdruckheizung; der Effektunterschied beruht hiernach auf der absolut höheren Rohrtemperatur, welche eine Spannung von 2 bis 3 Atmosphären hervorruft. Vor der Benutzung ist eine entsprechende Druckprobe, bei welcher sich eine acht- bis zehnfache Sicherheit ergeben soll, vorzunehmen.

Der Wärmerecipient für Mitteldruck[2] wird nicht als Walzenkessel konstruiert, sondern er wird gebildet durch ein System von 9 bis 11 patentgeschweißten Röhren von 0,10 m äußerem Diameter. (Taf. 35 d d.) Diese vereinigen sich durch vertikale Abzweigungen in einem größeren Sammelrohr g (Fig. 2 u. 4), welches den Anschlußstutzen als Beginn der Hauptzuflußleitung enthält. Ähnlich ist die Anordnung der Sammelkästen h h (Fig. 2 u. 4), welchen das kältere Wasser des Rücklaufrohres M (Fig. 5) zugeführt wird, um sich im Aufsteigen in den Röhren d d wieder zu erwärmen und seinen Lauf durch g nach den Transmissionsgefäßen zu nehmen. Durch die Siederöhren d d

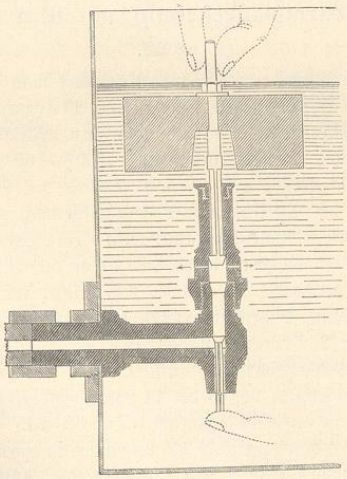
1) Gourney'sche Batterien.
2) System „Schäffer & Walker“.

wird aber die Wassermasse auf ein Minimum beschränkt, es tritt schnellere Erwärmung und ein höherer Temperaturgrad des Wassers im System ein.

In Bezug auf Material, Verbindung und Dichtung der Leitungsröhren findet keine Abweichung von dem System des Niederdruckes statt, nur wird im Verhältnis zu dem vermehrten Atmosphärendruck den Verbindungen eine höhere Sorgfalt zuzuwenden sein.

Der Herd a der Feuerungsanlage ist mit einem Doppelrost versehen und für Füllbetrieb hergerichtet. Zu dem Ende sind zwei Einschüttzargen mit zugehörigem Deckel und außerdem Regulier- und Aschenfallthüren vorhanden. Die Gase steigen vom Rost in den hohen Brennschacht c und bewegen sich dann an den Wasserröhren abwärts (Gegenstromheizung), um durch den Rauchsammler e in den Schornstein zu entweichen. Der Feuerkanal, in welchem die Wasserröhren d d untergebracht sind, ist mit 16 mm dicken eisernen Rippenplatten abgedeckt: die darüber verbleibende Luftkammer f wird demnach erwärmt, und wenn man derselben durch den Kanal i frische Luft zuführt, wird diese erhitzt nach k steigen und zur Erwärmung der Etagen nutzbar sein.

Fig. 173.



Das Expansionsreservoir der Mitteldruckheizung besteht aus einem Wasserbehälter (Fig. 173) am höchsten Punkte des Systemes; mit diesem ist die Rohrleitung fest verschraubt, der Art, daß sie in einem senkrechten Cylinder mit Doppelventil mündet, der am Reservoir durch Verschraubung festgehalten wird. Der untere Ventilkegel wird durch die Spannung des heißen Wassers, der obere durch das Belastungsgewicht festgehalten. Tritt nun Überhitzung des Wassers und demzufolge vermehrter Druck und vermehrte Ausdehnung ein, so wird infolge der Volumenveränderung das Sicherheitsventil gehoben und das heiße Wasser fließt so lange durch die seitlichen Bohrungen aus, als der Überdruck andauert. Beim Fallen der Temperatur vermindert sich dagegen das Volumen, es entsteht ein leerer Raum in der Hauptleitung, also eine saugende Wirkung, welche das untere Ventil öffnet und den Wasserverlust ersetzt. Diese Vorrichtung wirkt also lediglich selbstthätig.

Als Heizkörper des Mitteldrucksystemes werden Röhrenöfen, Register und Transmissionsröhren mit eingeschalteten Batterien, wie solche auf Tafel 33 in Fig. 2 bis 5 dargestellt sind, benutzt.

Die Konstruktion röhrenförmiger Wärmerecipienten für Warmwasser-Mitteldruckheizung hat eine wesentliche Verbesserung erfahren durch den patentierten Wasserrohrkessel des Civilingenieurs **H. Heine in Berlin.** (D. R. P. Nr. 751 u. 2258.)

Die Anfertigung dieser Kessel für Warmwasser-Niederdruck und Mitteldruckheizung ist der Firma **Rietschel & Henneberg** übertragen[1]) und von derselben u. a. auch für das Realschulgebäude in Darmstadt zur Anwendung gebracht. (Vergl. Anwendungen.)

Heines patentierter Röhrenkessel ist auf Tafel 36 in den Fig. 1 bis 2 im Quer- resp. Längenschnitt dargestellt; Fig. 3 zeigt die Ansicht, und zwar diejenige eines gekuppelten Kessels. Das Prinzip des Apparates beruht auf der Anordnung eines Ober- und Unterkessels, welche symmetrisch als Wasserrohrkessel ausgeführt sind. Das centrale Rohr A derselben wird von einer konzentrischen Reihe von acht Wasserrohren B umgeben. Sämtliche Rohre kommunizieren an beiden Enden mit den Kammern C. Die inneren, der Wirkung der Verbrennungsgase ausgesetzten Flächen der Kammern bestehen aus rechteckigen schmiedeeisernen, 12 mm dicken Blechplatten, in welche die sämtlichen Rohre mittels mechanischer Vorrichtung gedichtet (eingewalzt) sind. Die Kammern werden durch gußeiserne Kästen von rechteckiger Grundform gebildet und mittels gehobelter Flanschen an jene Blechplatten verschraubt. Die äußere Wand der Kästen ist nach innen durch Stehbolzen D mit der schmiedeeisernen Rohrwand verbunden.

In der Außenwand ist in der Achse der beiden Rohre A eine Öffnung angebracht und durch den Deckel E verschlossen. Die Dichtungsflächen des Deckels sind mechanisch bearbeitet und durch Kopfschrauben F mit Kupferdraht gedichtet; die in den Wasserraum tretenden Gewinde werden von Bronze hergestellt. — Nach Entfernung des Deckels

1) Die Ausführung der Heine'schen Konstruktion als stationäre Dampfkessel haben die Fabriken von A. Borsig in Berlin und J. Piedboeuf in Aachen kontraktlich übernommen.

kann demnach jede Inkrustation im Inneren der Kesselrohre beseitigt und jedes schadhafte Rohr mit Leichtigkeit durch ein neues ersetzt werden.

Der ganze Kessel ist pro Meter der Länge um 60 mm geneigt, und das aufsteigende warme Wasser tritt durch den Stutzen G_1 am oberen Deckel des vorderen Kesselendes aus, das zurückkommende kalte durch G_2 am unteren Deckel des hinteren Kesselendes ein. Beide Stutzen G_1 und G_2 haben reichlich bemessene Durchgangsquerschnitte für die anschließende Rohrleitung (101 mm).[1]) An dem Stutzen G_1 befindet sich das Thermometer H, um die Temperatur des Wassers im Steigerohr messen zu können.

Der Kessel ruht am Vorder- und Hinterhaupt auf den beiden Platten J^1 und J^2, von denen die erstere zur Anbringung der Ofenarmatur dient. Die Platten N^1 und N^2 werden nur durch die Längsanker K gehalten; da sich jedoch die unteren Enden der Rohrplatten in die Nuten α der erstgenannten Platten setzen, so ist auch am oberen Ende derselben eine Längenverankerung geschaffen, welche freie Längenausdehnung des Kessels gestattet. Der seitliche Abschluß der beiden Kessel erfolgt durch 0,25 m starkes Mauerwerk von Chamotte in dem üblichen Fugenbau. Die obere Fuge der Keilschicht läuft parallel der Neigung des Kessels.

Von dem Roste L, welcher unter dem Kessel liegt und am vorderen Ende durch die Feuerthür L^1 bedient wird, steigen die Gase direkt aufwärts: sie sollen sich gleichmäßig an der ganzen Länge der Wasserrohre verbreiten. Da nun die Gase — infolge der Anordnung von Cirkulationsplatten M M — kontrahierte Querschnitte zu passieren haben, so werden sie gezwungen, die ganze Heizfläche der Rohre möglichst vollständig und in der durch die Pfeile bezeichneten Weise zu bespülen.

Der Rost ist aus zusammengenieteten schmiedeeisernen Lamellen von 7 mm Dicke, bei 5 mm Abstand derselben, konstruiert. Sein vorderes Ende ruht auf einer gußeisernen Rostplatte N, welche ihrerseits von der Vorplatte N^1N^1 getragen wird. Bei Wegnahme letzterer wird also der ganze Raum unterhalb des Kessels frei. O ist die Aschenthür, welche für den Eintritt der Luft durch einen Gradbogen eingestellt wird. O^1 dient zur Regulierung des Luftzutrittes bei geschlossener Aschenthür.

Um die Gase möglichst gleichmäßig auf die ganze Länge der Wasserrohre zu verteilen, sind zwei Abzugsquerschnitte durch die Rahmen P gebildet und in diese die Drosselklappen P^1 zur Zugregulierung gelegt; durch die Öffnungen P entweichen die Gase in den Fuchs.

Die Rohrplatten der Kammern C reichen bis zur Abgleichungsschicht des Kesselmauerwerkes; daselbst sind an ihnen Winkeleisen R^1 befestigt und auf diese Längsträger R von ⊥förmigem Querschnitt gelagert. Die Abdeckung dazwischen besteht aus gußeisernen Platten, welche auf den Steg der ⊥Eisen gelagert und mit einer Backstein- oder Lehmschicht überdeckt sind.

An dem einen jener ⊥Eisen sind die Rahmen der Drosselklappen P^1P^1 verschraubt, und ferner zwei Lager für die Regulierungsrolle S, deren Handhabung direkt vom Heizerstande aus durch die Zugstange T erfolgt.

Die abziehenden Gase treten zunächst in den Längskanal U, aus dessen Mitte ein Querkanal nach dem Fuchs führt. Die Sohle des Seitenkanales wird ebenfalls durch ⊥Eisen getragen. Wegen des seitlichen Abzuges der Feuergase wird nur eine geringe Höhe für das Kesselsystem beansprucht, was für Aufstellung in Souterrainräumen ins Gewicht fällt.

Die Reinigung der Heizflächen von Flugasche und Ruß, welche für den Unterkessel durch vier Reinigungsthüren V in jeder Seitenwand geschieht, erfolgt mittels Drahtbürsten, und ist zu diesem Behufe an jeder Längenwand mindestens ein freier Raum von 1,45 m Breite erforderlich. Hinter dem Kessel ist derselbe Raum notwendig.

Anm. Um größere Heizflächen zu bilden, werden in der Regel gekuppelte Kessel aufgestellt. Letztere bieten dieselben Vorteile wie die Einzelkessel. Für das aufsteigende Wasser werden die beiden Deckelstutzen G^1 durch das gemeinsame Façonrohr W W Fig. 3, miteinander verbunden und der Anschluß des Steigerohres kann entweder in der Verlängerung von W oder mittels des punktierten Stutzens W^1 direkt nach oben erfolgen. In derselben Weise sind die Stutzen G^2 für den Rücklauf durch ein Rohr X gekuppelt. Durch Einschaltung von Absperrventilen zwischen den betreffenden Stutzen und den Rohren W resp. X kann der eine Kessel außer Funktion gesetzt werden, während der andere in Betrieb ist. — Der Abzug der Gase erfolgt für jeden der Kessel durch einen besonderen Seitenkanal U; die Kanäle sind durch eine Wand Z getrennt und werden durch je ein Blechrohr in den Fuchs eingeleitet.

Zur Entwässerung der Kessel und der ganzen Heizanlage dient ein Hahn Y am Rücklaufrohr X. Ein zweiter Hahn wird zum Anfüllen des Systemes benutzt.

Die Kessel werden in zwei Modellen von je fünf Nummern gefertigt. Tafel 36, Fig. 1 bis 3, stellt die Konstruktion des ersten Modelles, und zwar die Nr. 3 der Fabriktabelle dar mit:

8,26 qm feuerberührter Heizfläche,
0,18 qm Rostfläche,
207 l Wasserinhalt.

Ferner ist:

die Länge der Kesselrohre . . . = 1,5 m,
und die totale Länge des Kessels = 2 m.

1) Für geringeren Durchmesser muß ein Reduktionsstutzen wie in Fig. 3 eingeschaltet werden.

Vorteile des Heine'schen Kessels[1]).

1) Die geschlossenen Wassermassen der Vorder- und Hinterkammer begünstigen das freie Abströmen des heißen und das Zuströmen des kälteren Wassers, so daß sämtliche Wasserrohre unter gleichen Bedingungen sich befinden; die Erfordernisse einer natürlichen Cirkulation sind daher erfüllt.

2) Die Verteilung der Heizgase an den Heizflächen ist eine günstige und bei der geringen Wandstärke der Wasserrohre die Absorptionsfähigkeit derselben auch bei niedriger Temperatur der abziehenden Gase immer noch eine genügende (weil das abgekühlte Wasser nur mit 40° bis 50° C. in die hintere Kammer zurückkehrt).

3) Das Verhältnis zwischen Wasserinhalt und Heizfläche ist nach den angestellten ausführlichen Versuchen und Resultaten ein für Wasserheizzwecke günstiges.

4) Die Verbindungsstellen des Kessels sind der Einwirkung des Feuers ganz entzogen und für die Besichtigung zugänglich. Jeder Kessel wird mit 5 Atmosphären Wasserdruck probiert.

Heißwasserheizung.

§ 53.

Im Gegensatz zur Niederdruckheizung ist das Hochdrucksystem ein hermetisch geschlossenes. Der Charakter der Anlage als Heißwasser-Mitteldruck- oder Hochdruckheizung wird lediglich durch die Temperatur der zur Wärmeaufnahme, resp. Wärmeabgabe bestimmten Rohre und durch die Art der Expansionsvorrichtung bedingt.

Perkins, der Erfinder des Systemes, verwendete schmiedeeiserne gezogene Rohre von $^1/_2$" englisch = 12,5 mm innerem Durchmesser und 6,25 mm Wandstärke; er war zu solchen Rohrdimensionen gezwungen durch die hohen Hitzegrade, die zur Anwendung kamen.

Anm. Nach Perkins' eigenen Beobachtungen betrugen die Initialtemperaturen des Wassers im System 450 bis 560° Fahrenheit, was 232 bis 293 Graden des hunderteiligen Thermometers gleichkommt. Den Wärmestufen von

230°, 260°, 290° Celsius

entspricht aber eine Spannung des überhitzten Wassers von:

27 38 73 Atmosphären,

d. h. eine Spannung gleich derjenigen des bei gleicher Temperatur erzeugten Dampfes. — Die hier in Betracht kommenden Temperaturen und Dampfspannungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, woraus ersichtlich, daß der Atmosphärendruck in ungleich schnellerem Verhältnis zunimmt als die Temperatur.

1) Dieselben sind ausführlich erörtert in Nr. 27 der „Annalen für Gewerbe und Bauwesen" (F. C. Glaser, Berlin, Jahrgang 1878).

Tabelle.

Temperaturgrade nach Celsius	Druck in Atmosphären	Temperaturgrade nach Celsius	Druck in Atmosphären
100	1,0	180,31	10
111,74	1,5	184,50	11
120,60	2,0	188,41	12
133,91	3,0	203,60	16
144,00	4,0	226,30	25
152,26	5,0	265,89	50
159,25	6,0	311,36	100
165,40	7,0	363,58	200
170,81	8,0	423,57	400
175,77	9,0	492,47	800

Die Nachfolger von Perkins haben den lichten Durchmesser der Rohre bis auf 22 mm erweitert, bei 6 mm Wanddicke, also 34 mm äußerem Durchmesser, unter gleichzeitiger Herabminderung der Initialtemperatur des Wassers. Diese Vermehrung des Wasservolumens bis zum Dreifachen des früheren Rohrinhaltes bedingt eine wesentliche Verbesserung, denn es wird dadurch die Reibung vermindert und die Transmissionsfläche vergrößert, auch die Reservationskraft entsprechend erhöht. Die Initialtemperatur des aufsteigenden Stromes beträgt höchstens 300 bis 400° Fahrenheit oder etwa 150 bis 200° C., und diejenige im Rücklaufrohre 50 bis 70° C. Hiernach ergeben sich folgende Grenzwerte für Heißwasserheizung:

	Im Maximum.	Im Mittel.	Im Minimum.
Initialtemperatur des Wassers	200°	175° bis 180°	150°
Temperatur im Rücklaufrohr	70°	60°	60°
Temperaturdifferenz . . .	130°	115° bis 120°	90°

Allgemeine Anordnungen.

Als Wärmerezipient der Heißwasserheizung wird eine im Feuer liegende Spirale (Feuerschlange) aus 34 mm weitem Perkinsrohr benutzt (vergl. Tafel 37, Fig. 2 bis 4). Diese Rohre sind nur an einer Seite mit Schweißnaht versehen und haben im Ofen einen sehr hohen Druck auszuhalten; sie werden daher vor ihrer Verwendung unter hohem Druck geprobt.

Vom oberen Teil der Spirale steigt ein Rohr p in kurzer Linie (um die Abkühlung zu vermeiden) bis zum obersten Geschoß, das beheizt werden soll, auf; es heißt das Steigerohr. Die Transmissionsröhren dagegen können beliebig geführt und überall dahin gezogen werden, wo Wärme an die Lokale abzugeben ist. Nachdem das Wasser in den angemessenen Grenzen abgekühlt ist, wird es in einer rückwärts führenden Leitung zum Rücklaufrohr q und somit zum tiefsten Punkt der Ofenspirale zurückgeführt,

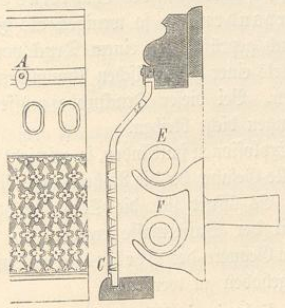
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

um hier aufs Neue erwärmt zu werden. — Ofenspirale, Steigerohr, Heizrohr und Rücklaufrohr bilden also eine geschlossene, in sich zurückkehrende Rundleitung und man nennt jede derartige Kombination „ein System“.

Die Länge der Systeme dehnt man nicht gern über 150 bis 200 m aus, weil die Reibung an den Röhrenwänden und die mancherlei Umbiegungen der Rohre einen erheblichen Widerstand für die Cirkulation des Wassers bilden. Die Cirkulationsgeschwindigkeit nimmt zu mit der Höhe der Röhren, aber auch die Differenz zwischen ihrer Initial- und Endtemperatur hat Einfluß auf dieselbe. Nach Zurücklegung gewisser Strecken empfiehlt es sich also, das Rohr wieder ins Feuer zurückzuführen. Leitet man es nun in diejenige Ofenspirale zurück, von der es ausging, so ist das System ein geschlossenes; führt man es aber in eine zweite, im Feuer liegende Spirale, aus welcher ein ebensolches System ausläuft, das mit seinem Rücklaufrohr sich an die erste Spirale anschließt, so hat man ein gekuppeltes System. So können 4 bis 6 Systeme in einem Ofen vereinigt, von einem Rost aus geheizt und durch eine Pumpvorrichtung gespeist werden. Hierbei werden die Widerstände des einen Systemes durch die geringeren des anderen aufgehoben; freilich soll dann auch die Temperatur des zurückkehrenden Wassers in allen Schlangen möglichst gleich sein, was nahezu gleiche Länge der Transmissionsröhren eines jeden Systemes bedingt.

Die Heizrohre werden in den Lokalen am Fußboden umhergeführt und äußerlich durch eine hohe Sockelleiste, welche gitterähnlich durchbrochen ist, gedeckt. Fig. 174 zeigt

Fig. 174.



in Ansicht und Querschnitt die konstruktive Anordnung der Heizrohre über dem Fußboden. Zu dem Ende werden die Rohre E und F, von denen das untere den Rücklauf vermittelt, in einem in die Mauer eingelassenen gußeisernen Haken versenkt. Das verzierte Schutzgitter von Metallguß wird unterhalb in eine Nut der Fußbodenleiste und oberhalb in den Falz der Sockelleiste eingelegt; einzelne Teile des Gitters lassen sich herausnehmen, um die Rohre, so oft es erforderlich ist, von angesammeltem Staube befreien zu können. Zu dem Ende wird der oben angebrachte Vorreiber A zur Seite gedreht.

In Räumen von untergeordneter Bedeutung bleiben die Rohre unverdeckt. Das Rückführungsrohr legt man unter das Heizrohr, wie Fig. 174 zeigt, und benutzt dasselbe mit zur Wärmeabgabe an das Zimmer.

Nicht selten werden Transmissionsrohre und Rückführungsrohre in den Fußboden verlegt. (Fig. 175.) In solchem Falle sind zwischen den Balken Kanäle ausgespart und mit Schwarzblech ausgefuttert; in diese Rinnen legt man die Rohre und die Öffnung der Heizkanäle wird mit durchbrochenen Eisenplatten abgedeckt.

Fig. 175.



Wenn die Fußbodenleitung nicht zur Heizung genügt, so wird dieselbe zu Spiralen, sogenannten „Heizschlangen“ erweitert und dadurch die Transmissionsfläche entsprechend vergrößert.

Die Expansionsvorrichtung besteht bei Heißwasser-Mitteldruckheizung aus dem belasteten Doppelventil (Fig. 173) und für hohen Druck aus einem Expansionsrohr; in beiden Fällen soll die Vorrichtung am höchsten Punkte des Systemes liegen. — Das Expansionsrohr hat den Zweck, die durch Erwärmung auf 130 bis 200° C. ausgedehnte und aus dem Steigerohr expulsierte Wassermasse aufzunehmen. Ferner sollen sich hier auch Luftblasen ansammeln, die, wenn sie in die Cirkulationsrohre gelangen, der Wasserbewegung Hindernisse entgegenstellen.

Die Größe des Expansionsrohres ist durch Rechnung, wie folgt, festzustellen:

Der Ausdehnungs-Koeffizient des Wassers ist $a = 0{,}00033$. Nehmen wir als Maximum der Temperatur des Wassers $t = 200°$, dann ist der Inhalt sämtlicher Röhren zu multiplizieren mit $1 + a\,t = 1 + 0{,}00033 \times 200 = 1{,}0660$ und das Produkt von dem ursprünglichen Volumen abzuziehen. Der Rest ist das Wasservolumen, welches in den Röhren nicht mehr Platz findet. Der Wasserinhalt einer 22 mm im Lichten weiten Röhre von 100 m Länge ist

$$V = 100 \times 0{,}00038 = 0{,}038 \text{ cbm.}$$

Wird dieser Inhalt auf 200° erwärmt, so erhält er das Volumen

$$V' = 0{,}038 \times 1{,}066 = 0{,}0405 \text{ cbm,}$$

und dasjenige des aus der Röhre austretenden Wassers ist:

$$V' - V = 0{,}0405 - 0{,}0380 = 0{,}0025 \text{ cbm oder } {}^1/_{15}\,V.$$

Das Volumen muß in der Expansionsröhre Platz finden. Wir wählen einen Durchmesser = 0,08 m, wobei der Querschnitt = 0,00502 qm; die Länge des Expansionsrohres für ein 100 m langes System ist daher:

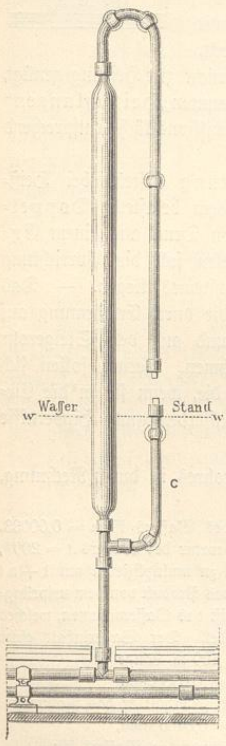
$$\frac{0{,}0025}{0{,}00502} = 0{,}49 \text{ m.}$$

Man macht die Expansionsröhren indeß so groß, daß sie auch den doppelten Inhalt des zu expulsierenden Wassers aufnehmen können; bei Maximalausdehnung wird dann die Luft auf die Hälfte zusammengedrückt, wobei das Rohr wie ein Windkessel wirkt.

Fig. 176 stellt das schmiedeeiserne Expansionsrohr mit Nachfüllstutzen dar. Außer dem 0,05 m weiten Behälter ist ein vertikal abwärts geführter Schenkel von dem Durchmesser des Cirkulationsrohres angesetzt und mit Stöpselschraube verschlossen. Durch diesen soll die Luft entweichen. Das aufwärts gerichtete Rohrende c, welches denselben Verschluß hat, dient zum Nachfüllen des Wassers.

Aus der vorstehenden Beschreibung sind manche positive Eigenschaften des „System Perkins“ abzuleiten. Zunächst ist es der geringe Durchmesser der Rohre, welcher bei leichter Anwendbarkeit deren Unterbringung selbst in vorhandenen älteren Gebäuden gestattet. Ein Verlust an Zimmerraum findet dabei nicht statt, da die Öfen ganz fortfallen und die Heizschlangen sich in Nischen und Fensterbrüstungen aufstellen lassen. — Die Montage ist einfach und die Anlagekosten sind billiger als bei Mittel- und Niederdruckheizung. Die Heizwirkung tritt schnell ein — nach $^3/_4$ bis 1 Stunde. — Der Betrieb ist sehr einfach.

Fig. 176.



Als Nachteile werden hauptsächlich folgende genannt:

1) Die Gefahr des Einfrierens stark exponierter Rohre bei scharfen Nachtfrösten in der Heizpause vom Abend bis zum Morgen. — Dieser Übelstand läßt sich vermeiden durch Aufgabe von Brennstoff für die Nacht, wobei sich die bereits besprochenen Füllfeuerungen vorzüglich bewährt haben.

2) Die Gefahr, daß durch Überhitzung der Rohre Holz entzündet werden kann. Obwohl die Entzündung des Holzes erst bei 425° C. eintritt, ist die Möglichkeit einer Überhitzung doch nicht ausgeschlossen, wenn infolge fehlerhafter Anlage die Rücklaufröhren mit zu hoher Temperatur zum Ofen zurückkehren. Verhindert wird die Überhitzung, sobald eine Füllfeuerung vorhanden ist, bei welcher in der Zeiteinheit eine voraus bestimmte Menge von Brennstoff verbrannt wird und wenn die Cirkulation in angemessener Art vor sich geht.

3) Die Möglichkeit, daß der auf den Heizröhren abgelagerte Staub versengt werde. Die Zersetzung der organischen Stoffe, aus welchen der in der atmosphärischen Luft enthaltene Staub besteht, beginnt erst bei 140 bis 150° C. Da die Initialtemperatur des Wassers für Wohngebäude 160° nicht leicht überschreitet, so wird das Expansionsgefäß höchstens auf 150 bis 155° erwärmt werden und in den zu heizenden Wohnräumen die Rohrtemperatur unter dem Hitzegrad bleiben, der den Staub zersetzt.

4) Die Gefahr des Explodierens der Rohre. Daß Explosionen leicht stattfinden können, ist nicht zu erweisen. Das Material, aus welchem die gezogenen Rohre gefertigt werden, ist so vorzüglich, daß der Quadratmillimeter mit 60 kg in Anspruch genommen werden kann. Die Rohrwandungen sind 6 mm dick, vertragen also eine Inanspruchnahme von $60 \times 6 = 360$ kg pro Quadratmillimeter. Stiege also auch wirklich die Wassertemperatur über 200°, auf:

230° 260° 290°,

so entspricht diesen Temperaturgraden eine Spannung von

27 at 38 at 73 at

Der Druck von 1 Atmosph. beträgt 0,01038 kg pro qmm,
" " " 38 " " 0,39254 " " "
" " " 73 " " 0,75499 " " "

Findet nun Erhitzung auf 260° C. statt, so ist die Sicherheit noch eine 917fache, und bei Erhitzung auf 290° eine 477fache, d. h. es ist in der That keine Explosionsgefahr vorhanden, um so weniger, als die Röhren vor dem Gebrauch geprüft, d. h. einem Druck von 140 Atmosphären mittels einer hydraulischen Pumpvorrichtung unterzogen werden. Bei dieser Druckprobe müssen Rohre und Verschraubungen dicht bleiben.

Wenn Explosionen stattfinden, so geschieht dies im Ofen, und ohne alle Gefahr, da die Röhren von Mauerwerk umgeben sind. Es öffnet sich die Schweißnaht des Rohres und ein Teil der Wassermasse ergießt sich in den Ofen.

Von den Gegnern des Perkins'schen Systemes pflegen noch hervorgehoben zu werden:

5) Die Schwierigkeiten des Regulierens der Temperatur in den Räumen nach vorübergehendem Bedürfnis und

6) die Nachteile beim Absperren einzelner Räume.

ad 5) Durch verstärkte oder verminderte Intensität des Feuers ist dies System allerdings nicht regulierbar: man darf also die Rohrlänge nicht auf den halben Effekt bemessen wollen in der Meinung, bei starker Kälte

durch lebhaftes Feuern auch den größeren Bedarf zu decken. Denn wenn die Anfangs- und Endtemperaturen des Wassers auf 150° resp. 60° C. bemessen sind und damit etwa 32000 Wärmeeinheiten bei normaler Temperatur produziert werden, so würden für die Erzeugung von 64000 Wärmeeinheiten die Wassertemperaturen auf 240, resp. 100° zu steigern sein. Die Zurückführung des Wassers mit hoher Temperatur involviert aber einen erheblichen Verlust an Brennstoff und bringt die schon besprochene Gefahr der Überhitzung nahe, weil der Heizer nicht wissen kann, wie hoch er die Temperatur steigern muß, um den betreffenden Effekt zu erhalten. Statt der Anlage einer Mitteldruckheizung mit 150° Initialtemperatur würde sich daher im vorliegenden Falle „hoher Druck" mit 60° Endtemperatur empfohlen haben. Tritt dagegen milde Witterung ein, so muß das Feuer unterbrochen werden, nachdem die Zimmer hinreichend erwärmt sind, und es darf erst wieder gefeuert werden, wenn die Zimmertemperatur stärker sinkt. Dieser Zustand tritt aber bei der geringen Reservationskraft[1]) des Systemes verhältnismäßig schnell ein.

ad 6) Einzelne Zimmerleitungen oder Spiralen mit Absperrhähnen zu versehen, ist allerdings durchführbar, aber darum mißlich, weil man die abgesperrten Systeme nicht gleichzeitig entleeren kann, diese also beim Aufhören der Wassercirkulation leicht dem Einfrieren unterworfen sind, auch die gewöhnlichen Hähne auf die Dauer nicht dicht bleiben. Sind insbesondere die Hähne nicht genau gebohrt, so werden durch deren Einschaltung leicht Kontraktionserscheinungen hervorgerufen, d. h. die Cirkulation wird gehemmt. Übrigens ist es einer der Vorzüge dieser Heizung, daß zusammenhängende Zimmergruppen ohne wesentliche Mehrkosten eine gleichförmige Wärme erhalten können und für größere Gebäude hat man es außerdem in der Gewalt, durch Anlage kleinerer Systeme die periodisch benutzten Räume von den kontinuierlich geheizten zu trennen.

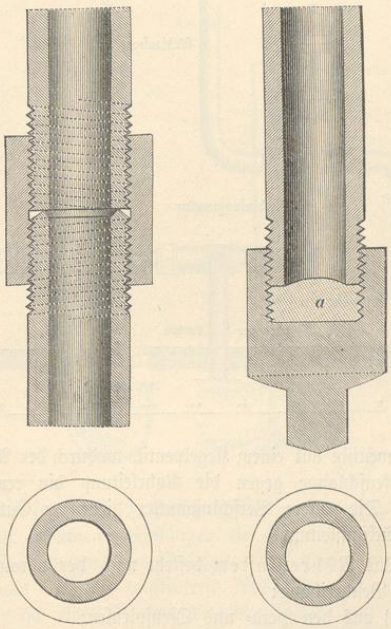
7) Der Vorwurf endlich, daß mit der Hochdruckheizung Ventilation schwierig zu verbinden sei, ist nur mit Einschränkungen zu verstehen, denn auch diese Aufgabe ist rationell zu lösen, wie die folgenden Paragraphen lehren.

§ 54.

Das Röhrensystem und seine Verbindung.

Die Zusammenführung der einzelnen Rohrlängen, welche an dem einen Ende mit Rechts-, an dem anderen mit Linksgewinde versehen sind, geschieht durch Verschraubungen, wozu Verbindungsmuffen dienen, die mit Rechts- und Linksgewinde versehen sind. Da das Gewinde der Muffe nicht vor dem Durchdringen des Wassers schützt, so wird zum Zweck wasserdichter Verbindung das Ende des einen Rohres zugespitzt abgedreht, das Ende des anderen (das mit ihm verbunden werden soll) mit geradem Abschluß versehen, Fig. 177. Mittels der Muffe kann man nun das scharf zugespitzte Ende fest und dicht gegen die ebene Fläche des anderen Endes heranziehen und dadurch vollständiges Dichthalten erreichen.

Fig. 177. Fig. 178.



Um die verschiedenen Windungen, Ecken, Winkel im Cirkulationsgange zu bilden, wendet man Façonstücke an. — Rechtwinkelige Abzweigung wird durch ein schmiedeeisernes ┬ Stück bewerkstelligt, dessen drei Enden mit Gewinde versehen sind. Wo zwei Rohrstränge sich kreuzen, da wendet man Kreuzstücke an, deren vier Enden mit äußerem Gewinde versehen und durch gerade Muffen mit den Anschlußsträngen verschraubt werden. Zur Verbindung zweier Rohrstränge im Winkel dienen Bogenstücke oder geschmiedete Kniestücke. — Das in Fig. 179 u. 180 dargestellte Absperrventil zeigt derartige Kreuzstücke, Bogenstücke und Verbindungsmuffen. Dagegen sind zur Herstellung des Expansionsrohres, Fig. 176, zwei ┬ Stücke verwendet. Der Verschluß des Nachfüllstutzens und des abwärts gebogenen Luftrohres erfolgt mit einer sogenannten

1) Für Schulen und ähnliche Institute stellt sich hiernach der Mangel am Reservationsvermögen als Vorteil heraus, weil das Funktionieren des Apparates den Zeitabschnitten des Unterrichtes genauer angepaßt werden kann. Vergl. Anwendungen § 55.

„Verschlußmutter“ (Stöpselverschluß). Die Dichtung des Stöpsels geschieht hierbei nach Fig. 178 mittels Blei, welches in die Tiefe der Mutter eingegossen ist; beim Anziehen der Mutter preßt sich das Rohrende in die Bleimasse a ein.

Absperrventile werden da angebracht, wo es sich um zeitweise Ausschaltung eines Teiles der Heizröhren oder der Spiralen handelt. Fig. 179 stellt ein Absperrventil dar; es bildet eine Kombination von drehbarem

Fig. 179.

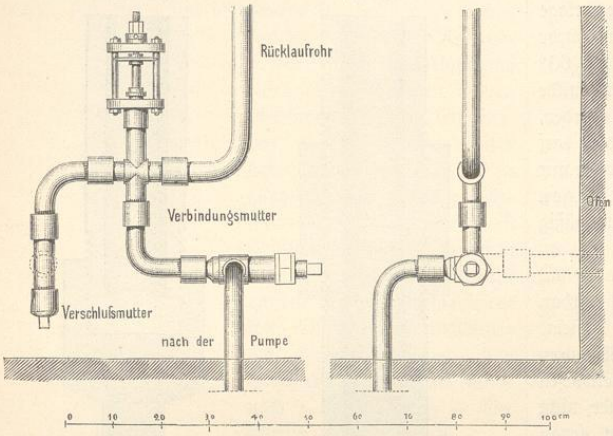


Fig. 179a.

Kolbenventile mit einem Kegelventil, wodurch der Abschluß der Ofenschlange gegen die Rohrleitung hin ermöglicht wird. Die untere Verschlußmutter dient zur Entleerung der Rückflußleitung.

Das Röhrensystem besteht nach der voraufgegangenen Beschreibung:

1) aus den Herd- und Ofenspiralen;
2) aus den Röhren zur Ofen- und Pumpenmontierung;
3) aus den Transmissionsröhren;
4) aus den eingebetteten oder toten Röhren.

§ 55.

Die Öfen und deren Montierung.

Auf Tafel 37, Fig. 1 bis 4, ist ein von **J. L. Bacon** in Berlin konstruierter Ofen für Hochdruckheizung dargestellt. Die Ofenspirale bildet eine sogenannte „geschlossene Schlange“, nämlich ein Oblongum mit abgerundeten Ecken, welches im Grundriß die O-Form erhält. Im hinteren Teile der Schlange befinden sich die Muffenverbindungen des Rohres. Sollen zwischen den Rohrwindungen Spalten nicht bleiben, so werden die hinteren Spiralen abwechselnd in langer und kurzer Windung verlegt, wobei Raum für die Muffe verbleibt. Formveränderungen der Heizschlange werden durch vier gußeiserne Ständer vermieden, in welche die Rohre eingelegt sind. Zwischen dem vorderen Teil der Schlange befindet sich der Rost a und vertikal über demselben der Füllschacht, durch welchen das Brennmaterial (Coaks) auf den Rost hinabgeschüttet wird. Die Einschüttöffnung ist mit dicht schließendem Deckel und Einschüttzarge versehen und das Feuer wird in bekannter Weise geschichtet und entzündet; jedoch soll Anfangs die Hitze im Brennraume nur mäßig gesteigert und später erst auf ihr Maximum gebracht werden. Hierbei passieren die brennenden Rauchgase zunächst die Feuerbrücke g, bespülen die Feuerschlangen an der inneren Seite, gelangen in den Zug c, wo sie — sich nach vorn bewegend — in dem Zuge d die Spirale von außen bespülen und ziehen in der Richtung der Pfeile nach dem Schornstein e. An dieser Stelle ist der Zug verengt und durch den Rauchschieber i regulierbar.

Um den Rost a von Schlacken befreien zu können, ist derselbe als Kippost konstruiert, d. h. er ist um eine horizontale Achse r r drehbar und läßt sich mittels des Hebels s in eine um 90° gedrehte Lage herabschlagen, wobei die Schlacken in den Aschenraum fallen.

Das Ausrußen der äußeren Züge d d geschieht mit Hilfe der vier Verschlußkapseln d' d'. Der innere Brennraum wird gereinigt nach Herumschlagen des Rostes teils vom Aschenraum, teils von der Inspektionsthür k her, indem mit der Bürste die Rohre sorgfältig abgeputzt werden. Angesammelte Rußteile und Flugasche fallen dann abwärts und werden mit der Kratze herausgezogen, wobei man auch die Vorsetzthür im hinteren Aschenraum zu öffnen hat. Diese Reinigung der Heizschlangen und der Züge wird durch die Natur des verwendeten Brennstoffes bedingt und muß in Pausen von vier bis acht Wochen erfolgen. Geschieht dies nicht, so verringert sich der Heizeffekt, es findet unnützer Verbrauch von Brennmaterial statt und der Rost brennt leicht durch.

Zur Füllung des Apparates mit dem erforderlichen Wasserquantum sind am Rücklaufrohr die in Tafel 37, Fig. 1, ersichtlichen Füllrohren und n' angebracht, welche in Verbindung mit dem sogenannten Durchpumphahn l in Funktion treten. Eine vollkommene Füllung des Systemes ist nämlich vom Füllstutzen des Expansionsrohres her nicht zu erreichen (es würde irgendwo in den Rohrwindungen Luft zurückbleiben). Um dies zu verhindern, setzt man an das unterste Füllrohr n eine Füllpumpe an, und pumpt durch dieselbe Wasser in die Rohr-

leitung. Das Wasser nimmt nun seinen Weg zuerst durch die Ofenspirale,[1]) steigt dann bis zum höchsten Punkte der Leitung, durchläuft sämtliche Zimmerrohre und Spiralen und kehrt endlich nach dem Heizraum zurück, wo es durch das obere Füllrohr n′ herausströmt. Die Füllrohre sind beim Durchpumpen gegeneinander mittels des Durchpumphahnes l abgeschlossen; andernfalls würde das Wasser von einem Füllrohr zum anderen gehen, ohne die ganze Leitung zu passieren.

Hat man sich überzeugt, daß bei fortgesetztem Pumpen die an den Rohrwänden adhärierenden Luftblasen von dem Wasserstrahl fortgerissen worden sind, so kann das System als gefüllt angesehen und mit der Heizung begonnen werden.

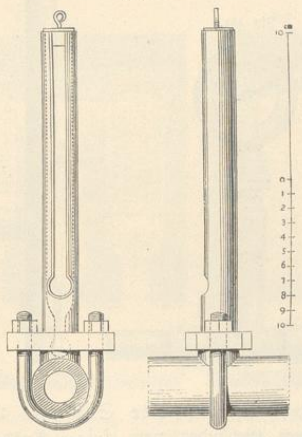
Das Nachfüllen. Trotz der Dichtigkeit der gezogenen schmiedeeisernen Rohre dringt unwahrnehmbar durch die Poren des Eisens der Wasserdampf nach außen, das Wasserquantum wird geringer und die höchsten Stellen der Etagenleitungen füllen sich mit Luft an, welche vorher vom Wasser absorbiert war. Es dokumentiert sich dies zuerst durch starkes Rauschen in den Röhren beim Anheizen und später durch heftiges Schlagen gegen die Rohrwandungen. Solche Geräusche haben immer ihren Grund in Cirkulationsstörungen und wenn der Heizer nicht für Entfernung der stagnierenden Luft sorgt, so wird die Cirkulation gehemmt und das Rohr an der mit Luft gefüllten Stelle überhitzt, was namentlich dann gefährlich werden kann, wenn der betreffende Rohrteil im Ofen liegt.[2])

Anm. Gewöhnlich gelingt es durch Lüften der Kapselschraube, am Fußstutzen des Expansionsrohres die Luft aus der Leitung zu entfernen; wenn dagegen ein Expansionsreservoir mit Druckventil vorhanden ist, so wird das letztere öfter vorsichtig einen Moment lang gehoben (wie Fig. 174 verdeutlicht). Hierbei giebt sich das Ausströmen der Luft durch heftiges Aufsteigen von Luftblasen zu erkennen. Ist aber der Apparat auf solche Weise nicht luftfrei zu machen, so ist ein Durchpumpen desselben erforderlich, was in der oben beschriebenen Art geschieht, in der Regel aber nur in Abständen von ein bis zwei Jahren sich als nötig herausstellen wird.

Bei Expansionsrohren erfolgt das Nachfüllen durch den seitlichen Füllstutzen bis zur Linie des normalen Wasserstandes w w, Fig. 174, und ist dazu zweiwöchentlich etwa $^1/_2$ l Wasser erforderlich. Bei dem auf S. 136 dargestellten Doppelventile, Fig. 173, geschieht die Füllung ganz selbstthätig.

Um den Heizer in den Stand zu setzen, daß er die Temperatur am Steigerohr beobachten könne, ist an demselben eine Kapsel in Form einer offenen Hülse angebracht, welche mittels einer Schraubenzwinge auf dem Steigerohr festgehalten wird und zur Aufnahme eines Thermometers dient, dessen Glaskugel in ein Ölbad[1]) eintaucht, Fig. 180. An dieser Stelle soll die Temperatur des Rohres das vorgeschriebene Maximum von 150° in der Regel nicht übersteigen.

Fig. 180.



Die Firma **J. L. Bacon** in Berlin verwendet bei den von ihr gebauten Heizanlagen ein sinnreich konstruiertes Zeigerthermometer zur Ablesung der Wassertemperatur. Das aus Messing konstruierte kreisrunde Thermometergehäuse hat einen Durchmesser von 135 mm und wird bei wagrechten Heizröhren nach Fig. 181 und bei senkrechten Strängen nach Fig. 182 mit der Rohrleitung verbunden. Das Zifferblatt hat einen Durchmesser von 100 mm und ist in 200 Grade eingeteilt, welche dem hundertteiligen Thermometer entsprechen. Der Maßstab ist ein so großer, daß der Heizer von seinem Platz aus mit Bequemlichkeit noch Halbe- und Viertelgrade abzulesen im stande ist. Die Wassertemperatur wird gemessen durch die Längenveränderung eines mit dem Gehäuse des Thermometers ver-

1) Hierbei hat man auch die Gewähr, daß allerlei Unreinigkeiten, welche sich von den Rohrwandungen ablösen, sich nicht in der Ofenschlange festsetzen, sondern vom Wasserstrom nach oben fortgetragen werden und durch das Rohr n′ abfließen.

2) An der glühenden, mit Wasser nicht gefüllten Stelle der Spirale bildet sich dann Glühspan, dieser fällt ab, das Rohr verliert Wandstärke und wenn sich in Berührung mit dem Wasser die Dampfspannung plötzlich erheblich steigert, kann das Rohr gesprengt werden. Mit starker Detonation öffnet sich dann die Schweißnaht auf 20 bis 30 cm Länge und das Wasser strömt in Dampfform aus — gewöhnlich nur ein kleiner Teil, weil der größere Teil in der Röhre durch den Luftdruck zurückgehalten wird.

1) Die Fabrikanten Ahl & Poensgen in Düsseldorf haben ein Quecksilberbad für diesen Zweck verwendet (vergl. Fischer: das Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim in der Zeitschrift des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover), welches die Temperatur des eingeschlossenen Wassers annähernd genau zeigt; es ist aber zu befürchten, daß die Quecksilberdämpfe gefahrbringend für den Heizer werden können.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bundenen, unten geschlossenen Messingrohres von 20 mm Durchmesser, welches in Rohrabzweig (Fig. 181 resp. 182) — d. h. in das erhitzte Wasser eintaucht. Ein in demselben frei stehender Stab von Porzellan dient aber als Stützpunkt für einen stählernen Winkelhebel, welcher die Längenveränderungen direkt auf ein Zahnsegment und durch dieses auf die Zeigerwelle überträgt und dadurch den Zeiger des Thermometers bewegt.

Fig. 182.

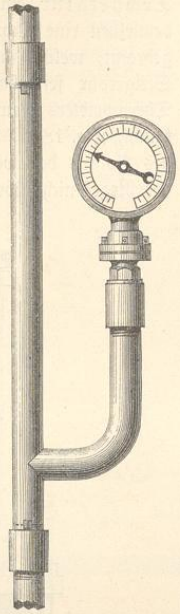
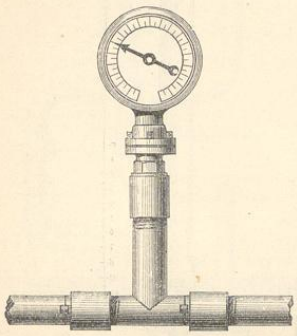


Fig. 181.



Öfen für gekuppelte Systeme. Bei der Beheizung eines Gebäudes von einiger Ausdehnung zieht man vor — selbst dann, wenn die Räume nur in einer Etage liegen — die Länge des Heizrohrsystemes nicht über das angegebene Maß von 150 bis 200 m auszudehnen, denn zu große Ausdehnung des Rohrsystemes hat den Nachteil, daß die ganze Leitung außer Thätigkeit gesetzt werden muß, sobald an einem Punkte Reparaturen erforderlich werden. So sind zur regelrechten Erwärmung des auf Tafel 41 dargestellten Wohngebäudes vier Systeme mit zusammen 430 m Transmissionsrohr angeordnet worden. Je zwei Systeme haben eine gemeinsame Feuerschlange, der Ofen also zwei Schlangen, und die Kuppelung der vier Systeme geschieht nach dem Schema Fig. 205. Die beiden Schlangen (Fig. 183 u. 184) sind langgestreckt, 1,57 m lang, 0,30 m breit und in 0,30 m Abstand gestellt. Der Füllschacht liegt teils im Mauerwerk, teils wird er durch einen geneigten Rost b gebildet, an welchen sich ein schmaler Planrost a mit Kippvorrichtung anschließt. Der Brennstoff (Coaks) kann ziemlich hoch geschichtet werden; die Feuergase bewegen sich nach dem Passieren der Feuerbrücke erst im mittleren Zuge d nach hinten und dann, die äußere Windung der Schlangen bespülend, an der Stirnwand aufwärts, um sich im Fuchs h zu vereinigen und in den Schornstein zu ziehen.

Die Bewegung der Verbrennungsgase längs der Spirale ist derjenigen des cirkulierenden Wasserstromes in der Spirale entgegen gerichtet (Gegenstromheizung).

Fig. 183.

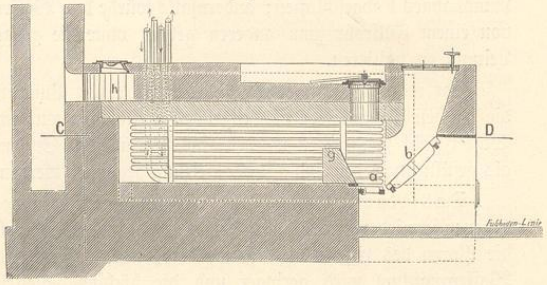
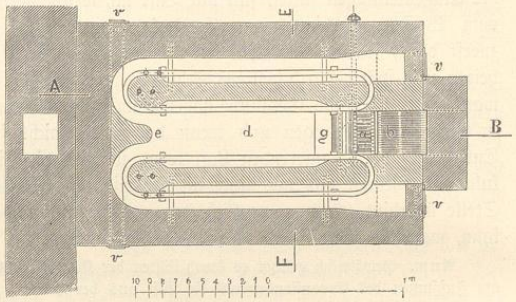


Fig. 184.



Die sonstigen Anordnungen weichen nicht erheblich von der auf Tafel 37 dargestellten Ofenkonstruktion ab. Zur Entrußung der Züge dienen Reinigungskapseln v. Die oberen Züge sind durch den Verschlußdeckel kontrolierbar.

Tafel 38 stellt einen von der Firma **J. L. Bacon** ausgestellten Ofen neuester Konstruktion im Grundriß, Längenschnitt, Querschnitt und in der Vorderansicht dar. Derselbe ist als Füllfeuerung konstruiert und enthält zwei oblonge Heizschlangen mit abgerundeten Enden. Die Windungen der Schlangen setzen sich bis dicht an den schrägen Rost a (Fig. 2) fort, wodurch der Brennraum seitlich vollständig abgeschlossen wird. Dadurch ergiebt sich das höchste Maß der Ausnutzung des Brennstoffes, denn die vorderen Enden der Feuerschlangen bleiben in stetem Kontakt mit dem glühenden Brennmaterial und die aus demselben entwickelten Feuergase werden so geführt, daß sie jedes einzelne Rohr der Schlange in seinem vollen Umfange bespülen. Hierbei nehmen die Verbrennungsprodukte, sobald sie die Feuerbrücke passiert und sich an der Zunge c in zwei Parallelströme gespalten haben, ihren Weg in der

Richtung der im Grundriß eingezeichneten Pfeile, wobei sie im II. Zuge die äußeren Hälften der Heizschlangen berühren und an diese ihre Verbrennungswärme absetzen. Da die Richtung der Heizgase entgegengesetzt ist derjenigen des Wassers in den Heizschlangen, so ist auch Gegenstromheizung vorhanden. Nachdem die Gase den Zug II passiert haben, steigen dieselben zu beiden Seiten vertikal empor (vergl. Fig. 2) und durchstreichen den Feuerkanal III, durch den sie nach dem Schornstein gelangen. Zur Zugregulierung dienen die Schieber s s, Fig. 4, welche von der Stirn des Ofens aus nach Bedarf eingestellt werden können.

Behufs Entrußung der Feuerzüge wird die Aschenthür geöffnet, es werden die Stäbe des schrägen Rostes herausgenommen und die auf Träger von Rundeisen gelagerten Feuerschlangen mit der Bürste sorgfältig abgeputzt, wobei der Ruß auf den Boden des Zuges I hinabfällt und mit der Kratze herausgezogen werden kann. Zu diesem Zwecke ist die hintere Vorsetzthür im Aschenraume herauszunehmen. Die Feuerzüge II sind zugänglich durch die in Fig. 1 mit v bezeichneten Reinigungskapseln.

Zur Entleerung des Planrostes von Schlacken und Aschenrückständen ist derselbe wieder als Kipprost konstruiert.

Die Steigerohre befinden sich bei dieser Ofenanordnung direkt über der Feuerbrücke; die Rückflußrohre kehren zu beiden Seiten des Rostes in die untersten Windungen der Ofenschlangen zurück. — Formveränderungen der Ofenspiralen werden durch übergeschobene Zwingen verhindert.

Eine von der vorstehenden abweichende Anordnung wendet **Johannes Haag** in Augsburg an; hier dient ein Rost zur Erhitzung von zwei gesonderten Ofenspiralen. Von dem Roste a (Fig. 185 u. 186) ziehen die Feuergase über die Feuerbrücken b b, durchströmen die doppelten O-förmigen Schlangen, welche alternierend verlegt sind, so daß eine möglichst vollständige Berührung des Rohrumfanges mit den Rauchgasen erreicht wird, und strömen durch die Öffnung am Boden der Rohrkammer abwärts in den gemeinsamen Rauchkanal. Die Schlangen ruhen mit ihren unteren Enden auf zwei starken eisernen Balken in einer aus Chamottegemäuer hergestellten Kammer, deren Verbindung mit dem Rauchkanal durch Drosselklappen k nach Bedürfnis reguliert oder auch abgesperrt werden kann, wenn das eine System von der Beheizung ausgeschlossen werden soll. Zur Absperrung einzelner Feuerschlangen dienen eingeschaltete Ventile. — Die Rohrkammern sind in voller Höhe durch eiserne Thüren abgeschlossen, um bei Reparaturen eine schnelle Auswechselung schadhafter Teile bewirken zu können.

Folgerungen. Die Bewegungsrichtung der Feuergase in dem Haag'schen Ofen ist nach abwärts, und die des Wasserstromes nach oben gerichtet, aber die Gase streichen im rechten Winkel gegen die Röhren und daher ist reine Gegenstromheizung nicht vorhanden. Das Umspülen der Rohre kann zwar frei erfolgen, aber es wird

Fig. 185.

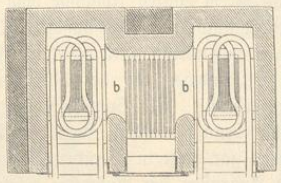


Fig. 186.

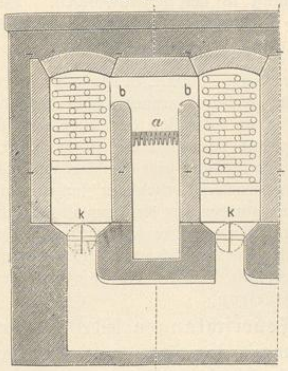
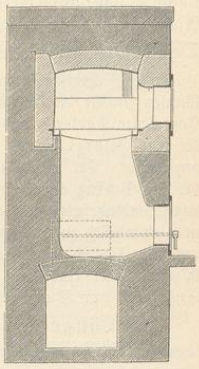


Fig. 187.



vorwaltend nur die obere Rohrhälfte durch direkte Flammenberührung erhitzt und der Weg der Verbrennungsprodukte ist ein so kurzer, daß die Gase mit ziemlich hoher Temperatur zum Rauchkanal entweichen. — Die Reinigung der Öfen ist dagegen leicht und bequem und — worauf ein großer Wert gelegt werden muß — das Ausschalten schadhafter Schlangen ohne Schwierigkeiten erreichbar.

Die unzweckmäßige, wenn auch Raum sparende Aufwickelung der Ofenröhren in mehr oder weniger dicht geschlossene cylindrische Spiralen, bei denen immer nur ein

Fig. 188.

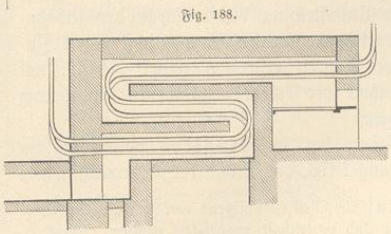
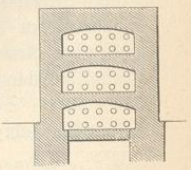


Fig. 189.



Teil der Oberflächen vom Feuer umspült wird, ist bei der von **Karl Schinz** (in Dinglers polytechnischem Journal, Jahrg. 1876) mitgeteilten, und in Fig. 188 u. 189 mit

geringen Modifikationen dargestellten Ofenkonstruktion umgangen. — Hier ist ein System paralleler, doppelter Flachschlangen in der Art angeordnet, daß den Rauchgasen auf einem langen Wege in den Feuerzügen die Wärme möglichst vollständig entzogen wird; da die Röhren an ihrem ganzen Umfange vom Feuer bespült werden, so findet auch eine gleichmäßigere Abnutzung und vermehrte Wärmeabsorption statt. Endlich ist das Gegenstromprinzip vollständiger als bei allen vorhergehenden Konstruktionen erfüllt.[1]) Als Brennstoff kann außer Coaks auch Steinkohle benutzt werden, weil das Brennmaterial mit den Röhren gar nicht in Berührung kommt. — Das Reinigen und Ausrußen der Rohrzüge erfolgt durch Öffnungen mit Kapselverschluß in den Stirnwänden. Das Auswechseln schadhafter Schlangen ist allerdings ohne Deformation des Ofens nicht angänglich.

Geschichtliche Anmerkung. Einen Ofen mit flachen Feuerspiralen (welche die Engländer grid-iron nennen) haben schon die Ingenieure Perkins und Bacon beim Bau der Heizanlagen für die von Gilbert Scott erbaute Nicolaikirche zu Hamburg angewandt. Der Durchschnitt ihres Ofens zeigt allerdings an Stelle der von Schinz angeordneten massiven horizontalen Zungen solche von Eisenblech; aber auch diese genügen, um die Feuergase zu leiten und deren Weg zu verlängern. An den Ofen schließt eine gewölbte und von Flachschlangen durchzogene Luftheizkammer. Diese Kirchenheizung bildet eins der frühesten Beispiele des kombinierten Systemes der Wasserluftheizung.

Die Länge der Feuerschlangen bildet bei Anlage der Heißwasserheizungen eine Frage von erheblicher Wichtigkeit. Offenbar ist dieselbe abhängig von der Cirkulationsgeschwindigkeit und der Wärmeabsorption im Ofen und kann daher, wie die Kesselfläche der Niederdruckheizungen, theoretisch ermittelt werden.

Da ein Quadratmeter Kesselfläche nach Redtenbacher bei 1° Temperaturdifferenz stündlich 59,35 Wärmeeinheiten aufnimmt, so werden von einem laufenden Meter Perkinsrohr von 22 mm Lichtweite und 69 mm Umfang stündlich absorbiert:

$$59{,}35 \times 0{,}069 = 4{,}09 \text{ Wärmeeinheiten}$$

vorausgesetzt, daß das Rohr überall frei vom Feuer umspült ist, eine Unterstellung, die freilich bei den gewöhnlichen Herdkonstruktionen (welche ein möglichst nahes Zusammenlegen der Röhren erstreben) nicht zutrifft, mit alleiniger Ausnahme der zuletzt besprochenen Anordnung mit Flachschlangen.

Karl Schinz hat in Dinglers polytechnischem Journal, Jahrgang 1876, die Größe der Wärmeaufnahme im Ofen durch Rechnung bestimmt, unter Annahme folgender hohen Temperaturen:

T′	Initialtemperatur der Gase im Ofen .	1400° C.
T″	Endtemperatur derselben beim Eintritt in den Schornstein	300° C.
t″	die Initialtemperatur des Wassers im Steigerohr	250° C.
t′	die Temperatur, mit welcher das Wasser in den Ofen zurücktritt.	60° C.

woraus die mittlere Temperaturdifferenz im Ofen

$$T - t = \frac{T' + T''}{2} - \frac{t' + t''}{2} = 695°$$

und die Wärmeaufnahme eines laufenden Meter Perkinsrohr von 22 mm innerem Durchmesser

$$695 \times 4{,}09 = 2842 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Bezeichnet nun W die stündlich erforderte Wärmemenge und L die Länge des Rohres im Ofen, so ist

$$L = \frac{W}{2842} \text{ Meter.}$$

Dieses Resultat ist noch mit einem Fehler behaftet, weil das Ofengemäuer aus dem Verbrennungsraum und den Feuerzügen Wärme aufnimmt und an die umgebende Luft etwa $^1/_4$ der vom Brennmaterial produzierten Wärme zerstreut, wodurch die mittlere Temperaturdifferenz T — t eine geringere wird. Die Länge der Ofenschlangen ist daher noch um 10 Proz. zu verlängern, woraus als Endergebnis folgt:

daß die Ofenschlange (System Schinz) nur $^1/_{15}$ der Gesamtrohrlänge erfordert.

In der Praxis wird die Länge der Ofenschlangen erfahrungsmäßig festgestellt; man rechnet

für geschlossene Schlangen = 10—12% der Gesamtrohrlänge,
„ offene „ = 13—15% „ „ „

§ 56.

Die Transmissionsröhren.

Die Heizrohrleitung beginnt am oberen Ende der Ofenschlange und steigt von hier bis zu demjenigen Geschoß auf, welches geheizt werden soll. Ein Teil der Wärmeröhren wird entweder nach Fig. 174 am Fußboden längs der Umfassungsmauern der Räume hingeleitet[1]) und dort

1) Der Schinz'sche Ofen ist übrigens von J. Haag in Augsburg aufgenommen und vorteilhaft ausgebildet worden. Vergl. H. Fischer: Bericht über die Heizungs- und Ventilationsanlagen zu Kassel in Dinglers polyt Journal, Jahrg. 1877. — Auch J. und F. Röbbelen in Dresden konstruieren Öfen mit Flachschlangen und Gegenstrom.

1) Es hat sich der Gebrauch herausgebildet, vorwaltend die Fensterwand zur Unterbringung der Heizrohrleitung zu benutzen, weil die drei übrigen Umschließungswände der Wohnräume gewöhnlich Thüröffnungen erhalten, an denen man gezwungen ist, die Rohre abwärts zu ziehen und in Blechkanälen innerhalb des Fußbodens unterzubringen. (Vergl. Thürübergänge.) In Eckzimmern mit zwei freien Fensterwänden ist der Rohrbedarf meist leichter zu plazieren, und wenn ein Rohrstrang mit Rücklaufrohr nicht genügt, werden dann doppelte

durch gußeiserne Stühle oder Konsole unterstützt, oder (wie in Fig. 175) in den Fußboden eingesenkt und mit durchbrochenen gußeisernen Platten abgedeckt. Wenn die Zu- und Rückleitung nicht genügt, um das Zimmer zu erwärmen, dann wird entweder

a) eine Flachschlange, d. h. ein in einer vertikalen Ebene liegender Registerzug, Fig. 190 u. 191, unterhalb

Fig. 190.

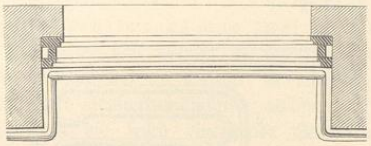
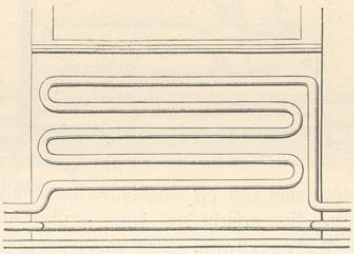


Fig. 191.



des Fensterbrettes in der Brüstung angebracht, oder das Rohr wird

b) zu einer länglich cylindrischen Spirale, Fig. 192 u. 193, zusammengewickelt, die dann in der Fensternische, zuweilen auch frei im Zimmer Aufstellung findet und mit einem mehr oder weniger reichen Mantel umgeben ist. Die cylindrischen Spiralen bieten nebenher Gelegenheit zur Herstellung einer Zimmerventilation. Es wird dann in der Mauer nahe dem Fußboden ein Kanal angelegt, und durch diesen und die Höhle der Spirale ein Blechrohr geschoben, welches in den Kasten d einmündet. Die bei a eintretende frische Luft steigt in den Kasten d auf und tritt durch das im Fensterbrett angebrachte Gitter erwärmt in den Zimmerraum ein. Nebenher tritt aber auch Zimmerluft bei f in den Kasten ein, bestreicht die im Durchschnitt sichtbare Spirale, und gelangt gleichfalls durch das Gitter c ins Zimmer zurück. Der Apparat vereinigt also Ventilation und Cirkulation. Wenn die Drosselklappe b horizontal eingestellt und dadurch der Zutritt frischer Luft zu d abgesperrt wird, dann bleibt allein die Cirkulation in Thätigkeit.

Fig. 192.
Querschnitt.

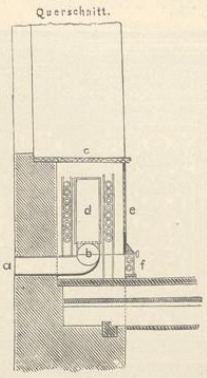


Fig 193



Muß die Heizrohrspirale etwa in der Ecke des Zimmers, an der Fensterwand, Aufstellung finden, so wird die Heizkörperverkleidung im Grundriß entsprechend gestaltet und als Eckspindchen mit durchbrochenen Füllungen ausgebildet. Dasselbe stellt dann einen Wärmofen dar, der reichlich Wärme an die Zimmerluft abgiebt und die frische Luft kann, wie vorher durch die Frontwand, zutreten.

Läßt sich die Heizspirale nur an der Mittelwand plazieren, so muß man die frische Luft entweder in der Zwischendecke oder mittels ausgesparter Luftkanäle, in der Mittelwand, zuführen. Wird die Klappe a geschlossen (Fig. 203) und der Sockel der Heizkörperverkleidung geöffnet, so findet Cirkulation der Zimmerluft statt. Wird a geöffnet und das Sockelgitter geschlossen, so tritt nur frische und erwärmte Luft in das Zimmer. Bei Nacht wird a geschlossen gehalten.[1])

Auch den ästhetischen Anforderungen, welche an die Heizkörperverkleidung gestellt werden können, suchen die Fabrikanten dieser Branche voll zu genügen. Hölzerne Zierverkleidungen werden, da diese wenig haltbar sind, gegenwärtig selten verwendet; dagegen werden u. a. von dem Hoflieferanten Gärtler in Darmstadt recht geschmackvolle Muster in Gußeisen, Cuivrepoli und Kupfer geliefert. — Fig. 194 stellt eine in Cuivrepoli ausgeführte Heizkörperverkleidung mit abgerundeten Seitenteilen dar.

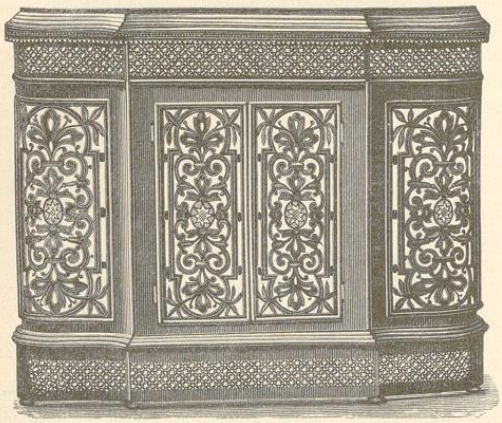
Da die Herstellung in Kupfer oder Messing zu teuer ist und gußeiserne Gehäuse das Gebälk unnötig belasten, so wählt man neuerdings mit Vorliebe zur Herstellung der Heizkörperverkleidungen durchlochte Eisenbleche,

Stränge verlegt (wie u. a. in der Aula des Adreaneum zu Hildesheim). Solche Anordnung erfordert aber — um die Rohrleitung zu verdecken — ein mindestens 40 cm hohes durchbrochenes Wandpaneel, wodurch die Anlage erheblich verteuert wird. — In Räumen von untergeordneter Bedeutung kann das vergitterte Rohrpaneel gespart werden.

1) Vergl. Friedrich Paul, Heiz- und Lüftungstechnik, Fig. 187.

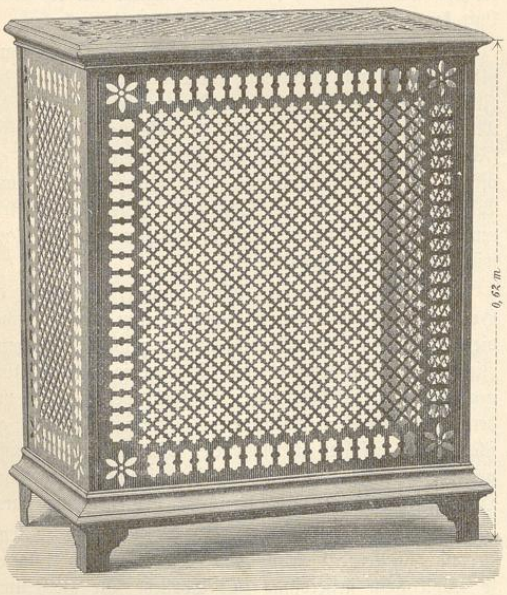
sogenannte Gitterbleche von 1 bis 2 mm Blechstärke oder perforierte Bleche mit gepreßten Profilen und Eckverstärkung durch schmiedeeiserne, profilierte, hohlgezogene

Fig. 194.



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

Fig. 195.

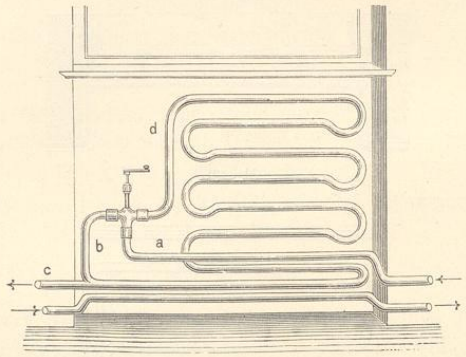


Th. Schmidt & Herkenrath in Berlin als Spezialität fabriziert. Diese Fabrik liefert auch kaminartige Heizkörperverkleidungen aus Schmiedeeisen.

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

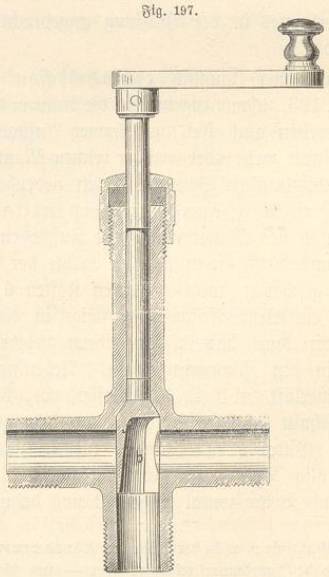
Absperrhähne. Flachschlangen und cylindrische Spiralen werden gewöhnlich in der Weise eingerichtet, daß das Wasser zwar in den Windungen cirkuliert, daß die

Fig. 196.



letzteren aber auch von der Cirkulation ausgeschlossen werden können. Es geschieht dies durch den in Fig. 196 dargestellten Absperrhahn. Bei entsprechender Stellung

Fig. 197.



des Löffels l in Fig. 197 wird dann das Wasser verhindert, den Weg durch die Spirale zu nehmen und gelangt aus dem Rohre a durch die Biegung b wiederum in die

Fortsetzung c des Fußbodenrohres. Fig. 197 stellt den Durchschnitt des Hahnes, der durch eine Kurbel bewegt wird, im größeren Maßstabe dar. Um die Kurbel jederzeit zugänglich zu machen, ist die vergitterte Füllung des Fensterpaneels in Scharnieren um die untere Kante drehbar und oberhalb durch einen Zungeneinreiber festgestellt.

Bei der von Joh. Haag eingerichteten Heißwasserheizung der Bürgerschule V, in der Koflergasse zu Wien, besteht die Heizrohrleitung aus zwei getrennten Teilen. Der eine Teil enthält die Systeme der Fußbodenrundrohre und hat die Wärme zu ersetzen, welche durch Wand- und Fenstertransmission verloren geht, der andere Teil hat die frisch eintretende Ventilationsluft mittels der Spiralöfen zu erwärmen. Je nach dem Stande der Außentemperatur kann man also mit den Rundrohren allein, mit den Spiralen allein, oder mit beiden zugleich heizen.

Fig. 198 u. 199.

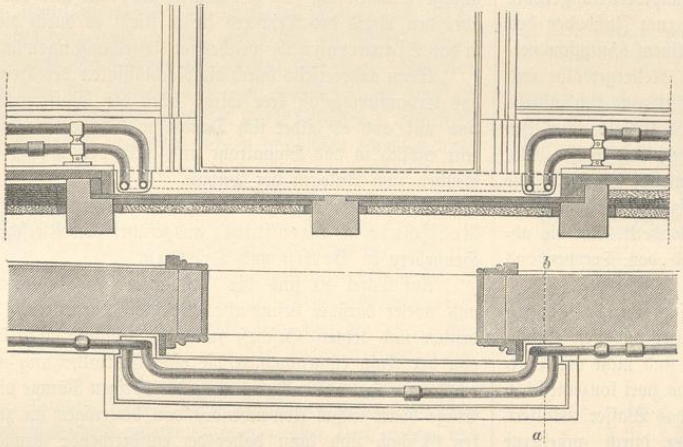
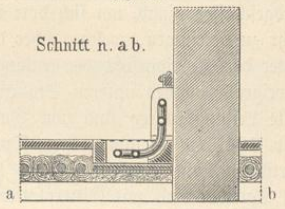


Fig. 200.



Folgerungen. Aus dem Vorstehenden ergiebt sich daher, daß bei Heißwasserheizungen neben der Erwärmung auch die Zwecke der Ventilation sehr wohl erreicht werden können und das Funktionieren des Apparates ist lenksam genug, um auch eine normale Beheizung, wie sie der herrschenden Lufttemperatur entspricht, damit zu erreichen. Daß dem vorübergehenden Minderbedarf an Wärme während einzelner Tagesstunden durch Unterbrechung der Heizung leicht Rechnung getragen werden könne, wurde bereits erwähnt und ist in den „Anwendungen“ noch näher zu begründen.

Thürübergänge. Um mit den hinter Sockelleisten verdeckt angebrachten Transmissionsrohren an den Thüröffnungen vorüberzukommen, werden die Rohre wie in Fig. 198 u. 199 abwärts gezogen, dann horizontal gekröpft und in eine Rinne von Schwarzblech, welche bündig mit den Balken in die Zwischendecke eingelassen ist, neben einander verlegt, endlich werden dieselben nach Aufbringen der Dielen mit durchbrochenen gußeisernen Platten abgedeckt. Dadurch werden die Rohre auch für die Transmission wirksam gemacht, was nicht erfolgen konnte, wenn die Rohre „verpackt“, d. h. unter die Dielung verlegt und in Lehm oder Leroi'sche Wärmeschutzmasse eingehüllt wären. Dagegen wendet man dieses Verfahren bei Thüren an, welche aus Zimmern oder Vestibulen ins Freie führen, um das Einfrieren der Rohre zu vermeiden. (Vergl. Tafel 39.)

Das Unterbringen der Transmissionsrohre in Kanälen. Hierbei kommen Rücksichten der Reinhaltung in Betracht, denn es liegt stets die Gefahr nahe, daß von der Dienerschaft der Staub in die Rohrkanäle gefegt wird und sich dort anhäuft, wodurch die Transmission verringert und bei starker Erhitzung leicht ein lästiger, brenzlicher Geruch verbreitet wird. Dies kann zwar vermieden werden durch öfteres Aufheben der Platten und Entfernung des Staubes mittels eines Blasebalges; da aber auch die Dielung infolge der starken Wärmestrahlung bald zu schwinden beginnt, so pflegen die Abdeckungsplatten zu klappern, was wiederum fatal ist: diese Gründe sprechen sämtlich für Unterbringung der Rohre hinter vergitterten Sockelleisten.

Im nächsten Paragraphen findet der Leser einige bewährte Heizanlagen ausgeführter Gebäude, und zwar nach dem System der Warmwasserheizung mit Niederdruck und Mitteldruck, sowie der Heißwasserheizung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 57.

Anwendungen.

I. Eine der frühen Anlagen des Warmwasser-Niederdrucksystemes, die zur Beheizung des Schulhauses zu **Westerwik** in **Schweden** dient, geben wir auf Tafel 39 in Fig. 1 bis 3 (nach Mitteilungen von E. A. Wiemann).

Aus dem im Keller aufgestellten Kessel steigt das warme Wasser in dem vor Abkühlung geschützten Steigerohr zum Dachraum auf und mündet dort in das Expansionsgefäß ein. Von hier geht das Hauptverteilungsrohr, ebenfalls gut verkleidet, in der Mittellinie des Gebäudes über dem Fußboden des Dachraumes entlang, wie durch punktierte Linien angedeutet ist. — Die Zuführungsrohre für die verschiedenen übereinander stehenden Öfen der drei Etagen zweigen sich sämtlich vom Hauptverteilungsrohre ab und fallen in den Korridoren bis zum Fußboden des Erdgeschosses hinab, um sich dort in einem Hauptsammelrohr zu vereinigen, welches über dem Kellergewölbe und unter dem Korridorfußboden entlang läuft und sich mittels Zweigrohr an den unteren Stutzen des Kessels anschließt. Alle Leitungsröhren sind von Gußeisen und haben 125, resp. 104 und 74 mm lichten Durchmesser erhalten; die vertikalen Rohre sowohl, als das horizontale Sammelrohr im Korridor sind mit Gitterplatten überdeckt, um die abgehende Wärme für den Korridor und das Treppenhaus nutzbar zu machen.

Zur Erwärmung der Zimmer sind Cylinderöfen aufgestellt, welche ihr Cirkulationswasser aus den Zuführungsröhren empfangen. Diese Öfen sind nicht von Luftröhren durchzogen, sondern bestehen aus zwei konzentrischen weiten Blechcylindern, zwischen denen das Wasser cirkuliert. Oben und unten sind diese Cylinder durch gußeiserne Ringe verbunden. Dicht über dem unteren Boden tritt das Wasser in den 74 mm breiten, ringförmigen Raum durch ein Rohr ein und durch ein zweites wieder aus; mittels der an den Röhren e angebrachten Regulierungshähne hat man es in der Hand, entweder alles Wasser, welches durch die Röhren strömt, oder nur einen Teil desselben durch die Zimmeröfen zu leiten, oder endlich durch eine dritte Hahnenstellung den Ofen ganz auszuschalten.

Die frische Luft gelangt durch Öffnungen der Außenmauer in einen Kanal am Fußboden und demnächst in den Hohlraum des Ofens, wo der Luftstrom sich erwärmt und oberhalb ins Zimmer strömt. Der Luftzutritt zu den Öfen kann durch Schieber geregelt werden. Endlich ist der Ofensockel mit einer Stellklappe versehen, um neben der Ventilation auch Cirkulation der Zimmerluft bewirken zu können.

Zur Abführung der verbrauchten Zimmerluft dienen Ventilationskanäle v v innerhalb der Mauern, welche abwärts bis zum Fußboden des Kellergeschosses geführt sind. Hier wird die Luft in einem, unter dem Korridor fortlaufenden, gewölbten Kanal, dessen Lage im Grundriß, Fig. 4, angedeutet ist, gesammelt und tritt sodann in den Aspirationsschacht, der durch das Rauchrohr der Kesselfeuerung erwärmt wird. — In den Sommermonaten dient zu gleichem Zweck eine, am Fuße des Rauchrohres angebrachte besondere Feuerung (Lockfeuer).

Der Kessel ist mit einem Flammrohr versehen; das Füllen desselben geschieht mittels einer Handpumpe, welche mit dem Rücklaufrohr kommuniziert und die Füllung ist erwiesen, sobald aus dem im Expansionsgefäß angebrachten Signalrohr Wasser herausfließt. Im Durchschnitt, Fig. 1, ist das Expansionsgefäß dargestellt. Sobald infolge Erwärmung sich das Wasser ausdehnt und endlich über den Rand des Trichters steigt, fließt es durch diesen in das Signalrohr ab, welches im Kesselhause ausmündet.

Wenn andererseits durch die Nachlässigkeit des Heizers das Expansionsgefäß leer wird, hört die Wassercirkulation auf und es bildet sich Dampf im Steigerohr; dieser tritt endlich in das Signalrohr und giebt dem Heizer das Zeichen zum Anlegen der Pumpe.

II. Warmwasser-Mitteldruckheizung der neuen Realschule in Darmstadt, ausgeführt von **Rietschel & Henneberg** in Berlin und Dresden.

Auf Tafel 40 sind die Grundrisse des Souterrains und zweier darüber befindlicher Geschosse dargestellt. Im dritten und letzten Geschoß wird der frontale Mittelbau von der Aula eingenommen, die eine Centralheizung nicht empfangen hat. Die Anordnung der übrigen Räume dieser Etage bietet nichts Abweichendes von derjenigen im zweiten Geschoß und kann daher der entsprechende Grundriß entbehrt werden.

Mit Rücksicht auf die symmetrische Anlage des Gebäudes hat jede Hälfte desselben ihren besonderen Wärme-Recipienten empfangen. Dieser besteht für die Warmwasser-Mitteldruckheizung aus je zwei gekuppelten Heine'schen Patentkesseln, deren Konstruktion in § 52 ausführlich beschrieben wurde. Jeder Kessel hat 17,53 qm feuerberührte Heizfläche bei 2,25 m totaler Länge und 0,38 qm Rostfläche. Der Wasserinhalt eines jeden der vier Kessel beträgt 382 l. Ihre Lage und die anschließende Rohrverteilung ist aus dem Grundriß, Tafel 39, Fig. 1, zu ersehen. Von der unter der Decke des Souterrains liegenden Rohrleitung steigen nun in der linken Gebäudehälfte 11, in der rechten 9 Wasserstränge zur Versorgung der oberen Etagen auf und ebensoviele Rückflußrohre führen das abgekühlte Wasser nach dem Souterrain zurück.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Geheizt werden durch die Mitteldruckheizung:

Im	I.	Geschoß	13	Klassenräume	verschiedener Größe,
„	II.	„	11	„	„ „
„	III.	„	9	„	„ „
		zusammen	33	Klassenzimmer	mit Röhrenöfen und
			4	Zimmer (Nr. 11, 28, 29, 43)	mit Cylinderöfen;

überhaupt werden geheizt 7165 cbm Raum mit 490 qm Ofenfläche: es kommen also auf 100 cbm Raum 7 qm Heizfläche. Ungeheizt sind die Korridore, das Treppenhaus, die Räume rechter Hand neben der Haupttreppe und die Aula.

Die in den Räumen aufgestellten Heizkörper haben nur die Aufgabe, den Wärmedurchgangsverlust der Räume auszugleichen; die zuführende Ventilationsluft wird dagegen durch Heißwasserröhren im Kellergeschoß erwärmt. Als Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde sind 10 bis 11 cbm festgestellt worden, wobei sich ein stündlich einzuführendes Luftquantum von 11400 cbm ergab. Zur Vorwärmung der frischen Luft auf + 20° C. sind zwei besondere Heißwasseröfen RR, Tafel 40, Fig. 1, aufgestellt. Die Heizrohre verbreiten sich in gewölbten Kanälen unter der Decke des Souterrains und liegen hier zum Teil in Schlangen gewunden. Die frische Luft tritt bei B in das Souterraingeschoß ein, gelangt in der Richtung des Pfeiles bis zur Vorwärmkammer, strömt von unten her durch eine große Anzahl von Öffnungen in dieselbe, erwärmt sich an den Heizschlangen, zieht, nachdem sie genügend vorgewärmt ist, in vertikalen Zuführungskanälen nach den oberen Geschossen und strömt dort mit der Zimmertemperatur von + 20° C. ein. Die Ventilationsluft dagegen entweicht in die Ventilationskanäle, die im Dachboden zu sechs größeren Sammelschächten zusammengezogen, über Dach geführt und mit Deflektoren versehen sind.

Die Röhrenöfen haben teils sechseckige, teils oblonge Grundform erhalten. In der Konstruktion weichen sie von den auf Tafel 34 dargestellten Öfen nur hinsichtlich der Rohranordnung und Dichtung ab. Die Dichtung der Rohre gegen die Wasserkästen geschieht nämlich wie bei den Lokomotivkesseln durch Einwalzen, wobei vergängliches Dichtungsmaterial in Fortfall kommt. Jedes der zehn vertikalen, patentgeschweißten Rohre, Fig. 201, ist mit einem inneren Cirkulationsrohre von geringerem (35 mm) Durchmesser versehen, das den Kasten ganz durchdringt. Außer der sonstigen Transmissionsfläche wird daher auch die innere Rohrwandung zur Wärmeabgabe benutzt. Das Wasser aber tritt in den oberen Kasten ein und sinkt, durch Wärmeverlust abgekühlt, in dem ringförmigen Raume zwischen den Röhren abwärts nach dem unteren Kasten, während die Luft in dem inneren Cylinder aufsteigt. Es kann nun nach Belieben entweder Ventilation oder Cirkulation der Zimmerluft stattfinden; im ersten Falle ist die Klappe a in dem hölzernen Ofensockel geöffnet, im letzteren

Fig. 201 u. 202.

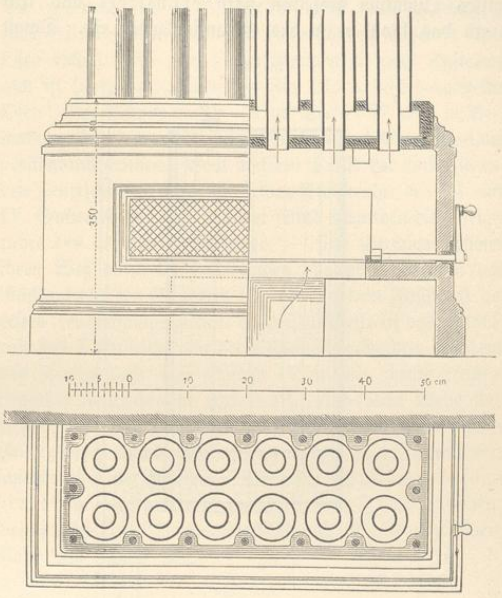
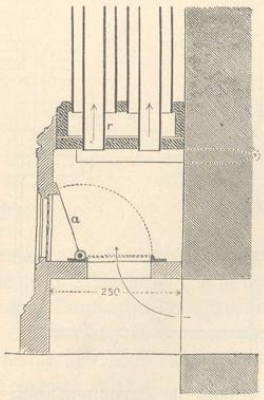


Fig. 203.



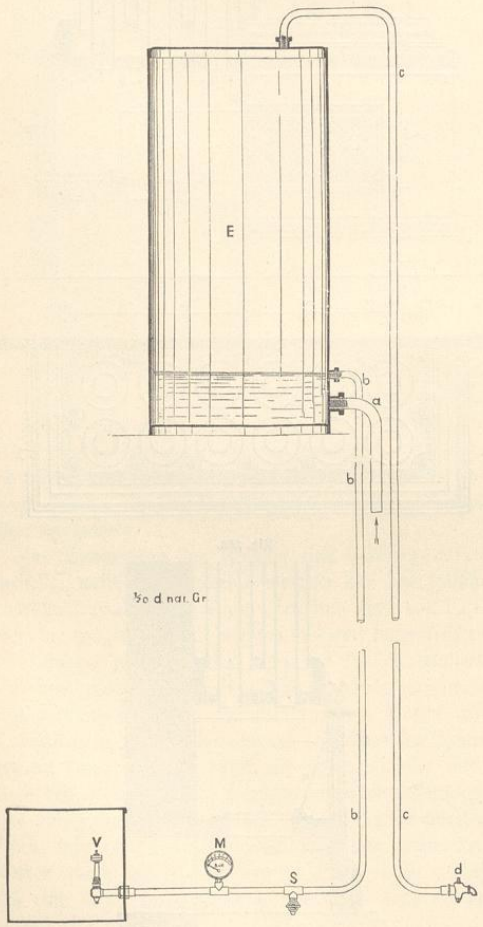
geschlossen. Die Krönung des Ofens ist dekorativ aus Metallguß hergestellt.

Das Expansionsgefäß E (Fig. 204) befindet sich auf dem Dachboden, aber der Ventilkasten mit Doppelventil v ist im Heizraum aufgestellt und dadurch jederzeit für den Heizer kontrollierbar, ohne daß er seinen Platz verläßt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Expansionsgefäß E ist nämlich mit dem Ventilkasten durch das Signalrohr b und mit dem Cirkulationssystem durch das Steigerohr a verbunden. Beim Heizen des Kessels wird das Wasser ausgedehnt; ein gewisses Quantum desselben wird expulsiert und tritt durch das Rohr a in das Expansionsgefäß ein. Damit

Fig. 204.



aber der Wasserstand im Expansionsgefäß auf normaler Höhe erhalten werde, ist das Signalrohr b angebracht, dessen Hahn S im Heizraum stets Wasser geben muß. Das Rohr b endigt im Ventilkasten, und zwar in dem auf S. 136 beschriebenen Doppelventil V. Endlich ist auf dem Signalrohr ein Manometer M aufgesetzt, an dessen geteiltem Gradbogen der Heizer die Atmosphärenspannung im System ablesen soll.

Wenn nun beim Heizen des Kessels mit zunehmender Temperatur die expulsierte Wassermasse größer wird und über das Signalrohr hinaus steigt, so vermindert sich gleichzeitig der genau bemessene Luftraum über dem Wasserspiegel im Gefäß und (nach dem Mariotte'schen Gesetz) nimmt die Spannung zu. Übersteigt sie aber den Druck von $2^1/_2$ Atmosphären, so wird das Belastungsgewicht im Ventilkasten gehoben und es strömt Wasser aus. Bei eintretender Abkühlung des Systemes tritt der umgekehrte Fall ein, das expulsierte Wasser tritt in die Leitung zurück und der Zeiger des Manometers sinkt auf den ersten Teilpunkt der Skala. — Damit beim Füllen des Systemes die in den Heizkörpern eingeschlossene Luft entweichen könne, ist vom Deckel des Expansionsgefäßes ein Luftrohr c abgeleitet, dessen Hahn d beim Füllen offen zu halten ist. Wenn der Hahn ganz fortfällt, ist das System ein offenes und kann die Expansionsvorrichtung auch für Niederdruckheizung benutzt werden.

Anlagekosten der Warmwasserheizungen.

Für die neue Realschule zu Darmstadt betrugen:

A. Die Gesamtkosten der Warmwasserheizung mit Mitteldruck bei 7165 cbm Heizraum . 32970 Mk., hiervon kommen auf:

4 Röhrenkessel (Patent Heine) nebst Montage	4790 Mk.,
Röhrenleitung mit Montage . . .	8690 „
Heizkörper nebst Zubehör	17250 „
Insgemein	2240 „

zusammen wie oben (32970 Mk.),

so daß auf 100 cbm Heizraum an Anlagekosten entfallen: 460 Mk. oder auf:

1 cbm Heizraum 4,6 Mk. Anlagekosten,

nämlich spezialisiert: 0,67 Mk. für Röhrenkessel,
1,20 „ „ Röhrenleitung,
2,40 „ „ Heizkörper,
0,33 „ „ Diverse,

wie oben 4,60 Mk. pro 1 cbm Heizraum.

Dividiert man die Gesamtkosten durch den Bodenflächenraum der geheizten Lokale, so entfallen auf den Quadratmeter Fußbodenfläche 19 Mk. Anlagekosten.

B. Das Ventilationsquantum beträgt 11400 cbm pro Stunde. Die Kosten der Ventilationseinrichtung betrugen 11250 Mk., nämlich:

Für 1550 m Perkinsrohr mit Montage 6890 Mk.,
„ die Regulierungsvorrichtungen . . 4360 „

Summa wie oben.

Jeder Kubikmeter erforderte demnach:

$$\frac{11250}{11400} = 0{,}98 \text{ Mk. Anlagekosten.}$$

C. Die Pumpenanlage kostete 580,00 Mk.,
oder pro Kubikmeter Heizraum . . . 0,08 „

Hiernach betragen für 1 cbm Heizraum die Anlagekosten:

a) der Warmwasser-Mitteldruckheizung 4,60 Mk.
b) der Ventilation . . . . . 0,98 „
c) der Pumpenanlage . . . . . 0,08 „
zusammen 5,66 Mk.

Anm. Die Aula ist nicht mit Centralheizung versehen.

Die von C. Heckmann für das Berliner Rathaus ausgeführte Warmwasserheizung mit Kupferröhren hat nachstehende Leistung zu erfüllen:

Es sind zu erwärmen:
12188 cbm Korridor- und Treppenraum auf 10° C.;
11875 „ Vorsäle, Garderoben u. s. w. auf 15° C.;
59380 „ Säle, Bureauräume auf 20° C.

Im Durchschnitt kostete die Anlage pro Kubikmeter Heizraum . . . . . 5,04 Mk.

Im Gebäude des statistischen Bureaus zu Berlin erreichten die Anlagekosten der von der Firma Schäffer & Walker eingerichteten Warmwasserheizung ebenfalls pro Kubikmeter die Summe von . . . . . 5,04 Mk.

Im Wilhelms-Gymnasium daselbst bei **eiserner** Röhrenleitung pro Quadratmeter nur . . . 4,45 Mk.

Anm. Für kleinere Landhäuser, Villen u. s. w. stellen sich die Kosten der Warmwasserheizung mit kupfernen Leitungen und eisernen Öfen nach C. Heckmann pro Kubikmeter bis . . . . 8,50 Mk.

§ 58.

III. Auf Tafel 41 geben wir endlich die Anlage einer Heißwasser-Mitteldruckheizung für das Wohnhaus des Herrn **v. Maya** zu Lipnik in Österreichisch-Schlesien, ausgeführt durch die Firma **J. L. Bacon** in Berlin.

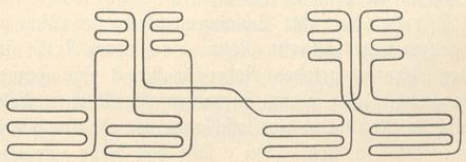
Das Gebäude ist von allen Seiten freistehend und enthält im Erdgeschoß die Küche, Raum für Dienerschaft und zehn heizbare Piecen. Das Erdgeschoß hat eine lichte Höhe von 4,8 m, der Salon (Nr. 4) von 4,87 m.

Die Leitungsröhren sind, wo immer angänglich, zur Erwärmung des Korridors verwendet, d. h. diese Rohrstrecken liegen im Fußboden und sind mit Platten abgedeckt. Es sind hiernach die toten Rohre nach Möglichkeit vermieden. Ins Freie führen drei Thüren (aus den Zimmern 1, 4 und 10), die im Fußboden liegenden Rohre sind an diesen Thürübergängen „verpackt", um das Einfrieren zu verhindern. Sonstige Thürübergänge im Inneren wurden in der früher beschriebenen Weise hergerichtet und zur Transmission verwendet. Zur Wärmeabgabe dienen außer den Rohren cylindrische Spiralen in den Fensterbrüstungen. Der Heizofen liegt im Kellergeschoß und ist die dafür gewählte Stelle im Grundriß angedeutet. Alle im Fußboden liegenden Rohre sind punktiert.

Die Heizanlage setzt sich aus vier Systemen zusammen, welche durch verschiedene Farben markiert zu denken sind. Die Systeme sind „gekuppelt", und zwar so, daß je zwei Systeme eine gemeinsame Feuerschlange haben.[1]) Der Ofen enthält also zwei Feuerschlangen zu zwei Systemen und ist konstruiert wie der in Fig. 183 u. 184 dargestellte Ofen. Der Schnitt nach a—b auf Tafel 37 wird in Verbindung mit den eben genannten Figuren die Kuppelung verständlich machen. Vom höchsten Punkt der links liegenden Feuerschlange gehen die beiden Steigerohre des III. und IV. Systemes ab, und von der rechts liegenden die Steigerohre des I. und II. Systemes. — Die Stränge nehmen ihren Weg durch die betreffenden Zimmer, aber nur das Rücklaufrohr des Systemes III kehrt zu dem Fußpunkt der ersten Feuerschlange zurück; an dessen Stelle ist das Retourrohr des I. Systemes mit der Schlange verbunden, während das Rücklaufrohr von System IV in die zweite (rechtsliegende) Feuerschlange zurückkehrt. Auf solche Weise sind (vergl. Fig. 205) kombiniert: 1) die beiden Systeme jeder Feuerschlange unter sich, und 2) auch je zwei Systeme verschiedener Feuerschlangen; die vier Systeme bilden hiernach eine zusammenhängende Rundleitung, welche von einer Pumpvorrichtung gespeist und von einem Roste aus geheizt wird.

Fig. 205.

Ideale Cirkulation der vier Systeme.



Die Dimensionen der Feuerschlangen sind folgende: der lichte Hohlraum jeder Schlange ist 1,57 m lang und 0,23 m breit, also der äußere Durchmesser der Schmalseiten = 30 cm. Die Schlange enthält zwölf Windungen und versorgt, wie schon erwähnt wurde, zwei Systeme mit Circulationswasser.

Der zu heizende Raum beträgt 1250 cbm.

1) Die Windungen der beiden Rohre, aus denen sich jede Feuerschlange zusammensetzt, liegen im Ofen alternierend übereinander, weil sie gemeinschaftlich zur Spirale gewunden sind. Zum leichteren Verständnis der Systemkuppelung sind dieselben jedoch in vorstehender Skizze, Fig. 205, auseinandergezogen dargestellt. Dem aufmerksamen Leser wird diese Abweichung von der Wirklichkeit schon durch Betrachtung der Fig. 183 u. 184 klar geworden sein.

Gang der Cirkulation.

System I steigt bei a zum Fußboden des Erdgeschosses auf, geht durch Zimmer Nr. 10 über den Korridor, im Fußboden nach Nr. 1, woselbst zwei Fensterschlangen, à 16,48 m und im ganzen 64,65 m Transmissionsrohr verlegt sind. Aus Nr. 1 geht das System auf demselben Wege zurück nach Nr. 10; hier liegen 24,8 m Transmissionsrohr. Es fällt bei a zum Ofen zurück.

System II steigt ebenfalls bei a, geht nach Nr. 10, durch Nr. 10 über den Korridor nach Nr. 4, Nr. 3, Nr. 2. In Nr. 2 bildet das Rohr eine Fensterschlange von 8,79 m und im ganzen 15,38 m Rohr. In Nr. 3 eine Fensterschlange von 9,42 m und im ganzen 16,01 m. In Nr. 4 liegen 30,76 m gerades Rohr. Von hier geht das System auf demselben Wege nach Nr. 10 zurück, bildet eine Fensterschlange von 27,93 m und im ganzen 41,74 m und fällt bei a zum Ofen hinab.

System III geht bis b an der Kellerdecke entlang, steigt dann bei b nach Nr. 5 auf, geht nach Nr. 4, macht in Nr. 4 eine Fensterschlange von 30,76 m mit Absperrhahn (15 m können abgesperrt werden) und im ganzen 35,47 m. Von Nr. 4 läuft das System nach Nr. 5, Nr. 6 und Nr. 7; Nr. 7 enthält eine Fensterschlange von 22,6 m und im ganzen 25,99 m Rohr; Nr. 6 erhält eine Fensterschlange von 12,24 m und im ganzen 18,83 m Rohr; Nr. 5 nur 17,89 m gerades Rohr. Bei b fällt das System nach dem Souterrain hinab und geht an der Kellerdecke zum Ofen zurück.

System IV steigt bei c zum Erdgeschoß auf, geht auf kurzem Wege durch Zimmer Nr. 9 und Nr. 8 nach Nr. 7, macht dort eine Schlangenwindung von 28,87 m; im ganzen liegen 33,37 m Rohr. In Zimmer Nr. 7ª sind verlegt 10,67 m gerades Rohr; in Nr. 8 eine Fensterschlange von 18,52 m und im ganzen von 41,43 m Rohr; endlich in Nr. 9 eine Fensterschlange von 20,4 m mit im ganzen 30,13 m Rohr. Bei c fällt das Rohr zum Ofen zurück.

Anm. Die Berechnung vorstehender Heizanlage und eine tabellarische Übersicht der verwendeten Rohrlängen findet man in § 60 zusammengestellt.

Rohrverbrauch und Anlagekosten der Heißwasserheizungen.

I. Für die vorgenannte Villa zu Lipnik stellte sich, nach Angabe der Firma J. L. Bacon, der Gesamtrohrverbrauch bei der Ausführung wie folgt: Es waren erforderlich:

430,5 m Heizrohr	oder 72,7	}	Prozent der ganzen Rohrlänge.
68,5 m Verbindungen und Wanddurchgänge	„ 11,9		
80,0 m Feuerschlangen	„ 13,4		
12,0 Durchpumprohre, Ventilkasten-Verbindungen u. s. w.	„ 2,0		

Der zu heizende Raum beträgt 1250 cbm, so daß auf jeden Kubikmeter Heizraum im vorliegenden Falle 0,34 m Heizrohr entfallen.

Die Anlagekosten betrugen rund . . . 4000 Mk.
und verteilen sich wie folgt:

Rohre, Muffen, ┬Stücke und Montage . .	2810 Mk.
Ofenarmatur, Expansionsapparat, Thermometer und sämtliche Rohrhalter	515 „
Rohrverkleidungen, Fensterpanneau	675 „
Summe wie oben.	

Jeder Kubikmeter Heizraum erforderte daher 3,20 Mk. Anlagekosten.

Anm. Für Gebäude von größerer Ausdehnung und bei Anlage von mehr als einer Etage stellt sich das Verhältnis erheblich günstiger, weil mit der Druckhöhe die Cirkulationsgeschwindigkeit wächst und mit steigender Initialtemperatur des Wassers auch die Systemlänge vergrößert werden kann.

II. Als derartiges Beispiel ist die von derselben Firma ausgeführte Heizanlage im Gymnasium zu Neustadt-Dresden zu nennen, eine Hochdruckheizung mit starker Ventilation. Nach authentischen Angaben des ausführenden Baumeisters entfallen hierbei auf 1 cbm Heizraum 0,30 laufende Meter Heizrohr.

Die Anlagekosten pro 1 cbm Heizraum betrugen nur 2,6 Mk., nämlich für 8076 cbm Heizraum nebst Gittern und Ofenmauerung . . . . . 21000 Mk.

Aufwand an Brennmaterial.

Derselbe betrug pro Jahr. . . . . 1800,00 Mk.
oder für jeden Kubikmeter jährlich Heizraum 0,23 „

III. Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim, ausgeführt von der Firma Ahl & Poensgen zu Düsseldorf.[1]) Die zu erwärmenden Räume bestehen in 18 Klassenzimmern, dem Zimmer für physikalische Vorträge, einem Zeichensaal, der Bibliothek, dem Konferenz- und Direktorzimmer, zwei Lehrerzimmern und der Aula mit zusammen 6737,1 cbm zu beheizendem Luftraum. Die Ausdehnung und symmetrische Grundrißanlage des Gebäudes gab Veranlassung, die Heizöfen in zwei getrennten Gruppen anzulegen, von denen jede Gruppe wieder in drei getrennten Systemen, entsprechend den drei Geschossen, untergebracht ist. Jedes Geschoß kann unabhängig von den anderen geheizt werden.

Beide Herde enthalten schmale Spiralkammern, ähnlich den Öfen nach Haag'schem Systeme. Die Verteilung der Rohrleitungen und der durch die sechs Systeme zu erwärmenden Lufträume ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

1) Nach Mitteilungen von F. Fischer in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover. Jahrg. 1870.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gruppe	System für das	Heizraum cbm	Transmissionsröhren m	Tote Röhren m	Ofenmontierung m	Ofenspiralen m	Expansions- und Pumpenröhren m
westlich	1. Geschoß	526,3	94,1	9,06	14,0	29,24	
„	2. „	1089,9	193,6	29,09	12,1	47,16	
„	3. „	1665,9	260,0	21,05	11,4	52,63	19,7
östlich	1. „	600,6	105,0	9,06	14,0	29,24	6,8
„	2. „	1093,2	195,6	29,60	12,1	47,16	
„	3. „	1761,2	270,1	20,10	11,4	52,63	
	Summa	6737,1	1118,4	117,96	75,0	258,06	26,5

Es beträgt also:

Die Länge der Heizröhren . . .	1118,4 m	oder 70,1 %	der gesamten Rohrlänge.
der toten Röhren	118,0 „	„ 7,4 „	
Herdmontierung	75,0 „	„ 4,7 „	
Herdspiralen	258,1 „	„ 16,2 „	
Expansions- und Pumpenröhren .	26,5 „	„ 1,7 „	
	1596,0 m		

Hiernach kommen auf 1 cbm Heizraum 0,18 m Heizrohr und mit Einschluß der Herdmontierung u. s. w. 0,24 m Rohr.

Die Anlagekosten der Heißwasserheizung betrugen im ganzen . . . . . 20173 Mk.,

oder pro Kubikmeter $\frac{20173}{6737,1}$ = rot. 3 Mk.[1])

Für Ventilationseinrichtungen sind verausgabt . . . . . 1830 Mk.

§ 59.

Berechnung der Wasserheizungen.

Soll die Erwärmung einer bestimmten Anzahl von Räumen oder eines ganzen Gebäudes mittels der Wasser-Cirkulationsheizung erfolgen, so muß nach Anleitung des § 47 zunächst die Ermittelung des Maximal-Wärmebedarfes dieser Räume vorangehen. Es ist demnach der stündliche Wärmeverlust durch Transmission — und wo Zuführung frischer Luft beabsichtigt ist, auch derjenige durch Ventilation — für jeden Raum gesondert aufzustellen, wobei sich tabellarische Anordnung unter Benutzung der früher ermittelten Transmissions-Koeffizienten empfieht. Für die Bestimmung der Temperaturdifferenz T—t ist die verlangte Innentemperatur und die stärkste Winterkälte, wie solche der geographischen Lage des Ortes entspricht, maßgebend.

Das hier folgende Beispiel betrifft die durch **Franz San Galli** in Petersburg ausgeführte Beheizung eines Flügels des Wohnhauses des Herrn Poehl daselbst.[1]) Für die Berechnung wurde eine Maximalkälte von — 37° C. und eine Innentemperatur von + 18° C. zu Grunde gelegt; danach ist T—t = 55°. Die Wärmeverluste der Hauptetage des genannten Gebäudes finden sich in Spalte 1 und 2 der auf Seite 158 gegebenen Tabelle zusammengestellt.[2])

Die Wärmeabgabe wird nicht durch Wasseröfen bewirkt, sondern von einem kontinuierlich fortlaufenden Rohre, welches durch das ganze Gebäude — meist an den Fronten entlang — geführt und dessen Querschnitt nach den unten folgenden Rechnungen bestimmt ist. Demnach ist die Rohrlänge durch die Breite und Lage der Zimmer bedingt. Aber nur in seltenen Fällen wird die dadurch gewonnene Oberfläche genügen, um den Bedarf an Wärme zu decken: es muß also ein Heizkörper eingeschaltet werden, welcher das noch fehlende Wärmequantum ersetzt und diese Funktion wird durch sogenannte „Batterien" (Fig. 172) bewirkt. Dies sind gegossene Röhren von dem lichten Durchmesser der Rohrleitung (63 mm), welche mit einer Anzahl (20 bis 70) dünnen Flanschen versehen sind. Das Prinzip dieser Methode ist bereits in § 51 besprochen worden.

Als Wärmerecipient ist im Keller ein einfacher Kessel a (Fig. 206) aufgestellt. Das zur Erwärmung der drei Etagen erforderliche Wasserquantum wird diesen wie gewöhnlich durch das Steigerohr b_0, welches 76 mm lichten Durchmesser erhält, zugeführt. Abweichend von der gewöhnlichen Methode findet die Abzweigung der Etagenleitungen b b′ b″ direkt vom Steigerohr aus statt. Mittels der separaten Fallrohre c c′ c″ wird das Wasser endlich nach dem Souterrain zurück in den Kessel geleitet. An

1) Der Kohlenverbrauch pro Tag betrug bei der Probeheizung für beide Öfen 350 kg Steinkohlen.

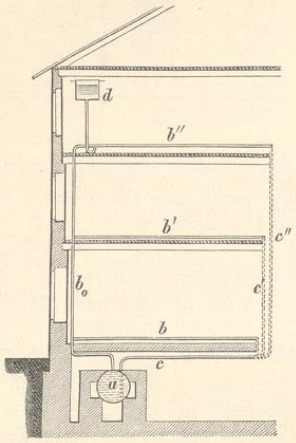
1) Mitgeteilt in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Jahrg. XVI, S. 241, vergl. auch Tafel 10 daselbst.

2) Auf Ventilation der Räume ist dabei nicht Rücksicht genommen, doch dürfte der Apparat bei den hohen Transmissionsziffern auch dieses Luftquantum unter gewöhnlichen Verhältnissen zu erwärmen im stande sein.

den höchsten Stellen der Rohrleitung sind kleine Hähne angebracht, um die angesammelte Luft ablassen zu können.

Das Auf- und Nachfüllen von Wasser geschieht von dem offenen Ausdehnungsreservoir d aus, welches im Dachgeschoß, 12 m hoch über dem Kessel, angebracht ist. Dieser Wassersäule entspricht ein Überdruck von 1,16 Atmosphären:

Fig. 206.



die Dampfbildung wird daher nicht bei 100° C., sondern etwa erst bei 123° eintreten, und kann demnach unbedenklich eine Erhitzung des Wassers bis 100° erfolgen.

Erfahrungsmäßig gelangt das Wasser nach dem Ausdehnungsreservoir mit 70° C., die mittlere Temperatur im Steigerohr ist also

$$T = \frac{100 + 70}{2} = 85,$$

und wenn man die Temperatur beim Wiedereintritt in den Kessel = 50° setzt, so findet man als Temperatur im Rücklaufrohr

$$t = \frac{70 + 50}{2} = 60.$$

Um die Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers im Heizsystem zu ermitteln, benutzen wir die Formel von Péclet

$$v = \sqrt{\frac{2gh \cdot 0{,}0005\,(T-t)}{2\,(1{,}0086 - 0{,}0005\,t)\,(1+R)}} \quad \ldots \quad (1)$$

Darin ist:

$2g = 19{,}618$;

h die Wassersäule von der Kesselmitte bis zur höchsten Stelle des Systemes;

T die mittlere Temperatur im Steigerohr = 85°;

t „ „ „ „ Rücklaufrohr = 60°;

R die Summe der Hindernisse, welche sich der Wasserbewegung entgegenstellen.

Zur Bestimmung von R kann man die Formeln von Weißbach und Zeuner benutzen. Danach ist:

$$R = \zeta_0 + \zeta\left(\frac{l_1}{d_1} + \frac{l_{''}}{d_{''}}\right) + \zeta_1 n_1 + \zeta_2 n_2 + (1+n_3)\cdot\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2 \quad \ldots \quad (2)$$

In dieser Formel bezeichnet:

l_1 und $l_{''}$ die Länge des Rohres vom Durchmesser d_1 und $d_{''}$;

ζ_0 den Ausfluß-Koeffizienten aus dem Kessel in die Rohre = 0,505;

ζ den Koeffizienten für die Reibung des Wassers[1]) in den Röhren;

ζ_1 den Widerstand in den abgerundeten Knieen = 0,294;

n_1 die Anzahl der Kniee (Bogen) in der Leitung;

ζ_2 den Widerstand in den scharfen Knieen = 0,485;

n_2 die Anzahl dieser scharfen Biegungen;

n_3 die Anzahl der Rohrverengungen;

α das Verhältnis des Rohrdurchmessers beim Übergang vom Querschnitt F zum Querschnitt f.

Die zu erwärmende Hauptetage enthält einschließlich zweier, mit direktem Licht versehener Korridore 13 Piecen; das durchgehende Transmissionsrohr hat einschließlich der Zu- und Rückleitung zum Kessel 84 m Länge bei 63 mm lichtem Durchmesser.

Das Steigerohr ist bis zur Abzweigung 3,81 m lang bei 76 mm lichtem Durchmesser.

Hiernach ist:

$$\frac{l_1}{d_1} = \frac{3{,}81}{0{,}076} = 50{,}13; \quad \frac{d_{''}}{l_{''}} = \frac{84}{0{,}063} = 1333;$$

n_1 die Anzahl der abgerundeten Bogen ist = 15;

n_2 „ „ „ scharfen Biegungen . = 1;

n_3 „ „ „ Verengungen . . . = 1.

Werden diese Werthe in (2) substituiert, so entsteht:

$$R = 0{,}505 + 0{,}052\,(50{,}13 + 1333) + 0{,}294 \cdot 15 + 0{,}485 + (1+1)\cdot\left(\frac{0{,}013}{0{,}076}\right)^2 = 77{,}384.$$

Setzt man endlich in Formel (1) die zugehörigen Werte ein, so erhält man als Ausdruck der Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers in der Hauptetage:

$$v = \sqrt{\frac{0{,}0005 \cdot 19{,}62 \cdot 3{,}81\,(85-60)}{2\,(1{,}0086 - 0{,}0005 \cdot 60)\cdot(1+77{,}38)}} = \sqrt{\frac{0{,}934}{153{,}40}} = 0{,}078 \text{ m}$$

pro Sekunde oder v = 4,68 m pro Minute. Demnach ist die stündliche Cirkulationsgeschwindigkeit = 280,8 m;

d der Durchmesser des Cirkulationsrohres ist = 0,063 m;

f der Querschnitt desselben . . . . . = 0,003117 qm.

Nun cirkulieren stündlich durch das System:

$Q = 280{,}8 \cdot 0{,}003117 = 0{,}875$ cbm oder **875 Liter Wasser.**

Jedes Liter Wasser wiegt ein Kilogramm und giebt für jeden Grad Temperaturdifferenz eine Wärmeeinheit ab;

1) Derselbe ist verschieden für verschiedene Geschwindigkeiten des Wassers und beträgt nach Weißbach

für	0,03	0,065	0,094	0,126	0,150 m Geschwindigkeit.
ζ =	0,0679	0,0522	0,0453	0,0383	0,0362.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das Cirkulationswasser des Systemes I giebt also stündlich ab:

$$875\ (85—60) = 21\,875\ \text{W.-Einh.}$$

System I hat Wärmeverluste in 13 Räumen 19401 W.-Einh.
Durch Kachelofenheizung im Saal werden produziert . . . . . 2248 „
Es bleiben zu erzeugen nur . . . . 17153 W.-Einh.
Die Annahme 63 mm weiter Rohre wird also dem Bedürfnis vollkommen entsprechen.

II. Für das Obergeschoß werden verlangt: 8275 W.-Einh.
III. „ „ Souterrain „ „ 10856 „

Auch diesem Bedürfnis wird durch 63 mm weite Rohre vollkommen genügt, denn die diesen Systemen entsprechenden Geschwindigkeiten und Volumina sind:

$$v = 152\ \text{m und } Q = 481\ \text{l}.$$

I. System. Hauptetage von 13 Zimmern. (Hierzu die Tabelle auf Seite 158.)

Zimmer Nr. 1.

Das Wasser kommt mit 100° vom Kessel, steigt zum Parterre hinauf und gelangt sogleich nach Zimmer Nr. 1 mit der Temperatur von 95,72° C. Hier sollen stündlich abgegeben werden 1446 W.-Einh.; es sind dem Wasser also zu entziehen

$$\frac{1446}{875} = 1{,}76^{\circ}\ \text{C}.$$

Das Wasser verläßt den Raum mit $95{,}72—1{,}85 = 93{,}76°$, so daß die Mitteltemperatur des Heizwassers in Zimmer Nr. 1

$$\frac{95{,}72 + 93{,}87}{2} = 94{,}8^{\circ}\ \text{C. rot.}$$

Die Zimmertemperatur t ist = 18°, hiernach T—t, d. h. die nutzbare Temperaturdifferenz $= 94{,}8—18 = 76{,}8°$ C.

Die Länge des im Zimmer unterzubringenden Transmissionsrohres ist bekannt, daher auch die Heizoberfläche; die Transmission der 63 mm weiten Rohre ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Wärmeabgabe von einem Quadratmeter Rohroberfläche bei 1° C. Temperaturdifferenz in Wärmeeinheiten.

Innerer Rohrdurchmesser in Millimetern	51	63	76	102	127	152
Gußeisernes horizontales Rohr . . .	—	—	7,87	7,65	7,43	7,21
Schmiedeeisernes horizontales Rohr .	8,26	8,09	7,93	7,75	7,65	7,35
Vertikale Rohroberfläche	8,74	8,61	8,49	8,43	8,35	8,30

Die Heizoberfläche der 63 mm weiten schmiedeeisernen Rohre beträgt bei 3 mm Wanddicke pro lfd. Meter 0,2167 qm; ein laufendes Meter Rohr transmittiert also stündlich für 1° Temperaturdifferenz

$$8{,}09 \times 0{,}2167 = 1{,}76\ \text{W.-Einh.}$$

Die im Zimmer Nr. 1 liegenden 4,27 m Rohr transmittieren

$$4{,}27 \times 1{,}728 = 7{,}51\ \text{W.-Einh.}$$

und für die nutzbare Temperaturdifferenz von 76,8° C.

$$76{,}8 \times 7{,}51 = 576\ \text{W.-Einh. stündlich.}$$

Der stündliche Wärmebedarf von Zimmer Nr. 1 beträgt (laut Tabelle III) 1446 W.-Einh., so daß noch zu erzeugen sind: 870 W.-Einh.[1])

Anm. Im vorliegenden Falle kamen Batterien mit quadratischen Flanschen zur Verwendung. Bei 152 mm Seite- und 6 mm Gußstärke enthält jeder Flansch 0,039 qm Oberfläche und 1 qm Batteriefläche transmittiert stündlich (nach F. Meyer) 6,55 W.-Einh. für 1° Temperaturdifferenz. Bei 76,8° C. nutzbarer Temperaturdifferenz liefert jeder Batterieflansch

$$76{,}8 \times 0{,}039 \times 6{,}55 = 19{,}5\ \text{W.-Einh.}$$

Demnach wird der Wärmebedarf gedeckt durch $\frac{870—405}{19{,}5} = \frac{465}{19{,}5} = 24$ Flanschen. In der Ausführung sind 50 Stück angeordnet worden.

In ähnlicher Weise bestimmt sich die Heizoberfläche für jedes folgende Zimmer.

Zimmer Nr. 2.

Wärmebedarf laut Tabelle III . . . . 2130 W.-Einh.
Initialtemperatur des Wassers . . . . . 93,76° C.
Dem Wasser werden entzogen $\frac{2130}{875} = . . .$ 2,43° C.
Endtemperatur des Wassers $93{,}76—2{,}43 = .$ 91,33° C.
Mitteltemperatur . . . . . 92,54° C.
Nutzbare Temperaturdifferenz = rot. 74,50° C.
Verwendbare Rohrlänge 9,75 m.
Rohrtransmission $1{,}728 \times 9{,}75 \times 74{,}50 = 1255$ W.-Einh.
Es bleiben noch zu transmittieren:
$2130—1255 = 875$ „
Bei 74,5° nutzbarer Temperaturdifferenz liefert jeder Batterieflansch $74{,}5 \times 0{,}255 = 19$ W.-Einh. rot., demgemäß sind erforderlich $\frac{875}{19} = 46$ Flanschen.

Ein übersichtliches Bild der Temperaturverhältnisse und des Heizvorganges liefert die Tabelle auf Seite 158. Die Zahlen der Spalte 7 werden erhalten, indem man die betreffende Rohrlänge (Spalte 6) mit dem Wärmedurchgangs-Koeffizienten 1,76, und das entstandene Produkt mit der nutzbaren Temperaturdifferenz multipliziert.

1) Das Rücklaufrohr in Zimmer Nr. 1 liefert bei 4,5 m Länge und 52,13° nutzbarer Temperaturdifferenz 405 W.-Einh., so daß nur zu decken bleiben 475 W.-Einheiten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In gleicher Weise sind auch die Systeme II und III durch Rechnung festgestellt. Von dem Nachweis kann hier füglich Abstand genommen werden.

Anm. In ähnlicher Art würde die Rechnung zu führen sein, wenn Cylinderöfen an Stelle der Batterien zur Erwärmung der Räume benutzt werden sollten.

Der Transmissions-Koeffizient glatter vertikaler Cylinderofenflächen kann im Durchschnitt = 8,00 W.-Einh. für 1° Temperaturdifferenz angenommen werden. Die Temperatur des Wassers in den Öfen wechselt nun zwar mit der Entfernung des Heizkörpers vom Kessel, wird aber — unter gewöhnlichen Verhältnissen — zwischen der Mitteltemperatur des Steigerohres und Rücklaufrohres, d. h. zwischen 82,5° und 60° C. liegen und daher im Durchschnitt 70° erreichen. Danach ergiebt sich bei 20° Zimmerwärme eine nutzbare Temperaturdifferenz von 50° C. und darf die stündliche Transmission eines Quadratmeters glatte unbekleidete Warmwasserniederdruckheizfläche zu 8 × 50 = 400 W.-Einh. angenommen werden.

Auf Seite 133 sind die Heizflächen einiger gangbaren Formen von Cylinderöfen aus der Fabrik der Berliner Aktien-Gesellschaft für Centralheizungs-Anlagen u. s. w. zusammengestellt, welche als Hilfsmittel zur Bestimmung von Ofendimensionen benutzt werden können.

Übersicht der Wassertemperaturen und der Wärmeproduktion einer Heizanlage in St. Petersburg.

Nr. des Zimmers	Benennung der geheizten Räume	Maximal-Wärmeverlust in W.-Einh.	Temperatur des Wassers im Rohr beim Eintritt ins Zimmer Grad C.	Temperatur des Wassers im Rohr beim Austritt aus dem Zimmer Grad C.	Mitteltemperatur des Wassers Grad C.	Nutzbare Temperaturdifferenz Grad C.	Länge des Rohres im Zimmer m	Wärmeproduktion durch Rohre W.-Einh.	Wärmeproduktion durch Batterien W.-Einh.	Anzahl der Batterieflanschen berechnet	Anzahl der Batterieflanschen ausgeführt
1	Entree	1446	95,72	93,87	94,80	76,80	4,27	566	880	—	—
2	Kabinett	2130	93,87	91,12	92,50	74,50	9,75	1255	895	46	50
3	Gesellschaftszimmer	1367	91,12	89,36	90,24	72,24	3,66	456	911	48	50
4	Desgleichen	1938	89,36	86,86	88,11	70,11	6,10	739	1199	67	70
5	Kabinett	1218	86,86	85,29	86,07	68,07	4,27	502	716	42	50
6	Kinderstube	575	85,29	84,55	84,92	66,92	2,20	255	320	18	20
7	Desgleichen	1576	84,55	82,52	83,53	65,53	5,03	570	1006	60	60
8	Zimmer der Gouvernante	575	82,52	81,78	82,65	64,65	2,20	246	329	20	20
9	Unterrichtszimmer	1505	81,78	79,84	80,81	62,81	4,87	330	1175	73	80
10	Salon	2834	79,84	76,16	78,00	60,00	5,64	586	(2248)	Kachelofen	
11	Korridor	1865	76,17	73,77	74,95	56,97	14,80	1458	407	33	40
12	Vorzimmer zu Nr. 5	795	73,77	72,75	73,26	55,23	4,27	405	390	28	30
13	Korridor	1577	72,75	70,72	71,73	53,73	7,92	735	842	55	60
1	Entree (Rücklaufrohr)	—	70,72	69,54	70,13	52,13	4,50	405	475	33	60
		19401					79,48	8508	11793		

Bestimmung der Kesselfläche.

Der Gesamtwärmebedarf der drei Geschosse beziffert sich nach dem Vorstehenden auf:

$$19401 + 8275 \times 10856 = 39532 \text{ W.-Einh. stündlich.}$$

Ein Quadratmeter feuerberührte Kesselfläche liefert stündlich 8250—11000 W.-Einh. Rechnet man im Mittel 10000 W.-Einh., so ist erforderlich eine feuerberührte Fläche

$$F = 3{,}85 \text{ qm.}$$

Da man bei derartigen Anlagen $^2/_3$ der gesamten Kesselfläche als Heizfläche rechnet, so ergiebt sich ein Kessel von

$$5{,}77 \text{ qm}$$

Oberfläche. Der vorhandene Kessel hat 0,91 m Durchmesser und 2,74 m Länge, also 9,20 qm Oberfläche und ist demnach für alle Fälle ausreichend zur Wärmeproduktion.

Zum Schluß erübrigt noch die Größe des Expansionsreservoirs zu berechnen. Das unterzubringende Wasservolumen ist gegeben in der Differenz zwischen dem Volumen des gesamten Cirkulationswassers bei 20° und bei 100°.

Setzt man nun das Volumen bei der großen Dichtigkeit = 1, so ist nach Desprez das Volumen

bei + 20° = 1,00179,
„ + 80° = 1,02885,
„ + 100° = 1,04316.

Der Wasserinhalt des Kessels beträgt . . 1800 l
„ „ der Rohre „ . . 510 „

In den Rohren herrscht eine Mitteltemperatur von 80 bis 82° C. und im Kessel die Temperatur von 100° C. Nun sind:

1800 l Wasser bei 20° = 1803 l; bei 100° = 1877 l
510 „ „ „ 20° = 511 „ „ 80° = 514 „
2310 l Wasser bei 20° = 2314 l. 2391 l.

Der Differenz von 77 l ist im Expansionsreservoir Raum zu geben.

In der Ausführung hat dasselbe folgende Abmessungen erhalten:

$$0{,}61 \times 0{,}61 \times 0{,}46 = 171 \text{ l.}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 60.

Berechnung der Heißwasserheizungsanlage in der Villa des Herrn v. Maya zu Lipnik.

(Dargestellt auf Taf. 41.)

Wie der Wärmebedarf jedes einzelnen Raumes zu bestimmen sei, ist in § 47 ausführlich angegeben. Die Resultate solcher Rechnung sind in Tabelle I und II Seite 118 bis 120 niedergelegt unter Annahme einer Maximal-Temperaturdifferenz von 40° C., welche auch für das hier in Betracht kommende, und auf Tafel 41 im Grundriß dargestellte Gebäude zu Grunde zu legen ist.

Die Summe der in den zehn Wohnzimmern der Parterreetage zu verteilenden Wärmemengen ist in Spalte 3 der Übersicht auf Seite 161 enthalten und berechnet sich also:

39 926 W.-Einh. für die Wohnräume und
3 124 „ „ den inneren Korridor,
zusammen 43 050 W.-Einh.

Die Rohrlänge wird nun derart zu bestimmen sein, daß diesem Maximalwärmebedarf genügt werden kann unter Beobachtung der üblichen Wassertemperaturen.

Für Heißwasser-Mitteldruckheizung ist gewöhnlich:

t″ die Initialtemperatur des Wassers im Steigerohr beim Eintritt ins Zimmer . . . . 150° C.

t′ die Temperatur, mit welcher das Wasser zum Ofen zurückkehrt . . . . . 60° C.

Die Temperaturdifferenz $t'' - t' = 90°$ wird in zehngradige Intervalle geteilt und für jedes Temperaturintervall der entsprechende Transmissions-Koeffizient des Perkinsrohres für die Differenz T—t berechnet.

T die Temperatur des Rohres wechselt, wie bemerkt, zwischen 150° und 60° C.

t die Temperatur der Zimmerluft ist konstant und = 20° C.

Nach Anleitung des § 14 (Anwendung der Formeln) bestimmt sich nun die Wärmeemission eines 34 mm weiten horizontalen Rohres nach Formel 4) desselben Paragraphen mittels der Gleichung

$$W = S K + L K'.$$

Anm. Der Wert von K ist aus Tabelle I, derjenige von K′ aus Tabelle V des § 14 zu entnehmen. Für S und L sind die Zahlenwerte, welche der Temperaturdifferenz $T - t = \Theta$ entsprechen, in Tabelle VII zu suchen. — Da die Temperatur des Raumes nicht 15°, sondern 20° C. beträgt, so ist der Wert von S mit dem Korrektionsfaktor 1,04 zu multiplizieren. Für den Temperaturintervall $\Theta = 150 - 20 = 130°$ C. ist $S = 239{,}3$ und $L = 223{,}1$ und demnach die Transmission:

$W = 248{,}9 \times 3{,}36 + 223{,}1 \times 3{,}149 = 1565{,}8$ W.-Einh. pro qm,
oder $1565{,}8 \times 0{,}1099 = 172{,}08$ W.-Einh. pro lfd. Meter.

Zur Erleichterung der Rohrverteilung dient nachstehende, vom Verfasser berechnete Tabelle, und zwar enthält die Spalte 4 dieser Tabelle die Transmission eines laufenden Meter Perkinsrohr von 34 mm Durchmesser bei Wassertemperaturen von 60—200° C. nach Intervallen von 10° geordnet. Für dazwischen liegende Temperaturgrade ist der mittlere Transmissions-Koeffizient k^m (Kolumne 5) in Ansatz zu bringen, welcher das arithmetische Mittel aus den benachbarten Werten der Kolumne 4 bildet. — Endlich sind in Spalte 6 die Summen der mittleren Transmissions-Koeffizienten für 14 Temperaturintervalle gebildet. Dividiert man mit der Anzahl der zehngradigen Intervalle in die Summe des zugehörigen mittleren

Tabelle zur Bestimmung der Wärmeabgabe von Perkinsrohren bei 20° Zimmertemperatur.

Wassertemperatur	Temperaturdifferenz T—t	Rohrtransmission pro 1 qm	Rohrtransmission pro 1 lfd. Meter von 34 mm Durchmesser	Mittlerer Transmissions-Koeffizient	Summen von	Temperaturintervall	Mittlerer Koeffizient des Systemes
Grad C.	Grad C.	W.-Einh.	W.-Einh.	k^m	W.-Einh.		k^o
60	40	339,5	37,3	43,0	43,0	1	—
70	50	444,2	48,8	54,9	97,9	2	—
80	60	556,1	61,1	67,8	165,7	3	—
90	70	674,4	74,1	81,1	246,8	4	—
100	80	799,9	87,9	95,1	341,9	5	68,3
110	90	930,8	102,3	110,0	451,9	6	75,3
120	100	1072,2	117,8	125,8	577,7	7	82,2
130	110	1218,9	133,9	142,4	720,1	8	90,0
140	120	1374,6	151,0	161,5	881,6	9	97,9
150	130	1565,8	172,0	180,0	1061,6	10	106,1
160	140	1714,0	188,0	198,0	1259,6	11	114,5
170	150	1893,5	208,1	219,9	1478,5	12	123,2
180	160	2091,3	229,8	241,0	1719,5	13	132,3
190	170	2296,5	252,3	264,1	1883,6	14	134,5
200	180	2511,5	276,1				

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Koeffizienten, so erhält man den mittleren Koeffizienten k^0 des Systemes.

Im vorliegenden Falle sind neun Temperaturintervalle vorhanden und der mittlere Koeffizient des Systemes ist: $k^0 = 97{,}9$ oder rund 98 W.-Einh.

Hiernach werden erfordert bei einem Maximalbedarf von 43 050 W.-Einh. im Mittel

$$43\,050 : 98 = 430{,}3 \text{ m Rohr.}$$

Solche Rohrlänge würde aber nur zulässig sein bei einer sehr großen Cirkulationsgeschwindigkeit: wir teilen die Rohrlänge daher in vier Systeme von je 110 m Länge. Das Wasser tritt in jede der Transmissionsröhren mit einer Temperatur von 150° ein und mit 60° strömt es zum Ofen zurück; es durchläuft neun zehngradige Temperaturintervalle und jeder der neun ersten Koeffizienten, Kolumne 5 der umstehenden Tabelle, gilt für

$$110 : 9 = 12{,}22 \text{ m Transmissionsrohr.}$$

Bei richtiger Cirkulationsgeschwindigkeit transmittieren diese neun Rohrlängen à 12,22 m Länge folgende Wärmemengen:

Übersicht des Transmissionsvorganges.

Temperatur-intervalle	Transmissions-Koeffizienten	Rohrlänge eines Temperatur-intervalls	Wärme-einheiten
1	161,5	12,2 m	1970
2	142,4	12,2 „	1737
3	125,8	12,2 „	1535
4	110,0	12,2 „	1342
5	95,1	12,2 „	1160
6	81,1	12,2 „	989
7	67,8	12,2 „	827
8	54,9	12,2 „	681
9	43,0	12,2 „	525
		Transmission eines Systemes =	10766 W.-Einh.

oder von vier Systemen:

$$43\,064 \text{ W.-Einh.,}$$

was mit dem geforderten Maximalbedarf nahezu übereinstimmt. Die Verteilung der 440 laufenden Meter Transmissionsrohr an die verschiedenen Räume ist mit Hilfe der vorstehenden Übersicht vorzunehmen; diese Arbeit ist aber mühselig und erfordert Erfahrung, um Systeme von annähernd gleicher Länge zu erhalten.

Der Wärmebedarf der zu heizenden Räume ist in der tabellarischen Übersicht auf Seite 161 enthalten. Wir schreiten nunmehr zur:

Verteilung der Rohrlängen.

Zimmer Nr. 1 (System I).

Das Rohr tritt (vergl. Cirkulationsgang Seite 154) in einem Abstande von 23 m vom Punkt a in das Zimmer ein.

1) Wärmebedarf laut Übersicht . . 6336 W.-Einh.
2) Durchschnittlicher Rohrbedarf à 98 W.-Einh. = 64,65 m.

Anm. Zwei Temperaturintervalle liefern 12,22 × 2 = 24,44 m Rohr: Die ersten 24,44 — 23,0 = 1,44 m des Transmissionsrohres liegen also im zweiten Temperaturintervall und jede 12,2 m desselben in einem weiteren Intervall mit entsprechendem Transmissionsvermögen (vergl. Tableau).

Hiernach transmittieren:

die ersten	1,44 m Rohr	im 2. Intervall	205	W.-Einh.
„ folgenden	12,22 „	„ „ 3. „	1535	„
„ „	12,22 „	„ „ 4. „	1342	„
„ „	12,22 „	„ „ 5. „	1160	„
„ „	12,22 „	„ „ 6. „	989	„
„ „	12,22 „	„ „ 7. „	827	„
„ „	5,10 „	„ „ 8. „	280	„
zusammen	67,64 m Rohr.		6338	W.-Einh.

und bedingt demnach der Wärmebedarf des entfernt liegenden Zimmers gegen den Durchschnittsbedarf à 8 W.-Einh. eine Mehrverwendung von 3 m Rohr.

Zimmer Nr. 2 (System IV).

Das Rohr tritt nach Zurücklegung eines Weges von 38,5 m (vergl. Cirkulationsgang) in das Zimmer ein. Es liegen demnach 4 × 12,22 — 38,5 = 10,38 m Rohr im vierten Intervalle.

Wärmebedarf laut Übersicht: 1753 W.-Einh.
17,89 m durchschnittlicher Rohrbedarf.

Es transmittieren nun:

die ersten	10,38 m Rohr	im 4. Intervall	1141	W.-Einh.
	und bleiben zu verteilen		612	„
	oder:			
612 : 95,1 =	6,43 m Rohr	im 5. Intervall		
zusammen	16,81 m Rohr	mit	1753	W.-Einh.;

d. h. der Rohrbedarf bleibt in Zimmer Nr. 2 1,09 m unter dem Durchschnittsbedarf.

Zimmer Nr. 3 (System IV).

Das Rücklaufrohr hat bis zum Eintritt ins Zimmer zurückgelegt 45,31 m. Das Steigerohr ist 2,8 m lang und liegt im dritten Temperaturintervall.

Wärmebedarf laut Übersicht: 1753 W.-Einh.
17,88 m durchschnittlichen Rohrbedarf.

Es transmittieren aber:

2,80 m	Steigerohr im 3. Intervall	304	W.-Einh.
3,57 „	Rücklaufrohr (48,88—45,31) im 4. Intervall	393	„
11,06 „	„ im 5. Intervall	1056	„
17,43 m	Rohr	1753	W.-Einh.

Der Rohrbedarf in Zimmer 3 bleibt 0,46 m unter dem Durchschnittsbedarf.

Zimmer Nr. 4 (Salon). System IV und III.

Das Steigerohr des IV. Systemes tritt in das Zimmer Nr. 4 nach Zurücklegung eines Weges von 9,1 m, es liegen also 3,1 m Steigerohr im 1. Intervall. Das Retourrohr hat beim Eintritt 63,99 m durchlaufen und liegen 73,33 — 63,99 = 9,33 m Rohr im 6. Intervall.

Wärmebedarf laut Übersicht: 6829 W.-Einh.
69,68 m durchschnittlicher Rohrbedarf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Es transmittieren nun von System IV:

3,10 m	Steigerohr	im 1. Intervall	500	W.-Einh.
12,20 „	„	„ 2. „	1737	„
0,08 „	„	„ 3. „	10	„
9,33 „	Rücklaufrohr	„ 6. „	757	„
6,08 „	„	„ 7. „	412	„
30,79 m	Rohr des IV. Systemes.			3416 W.-Einh.,

ferner transmittieren im III. System:

6,50 m (24,44—17,95)		im 2. Intervall	925	W.-Einh.
12,22 „		„ 3. „	1535	„
10,00 „		„ 5. „	951	„
28,72 m	Rohr des III. Systemes.			3411 „
oder 59,51 m	Gesamtbedarf mit zusammen			6827 W.-Einh.

In dieser Art ist die Rechnung fortzusetzen; man erhält alsdann die in nachstehender Übersicht des Wärmebedarfes eingetragenen Rohrlängen unter Berücksichtigung der den Temperaturintervallen entsprechenden Transmission. Kolumne 4 enthält dagegen den durchschnittlichen Rohrbedarf, wie er dem mittleren Transmissions-Koeffizienten der Anlage entspricht. Dieser Koeffizient ist von erheblichem Werte für die vorläufige Bestimmung der Rohrlängen in den zu heizenden Piecen, für das „Auslegen der Rohre" und die Vereinigung derselben zu Systemen von gleicher Länge.

Übersicht des Wärmebedarfes und Verteilung der Transmissionsröhren der Heißwasser-Mitteldruckheizung in der Villa des Herrn v. Maya zu Lipnik (Österreichisch-Schlesien).

System	Zimmer Nr.	Wärmebedarf der Zimmer W.-Einh.	Durchschnittlicher Rohrbedarf à lfd. Meter 68 W.-Einh.	Rohrverteilung unter Berücksichtigung der Temperatur im einzelnen m	Rohrverteilung unter Berücksichtigung der Temperatur im ganzen m	Wärmeproduktion im einzelnen W.-Einh.	Wärmeproduktion im ganzen W.-Einh.	Rohrverteilung nach der Ausführung m
I.	1	6336	64,65		67,64		6338	64,65
IV.	2	1753	17,89	10,38		1141		
				6,43	16,81	612	1753	15,38
IV.	3	1753	17,89	2,80		304		
				14,63	17,43	1449	1753	16,01
IV.	4	6829	69,68	15,38		2247		
und				15,38		1169		
III.				29,28	60,04	3411	6827	66,23
III.	5	1753	17,89	8,95		1344		
				8,95	17,90	437	1781	17,89
III.	6	1753	17,89	17,29		1573		
				3,29	20,58	180	1753	18,83
III.	7	5999	60,26	26,99		2187		
und				33,71	60,70	3812	5999	60,26
II.								
II.	7a	1200	12,24	7,28		1038		
				2,00	9,28	162	1200	10,67
II.	8	4060	41,43	10,90		1808		
				28,36	39,26	2252	4060	41,43
II.	9	2429	24,79	4,86		758		
				26,40	31,26	1671	2429	30,13
I.	10	6061	61,83	12,40		1998		
und				12,40		538		
IV.				37,23		2135		
				8,60	70,63	1401	6072	66,22

Bemerkungen zu vorstehender Tabelle.

Die Kolumne 6 der tabellarischen Übersicht giebt die Resultate der Rohrverteilung auf Grund theoretischer Ermittelung, während solche in Kolumne 9 auch nach den Maßen der Ausführung beigefügt sind. Diese a posteriori bestimmten Zahlenwerte weichen nicht erheblich von den durch die Theorie gefundenen ab: sie stützen sich auf umstehende, aus älteren Perkins'schen Beobachtungen abgeleitete Tabelle der Rohrtransmission. Dabei ist jedoch unterstellt:

daß das Transmissionsrohr 150 m lang sei, mit 150° in die Zimmer eintrete und mit 70 bis 80° C. aus denselben zum

Ofen zurückkehre. — Die Initialtemperatur des Wassers (150° C.) entspricht dabei dem Nullpunkt der oberen Reihe.

Diese erste Zahlenreihe repräsentiert das in Intervallen von 10 m fortschreitende Transmissionsrohr. Jeder Meter desselben transmittiert — bezogen auf den mittleren Koeffizienten des Systems — 100 W.-Einh. und demnach jeder Längenintervall 1000 W.-Einh.

Die zweite Zahlenreihe der Tabelle giebt die gleichwertige Rohrlänge, welche der wirklichen Wärmeabgabe des zugehörigen Längenintervalles entspricht.

Danach transmittieren:

im 1. Intervall 6,5 m Rohr = 1000 W.-Einh.,
„ 2. „ 6,9 „ „ = 1000 „ u. s. w.

Die dritte Zahlenreihe endlich enthält die in sämtlichen Intervallen zur Erzielung von 100 W.-Einh. nötige Rohrlänge.

Tabelle der Rohrtransmission für Heißwasser-Mitteldrucksysteme (nach Bacon).

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
0	6,5	13,4	20,7	28,4	36,5	45,1	54,2	63,8	74,0	84,8	96,2	108,3	121,2	135,1	
	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,86	0,91	0,96	1,02	1,08	1,14	1,21	1,29	1,39	1,52

Die Ziffern der 3. Zahlenreihe werden erhalten, indem man die darüber stehenden benachbarten Zahlen subtrahiert und ihre Differenz durch 10 dividiert, also (13,4—6,5) : 10 = 0,69 u. s. f.

Bestimmung der Fensterschlangen. Nachdem der Rohrbedarf der Räume durch Rechnung ermittelt ist, hat der Heizingenieur die gefundenen Rohrlängen in angemessener Weise an den Fronten und sonst geeigneten Zimmerwänden unterzubringen. Nur selten genügt dazu die Länge der beiden geraden Fußbodenrohre, es sei denn, daß der Wärmebedarf (wie in Zimmer Nr. 5 des vorhergehenden Beispieles) gering ist und das Rohr mit hoher Temperatur eintreten kann. In den sonstigen Fällen ist also die Anlage von Spiralöfen geboten und als einfachster, auch nicht Raum absorbierender Heizkörper die O-förmige Fensterschlange in Gebrauch (Fig. 192). Ihre Länge ist allemal bedingt durch die Maße der Fensterbrüstung. Letztere haben in unserem Beispiel 1,30 m Länge bei 0,25 m Tiefe und werden dem entsprechend die Enden der Schlange mit einem Krümmungsradius von mindestens 5 cm gebogen. Die Außenlänge beträgt dann 0,83 bis 1,00 m und die Abwickelung eines Ringes, bei 0,83 bis 1,00 m Länge der geraden Stücken, 2,2 bis 2,5 m. Ein genügender Spielraum für die Luftcirkulation soll an allen Seiten verbleiben und vom hölzernen Fensterpaneel bleibt man 4 bis 5 cm entfernt.

Der Höhe nach werden die Schlangen in 5 bis 10 Ringen gewunden. In unserem Beispiel enthalten die größten Spiralen 30,76 m, die kleinsten 8,79 m Rohrlänge, in allen Fällen aber müssen die beiden Fußbodenrundrohre und die Spirale zusammen mindestens den in Kolumne 6 der Tabelle eingetragenen Wert erreichen. Besser ist es, einige Prozent Zuschlag, mit Rücksicht auf die ungünstigere Transmission der Schlangenrohre, zu geben, denn die am untersten Rohre vorgewärmte Luft tritt schon mit höherer Temperatur an alle oberen Rohre, was bei geraden Fußbodenröhren nicht der Fall ist.[1])

Anm. C. Schinz hat daher als vorteilhaft für Cirkulations-Fensterspiralen die Anlage von ∞-förmigen parallelen Flachschlangen empfohlen.[1]) Da aber in den gewöhnlichen Brüstungen von 25 m Tiefe höchstens fünf derselben zu placieren sind, so können — selbst wenn deren Krümmungsdurchmesser 0,40 m beträgt — bei 1,3 m Nischenlänge und dem üblichen Spielraum nur 15 m Rohr in einer Brüstung untergebracht werden. Oder man ist gezwungen, die Kästen ins Zimmer vortreten zu lassen, was in der That bei $1^1/_2$ Stein starken Wänden vielfach geschieht; Flachschlangen von der Form, welche Fig. 191 darstellt, lassen sich in flachen Brüstungen ebenfalls doppelt und dreifach anbringen und enthält dann jede Schlange bei sechs Windungen 9,5 m Rohr.

1) Daß auch die Cirkulation in den vier Viertelkreiswindungen jedes Ringes erheblich beeinträchtigt wird, ist durch Rechnung zu erweisen.

C. Die Dampfheizung.

§ 61.

Die in den vorhergehenden Paragraphen behandelte Centralheizmethode von Perkins beruht auf der Cirkulation eines Wärme tragenden Mediums, welches durch die umschließenden Hüllen verhindert wird, seinen Aggregatzustand zu verändern, wobei die zugeführte Wärmemenge lediglich zur Erhöhung der Temperatur benutzt wird. Daß dabei die Kohäsion überwunden, also die Verteilung der Moleküle verändert, auch der von außen auf die Oberfläche ausgeübte Druck durch Ausdehnung des Körpers überwunden wird, ist aus der Wärmelehre bekannt.

Andere Verhältnisse treten ein, wo der Dampf als Träger der Wärme benutzt werden soll. Bei der Verdampfung eines flüssigen Körpers besteht die von der Wärme hervorgebrachte Wirkung hauptsächlich in der Änderung des Aggregatzustandes: die ganze Wärme, welche der unter bestimmtem Druck siedenden Flüssigkeit zugeführt wird, kann nun zur Verdampfung verwendet werden, wobei die Temperatur des gebildeten Dampfes gleich derjenigen der Flüssigkeit ist und die Temperatur der letzteren unverändert bleibt.

Die Anzahl Wärmeeinheiten, welche nötig sind, um 1 kg einer Flüssigkeit von 0° C. in ebensoviel gesättigten Dampf von T° zu verwandeln, nennt man die **„totale**

1) Dingler, Polyt. Journal, Jahrg. 1876, S. 101.

Verdampfungswärme"; dieselbe ist von Regnault für eine Anzahl von Flüssigkeiten bestimmt worden. Für das Wasser ist sie ausgedrückt durch die empirische Formel:

$$C = 606{,}5 + 0{,}305\,T \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Wenn aber die Anfangstemperatur des Wassers nicht 0°, sondern $+t^0$ ist, so sind die zur Erwärmung von 0° auf t^0 erforderlich gewesenen Wärmeeinheiten in Abzug zu bringen. Diese Wärmemenge, welche 1 kg Wasser von 0° auf t^0 erhöht, ist gegeben durch die Reihe:

$$q = t + 0{,}00002\,t^2 \times 0{,}0000003\,t^3 \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Zur Verwandlung von 1 kg Wasser von 100° in gesättigten Dampf von 100° sind also erforderlich:

$$C_1 = 637 - 100{,}5 = 536{,}5 \text{ W.-Einh.} \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Anwendung des Dampfes zu Heizzwecken gründet sich nun auf die Fähigkeit des Wassers, beim Übergang in dampfförmigen Zustand die beträchtliche Menge von 536,5 W.-Einh. pro Kilogramm aufzunehmen, diese, in Röhren eingeschlossen, auf große Entfernungen zu übertragen und in den tropfbar flüssigen Zustand zurückzukehren, sobald der Dampf mit kalten Oberflächen in Berührung kommt.

Bei dem Vorgange der Kondensation des Dampfes wird dann der verlangte Bruchteil der in ihm enthaltenen Wärme frei und teilt sich dem Raume mit, in dem die Kondensation vor sich geht. Zu jeder Dampfheizungsanlage sind daher zunächst erforderlich:

a) ein Kessel, in dem man eine geeignete Menge Wasser verdampfen läßt;

b) Verteilungsröhren, welche den Dampf an die verschiedenen Lokale abzugeben haben;

c) Kondensationsgefäße, in denen der Dampf seine Wärme absetzt und dabei sich kondensiert;

d) Rückflußröhren, welche den überschüssigen Dampf und das Kondensationswasser abführen.

Hierbei kann der Dampf entweder einem schon anderweitig im Gebäude vorhandenen Dampfkessel entnommen werden oder es wird ein eigener Kessel für die Heizung installiert, der dann gewöhnlich mit Niederdruck arbeitet.

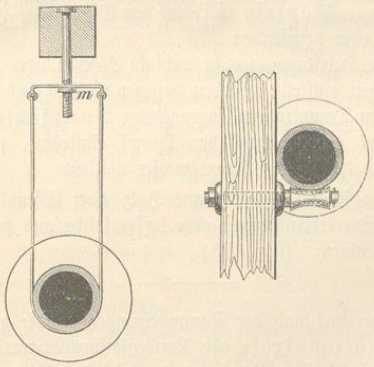
Geschichtliches.

Der Gedanke, durch Schlangenröhren, deren Wärmerecipient im Keller desselben angebracht ist, ein ganzes Gebäude zu erwärmen, rührt von dem Kolonel W. Cook her (1745). Zur praktischen Anwendung gelangte diese Idee jedoch erst durch James Watt, der im Jahre 1784 den abgehenden Dampf der Maschine zum Heizen seiner Bureaux benutzte. Sein Associé Boulton verwendete den Dampf zur Erwärmung von Bädern und später in größerem Maßstabe auch zur Heizung von Werkstätten und Seidenspinnereien. — Das erste Patent auf Benutzung des Dampfes zur Heizung eines mehretagigen Gebäudes nahm John Hoyle 1791. Nach jener Zeit erst gewann die Anwendung des Dampfes im großen Maßstabe bedeutend an Platz, namentlich in solchen Fällen, wo der Dampfgenerator bereits anderweitig bestand, der Raum zur Aufstellung von Öfen beschränkt war oder sonstige ökonomische Rücksichten in Betracht kamen.

In den letzten Decennien hat die Dampfheizung eine sehr bedeutende Vervollkommnung und demzufolge auch häufigere Anwendung erfahren, nachdem die bisherigen Bedenken gegen dieselbe durch vorgeschrittene technische Ausbildung der Apparate beseitigt sind. — In gleichem Maße hat sich die Furcht vor Dampfkesseln verringert und die Aufstellung von Röhrenkesseln[1]) für Hochdruckdampf ist gesetzlich auch in und unter bewohnten Räumen gestattet, sofern die Kesselröhren gewisse Dimensionen nicht überschreiten.

Als Kondensationsapparate verwendete man anfänglich nur Röhren von Gußeisen, deren Durchmesser gewöhnlich nicht unter 6 bis 7 cm und selten über 20 cm betrug. Sie wurden, namentlich in Fabriken, mittels einfacher Drahtseile oder Eisenbänder (Fig. 207) an der Decke

Fig. 207. Fig. 207a.



aufgehängt. Wo hölzerne Säulen vorhanden waren, legte man die Röhren auf drehbare Rollen (Fig. 207a), und wo sie an den Umfassungswänden umhergeführt werden mußten, wurden sie auf eingemauerte Konsole von Stein oder Eisen gelagert.

Aber diese Methode der Anbringung von Heizrohren nahe der Decke war rücksichtlich der Erwärmung der Lokale durchaus unzweckmäßig zu nennen, da den im Fabriksaal

1) Diese Kessel wurden im Anfang der 40er Jahre durch Dr. Ernst Alban konstruiert, ohne gehörige Anerkennung zu finden. Später sind sie durch Root und Belville in Deutschland eingeführt und mannigfach modifiziert worden. Auch der Heine'sche Patent-Wasserrohrkessel für Dampfbetrieb gehört hierher.

beschäftigten Personen die Erwärmung der oberen Luftschichten kaum zu statten kam. In architektonisch ausgestatteten Räumen legt man jetzt vielfach die Kondensationsrohre in gemauerte Kanäle unterhalb des Fußbodens, die mit durchbrochenen, gußeisernen Platten abgedeckt werden, welche das „Austreten der Wärme" gestatten. Solche Anordnungen wurden bereits in § 47 (Kanalheizung) besprochen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Anlage von Heizrohren im Fußboden im allgemeinen feuersichere, also gewölbte, Deckenkonstruktionen zur Voraussetzung hat und daß das Eindringen von Staub und sonstigen Verunreinigungen in die Kanäle mancherlei Unzuträglichkeiten hervorruft.

Um der Längenausdehnung der Rohre Rechnung zu tragen, legt man dieselben auf Walzen von Glas oder Gußeisen; man giebt ihnen auch eine geringe Neigung, um das Abfließen des Kondensationswassers zu erleichtern.

In öffentlichen Gebäuden und in Wohnräumen verwendet man gußeiserne Kondensationsgefäße von parallelopipedischer oder cylindrischer Form, sogenannte „Register", welche zur Vergrößerung der Heizfläche mit vertikalen Strahlungsrippen versehen sind. — Diese einfachen Gefäße umkleidet man aus ästhetischen Rücksichten mit durchbrochenen Mänteln in Form von Schränken, Etagèren, Säulen oder dergleichen.

Die Heizkörper, welche man in Nischen oder Fensterbrüstungen aufstellt, bestehen dagegen vielfach auch aus gewundenen Dampfrohren, sogenannten Dampfschlangen, an deren oberem Ende der Dampf einströmt, während unterhalb das Kondensationswasser abfließt.

Der Mantel besteht aus Holz oder Eisenblech und hat vergitterte Füllungen oder besser solche aus perforiertem Eisenblech. (Fig. 195.)

Ein Übelstand der Dampfheizungen ist die geringe Reservationskraft der Kondensationsapparate, denn sobald die Register abgesperrt sind, erkalten sie, und es ist keine andere Wärme als die in den Wänden reservierte im Lokale vorhanden.

Für Versammlungssäle, Auditorien u. s. w., in denen sich zuweilen viele Menschen gleichzeitig aufhalten oder wo eine starke Abendbeleuchtung stattfindet, ist dieser Mangel an Reservationsvermögen ebenso häufig ein besonderer Vorteil, der sogar zur Wahl dieser Heizmethode Veranlassung geben kann. Um aber doch für einzelne Räume des Gebäudes Wärme reservieren zu können (unter Beibehaltung derselben Art von Wärmerecipienten), hat man Heizkörper konstruiert, in welchen sich Wasser befindet, das durch zuströmenden Dampf bis auf 100° erwärmt wird. Jede derartige Kombination heißt **Dampfwasserheizung.**

Dieses kombinirte System verbindet die Vorteile der Wasserheizung (starke Reservation) mit denjenigen der Dampfheizung (schnelle Erwärmung), denn das Wasser nimmt sofort die Temperatur des zuströmenden Dampfes an, und wenn der Dampf zutritt, bleibt im Transmissionsgefäß die Wärme reserviert. Diese Anordnung wurde zuerst von den Brüdern Henry und Charles Price in Bristol um 1829 ausgeführt und von Grouvelle später für die Männerabteilung des Hospitals Lariboisière in Paris zur Anwendung gebracht, wo sie seit 1854 mit Erfolg in Gebrauch ist.

Die von der Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur nach ihrem erprobten System ausgeführten Dampfwasserheizungen erfreuen sich wegen ihrer Vortrefflichkeit großer Beliebtheit; dieselben haben sich durch eine Reihe von Ausführungen verschiedener Größe bewährt, so am Zürcher Polytechnikum seit 1867. Auch diese Heizmethode wird im Anschlusse an die reine Dampfheizung im nachstehenden zu besprechen sein.

Fragen wir nach den wesentlichsten Vorzügen der Dampfheizung, so bestehen sie:

1) in der großen Geschwindigkeit und Leichtigkeit, mit welcher der Dampf auf weite Entfernungen geführt werden kann;

2) in der beliebigen Ausdehnung des Heizsystemes, so daß ganze Gebäudekomplexe von einer einzigen Centralstelle aus geheizt werden können;[1])

3) in dem geringen Durchmesser der Röhren; endlich

4) in der Leichtigkeit, mittels angebrachter Ventile die Temperatur eines gegebenen Raumes in kürzester Zeit zu erhöhen oder zu mäßigen, wobei freilich die richtige Abmessung der Transmissionsflächen Bedingung bleibt.

Daß jede Gefahr ausgeschlossen ist, mag nebenher erwähnt werden, da die Temperatur des Dampfes bei ½ Atmosphäre Überdruck höchstens 112° C. erreicht.

Bestimmung der einzelnen Teile einer Dampfheizung.

§ 62.

1) **Dampfkessel.** Als Dampferzeuger für Heizzwecke werden die nämlichen Kessel wie für industrielle Anlagen verwendet. Da aber der Betrieb während des Tages erheblich schwankt, so verwendet man Kessel, die in kurzer

1) Die Spannung des Dampfes ermöglicht eine leichte und schnelle Bewegung auf weite Entfernungen, daher eignet sich die Dampfheizung für Distrikt- oder Städteheizungen. In der Stadt Lockport im Staate New-York wurden schon während des Winters 1878 gegen 200 Häuser nach dem Central-Dampfheizsystem von Mr. Birdsyll Holly von einer Centralstelle aus geheizt. Ähnliche Versuche wurden in New-York und Buffalo vorgenommen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zeit eine bedeutende Dampfmenge abgeben können, die sogenannten Großwasserraumkessel (Flammrohrkessel). Viel angewendet werden auch Röhrensicherheitskessel.

Hauptausrüstungsgegenstände jedes Kessels sind der Wasserstandsmesser, das Sicherheitsventil und das Manometer.

Nach der im dritten Kapitel vorausgeschickten Behandlung der Kesselfeuerungen kann eine eingehendere Besprechung an dieser Stelle füglich unterbleiben. Die Bestimmung der Kesseldimensionen findet der Leser in § 67 bei Berechnung der Dampfheizungen.

2) Die **Dampfleitung.** Die Disposition des Rohrsystemes ist derart zu treffen, daß das Hauptsteigrohr vom Kessel direkt nach dem Dachboden aufsteigt, daselbst den Dampf durch Zweigrohrleitungen verteilt und durch Vertikalstränge den Etagen und den daselbst aufgestellten Heizkörpern zuführt. Es fließt dann alles im Hauptrohre sich kondensierende oder aus dem Kessel mit fortgerissene Wasser an den Rohrwandungen zum Kessel zurück. Es ist aber auch Sorge zu tragen, daß das Kondenswasser der horizontalen Zweigleitungen vor dem Dampfe durch die Vertikalstränge abfließt, denn wenn sich dasselbe nicht so schnell wie der Dampf, oder womöglich in entgegengesetzter Richtung bewegt, dann wird es vom Dampfe mit fortgerissen und gegen die Rohrwandung geschleudert, wodurch das sogenannte „Knattern" in der Rohrleitung hervorgerufen wird. Aus diesem Grunde ist überall für gutes Gefälle zu sorgen, damit das Kondenswasser schnell abfließen kann.

Ist die Verteilungsleitung so lang, daß das erforderliche Gefälle nicht erreicht wird, so ordnet man dieselbe in „Sägeform" an, d. h. der Dampf wird eine Strecke mit Gefälle geführt und am tiefsten Punkt der Strecke ein „Wasserabscheider" eingeschaltet, hinter welchem die Leitung wieder senkrecht ansteigt.

Fig. 208.

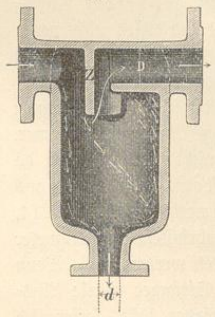
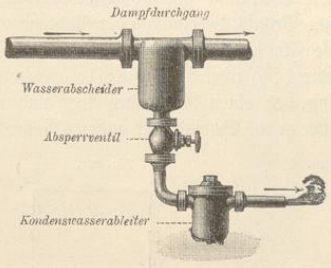


Fig. 208 stellt den Wasserabscheider von **Bopp und Reuter** dar. Die mit den Dampfe bei D einströmenden Wasserteilchen schlagen an die segmentförmig gekrümmte Zunge Z, fließen daran abwärts und werden von hier an die Wandungen des Abscheiders geschleudert, an denen sie herunterrieseln und durch das Rohr d in die Kondensleitung gelangen. Der von Wasserteilen befreite trockene Dampf geht sodann in der Pfeilrichtung bei D weiter.[1])

Fig. 209 stellt im Zusammenhange die Entwässerung einer Dampfleitung mittels eingeschaltetem Wasserabscheider, Absperrventil und Kondenswasser-Ableitung dar.

Fig. 209.



Als Material zur Rohrleitung empfiehlt sich Kupfer oder, wo der höhere Preis desselben in Betracht kommt, Schmiedeeisen, letzteres auch verzinkt. Geradlinige Leitungen fertigt man der Billigkeit wegen auch aus Gußeisen. Der Durchmesser der Leitungsröhren soll nicht zu eng sein, um unnötige Reibungswiderstände zu beseitigen, jedenfalls dem zu leitenden Dampfvolumen entsprechen und den Abfluß des Kondensationswassers gestatten. Damit jedoch die Bildung von Kondenswasser auf ein geringes Maß beschränkt werde, sind alle Rohre, die nicht Wärme abgeben, gut zu umhüllen, d. h. entweder mit Strohseilen und einem Mantel von Haarlehmmörtel oder mit Kieselguhrerde, Korkschalen u. s. w. zu bekleiden.

Rohrverbindungen. Gußeiserne Röhren erhalten gewöhnlich Flanschenverbindungen. Zwischen dieselben wird ein Ring von weichem Kupferdrahte, der im Querschnitte zickzackförmig ist, eingelegt. Durch das Anziehen der Flanschen drückt sich der Kupferdraht zusammen und bringt die dauerhafteste Dichtung hervor; jedenfalls ist solche metallische Dichtung derjenigen mit Kitt erheblich vorzuziehen. — Schmiedeeiserne, gezogene Rohre erhalten bis zu 52 mm Durchmesser Muffenverbindung; zu stärkeren Rohren werden Flanschen oder Verbindungsmuffen angewendet, wie solche schon bei der Verbindung der Perkinsrohre auf Seite 141 besprochen und dargestellt sind. Diese Muffen haben rechts- und linksgängiges Gewinde, und das eine der beiden Rohr-

1) Einen Wasserabscheider einfacher Konstruktion hat der Ingenieur Käferle konstruiert, derselbe ist abgebildet im Handbuch der Hygiene IV. Band, 2. Teil, S. 357.

enden ist kegelförmig zugeschärft oder, wie der technische Ausdruck es nennt, mit „Schweinsrücken" versehen. Beim scharfen Anziehen der Verbindungsmuffe findet gegenseitige Verdrückung der Rohrenden statt.

Manche Konstrukteure versehen beide Rohrenden mit Zuschärfung und legen zwischen dieselben einen Ring von weichem Kupfer, in welchen sich die zugeschärften Enden eindrücken, wenn die Muffe angezogen wird.

Die Flanschen schmiedeeiserner Rohre werden entweder aufgelötet oder mit den Rohrenden vernietet oder verschweißt. Die Bundringe am Rohrende werden ebenfalls aufgeschweißt. Behufs Verbindung der Rohrenden legt man entweder lose Flanschen hinter die Bundringe (Fig. 210), oder man bedient sich einer Rohrschelle, welche sich hinter den Bundring des einen Rohrendes legt und mit ihrem Muttergewinde in das Gewinde des anderen Rohres eingreift.

Fig. 210.

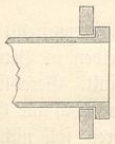


Fig. 211.

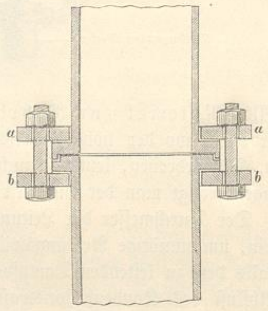


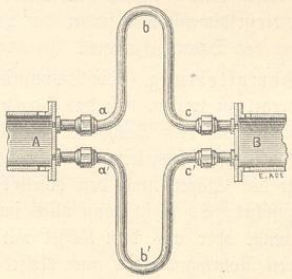
Fig. 211 zeigt eine Verbindung der mit Bundringen versehenen Rohrenden mittels „lose aufgeschobener" Flanschen a und b, welche durch Schraubenbolzen zusammengezogen werden; in die Dichtungsfuge ist ein Ring von Kupferdraht eingelegt.

Wo Abzweigungen schmiedeeiserner Rohre erforderlich werden, da bedient man sich, wie bei der Heißwasserheizung, sogenannter Façonstücke oder ⊤ Stücke. Geht die Leitung in veränderter Richtung weiter, so sind Bogenstücke erforderlich; ist dann der Krümmungshalbmesser nicht kleiner als der dreifache Rohrdurchmesser, so kann die Krümmung auch durch Biegen der Rohre hergestellt werden.

Die Abzweigungen der gußeisernen Rohre werden durch Stutzen oder besonders eingelegte ⊤ Stücke gebildet. Falls die im Handel vorkommenden gußeisernen Bogenstücke für vorkommende Ablenkungen oder Krümmungen nicht ausreichen, werden dieselben eigens für den Bedarf gestaltet und gegossen.

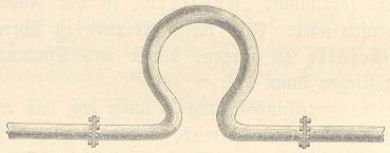
Die Längenausdehnung der Rohrleitungen wird durch untergelegte Rollen erleichtert. Zu gleichem Zwecke ist es vorteilhaft, nur das eine Ende des Rohrstranges zu befestigen und das andere frei zu lassen. Geht dies nicht an, so muß — wenigstens bei längeren Strängen — eine Kompensationsvorrichtung eingeschaltet werden. Darunter versteht man Zwischenstücke von variabler Form, welche die zusammenstoßenden Rohrenden so verbinden, daß innerhalb geringer Grenzen eine Annäherung und Entfernung derselben möglich ist.

Fig. 212.



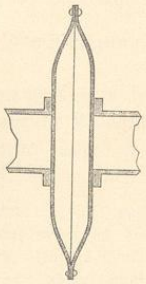
Einer der gebräuchlichsten Kompensatoren besteht aus zwei dünnen biegsamen Kupferröhren b und b' (Fig. 212), welche U förmig zwischen die Rohrenden A und B eingesetzt sind und infolge ihrer Elastizität der Bewegung der Enden

Fig. 213.



des Rohrstranges folgen. Das obere Rohr b dient für den Dampf, das untere b für das Kondensationswasser. Man kann indessen die Kompensationseinrichtung noch vereinfachen, wenn an Stelle der Röhren b und b' ein einziges gebogenes Rohr von größerem Durchmesser eingeschaltet und dieses nicht vertikal „stehend", sondern horizontal liegend angeordnet wird, damit Dampf und Kondenswasser durch dasselbe fließen können (Fig. 213). Wo das Anbringen krummer, biegsamer Rohre nicht angänglich ist, da verwendet man Kompensatoren aus biegsamen Platten nach Art der Fig. 214, welche in das Rohrsystem an geeigneter Stelle eingeschaltet werden. — Wenn die Länge des Stranges starke Ausdehnungen voraussehen läßt, lassen sich auch mehrere derartige tellerförmge Scheiben nebeneinander einfügen. Es ist allerdings auch bei dieser

Fig. 214.

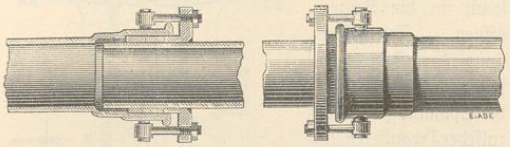


Gattung von Kompensatoren die Möglichkeit gegeben, daß die nie ganz zu vermeidenden Schmutzablagerungen hier eine von der Dampfströmung nicht betroffene Stelle finden, wo sie sich verdichten und die Elastizität der biegsamen Platten behindern. Ist für Plattenkompensatoren Raum nicht vorhanden, so bedient man sich wohl auch einer Stopfbüchse mit eingeschaltetem Kupfer- oder Messingrohre.

Weite Leitungsröhren, bei denen Muffverbindung zur Anwendung kommt, können leicht so verbunden werden, daß das biegsame Kompensationsstück fortfällt. Man läßt alsdann (vergl. Fig. 215) zwischen dem eingeschobenen Rohr-

Fig. 215.

(Durchschnitt.) (Ansicht.)

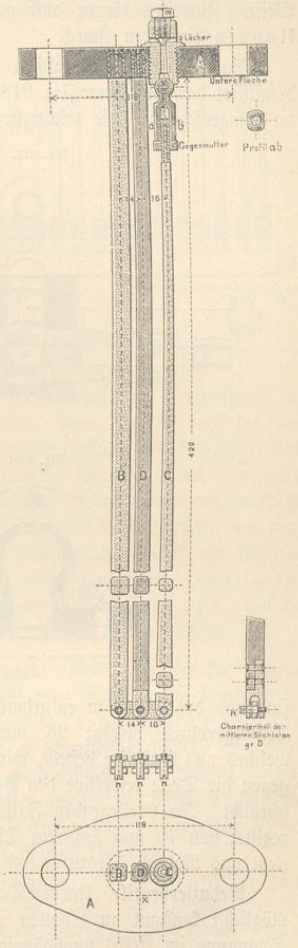


ende und dem Grunde der Muffe einen Spielraum für die Ausdehnung. Die Dichtung der hinteren Muffenfuge geschieht mit in Talg getauchten Hanfzöpfen. Sorgsame Ingenieure legen an der Bewegungsstelle die schon erwähnten Messingbuchsen ein.

3) Als **Kondensationsgefäße** (Heizkörper) werden — wie bei der Wasserheizung — Rohrspiralen und Rippenheizkörper verwendet (vergl. Abbildung Seite 135 u. 147). Der Zutritt des Dampfes in die Heizkörper wird durch Ventile geregelt und die Mäßigung der Wärmeabgabe geschieht entweder durch beliebige Anstauung des Kondenswassers im Heizkörper, wobei die wirksame Heizfläche vermindert wird, oder durch Ummantelung des Heizkörpers (Fig. 236 u. 238).

4) Lufthähne, Luftschrauben, **Luftventile** (reniflards).[1]) Bei Unterbrechung des Heizbetriebes muß Luft in die Kondensationsgefäße und die Verteilungsleitung eingelassen werden können und beim Anlassen des Dampfes muß diese Luft wieder vollständig entfernt werden. Denn es bildet sich, sobald der Dampf abgestellt ist, infolge Kondensation desselben überall da, wo früher Dampf war, ein luftverdünnter Raum und beim Wiederanlassen der Heizung würde nicht allein Dampf, sondern auch Wasser aus dem Kessel in die Leitung mit fortgerissen werden. Früher wurden derartige Lufthähne durch den Heizer oder durch die Insassen des Zimmers reguliert, wobei Unregelmäßigkeiten unvermeidlich waren. Bei Ausführung großer Heizanlagen in mehreren Etagen und in weitgedehnten Räumlichkeiten ist deren Besorgung durch den Heizer unstatthaft; es finden dann die selbstthätigen Lufteinlaß- und Auslaßventile Anwendung. Ein derartiges Ventil (Fig. 216) besteht aus einem gußeisernen Flansch A, unter welchem zwei Metallstangen B und D von gleicher Länge befestigt sind. Am Ende der Stange B ist der Stützpunkt, am Ende von D der Arm eines Hebelchens befestigt. Der Hebelarm trägt eine dritte Stange C, an deren oberem Ende sich ein Ventil befindet, das im Ventilsitz, welcher in der erwähnten Platte A eingesetzt ist, Führung hat. — Die Stangen B und C sind aus zinkreichem Messing hergestellt, die Stange D besteht aus weichem Stahl; die Scharnierbolzen N und das Kugelventil bestehen aus Rotguß. Wird nun Dampf in den Kondensationsapparat (Register) eingelassen, so verdrängt derselbe die Luft und diese bläßt aus dem Ventil aus. Der Dampf dehnt aber gleichzeitig die Metallstangen aus, und zwar (wegen der ungleichen Ausdehnung beider Metalle) die Messingstange mehr als die Stahlstange: erstere drückt daher auf den Hebelarm, hebt das Ventil empor und schließt die Öffnung. Wird der Dampf aber abgesperrt, so erkalten die Stangen, das Ventil öffnet sich wieder und gestattet der Luft den Eintritt. Der Eintritt des Dampfes in die Heizkörper erfolgt durch Ventile, welche auch zur teilweisen oder vollständigen Ausschaltung benutzt werden können; die

Fig. 216.



1) Es ist sogar zur Entfernung der Luft aus den Heizkörpern eine besondere Rohrleitung vorgeschlagen worden, in welche die Luft sämtlicher Heizkörper münden soll. Ein Hahn im Kesselhause sollte zur Regulierung des Lufteinlaß- und -Austritts dienen.

Ausschaltung ganzer Rohrstränge geschieht in gleicher Weise. Zuweilen dienen auch gut gearbeitete Drosselklappen demselben Zweck.

Fig. 219 stellt ein **Dampfein- und -Retourauslaßventil** detailliert dar, und zwar Fig. 218 im Querschnitt, Fig. 217 im Längenschnitt. Die wichtigsten Dimensionen desselben

Fig. 217.

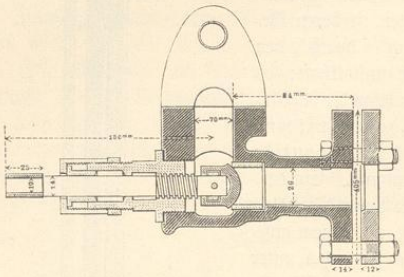
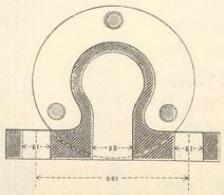


Fig. 218.



sind aus der Figur zu entnehmen; der Durchmesser des Leitungsrohres beträgt 26 mm. Das Ventilgehäuse, welches aus Gußeisen besteht, wird mit dem ovalen Flansch gegen die Decke respektive den Boden des Heizkörpers verschraubt. Im vorliegenden Falle ist derselbe ein Rippenregister von 70 mm äußerem Diameter. Das Ventil besteht aus Rotguß, Ventilsitz und Stoffbüchse aus Messing.

Reduzierventile. Um den Dampfdruck in den Leitungen möglichst konstant zu erhalten und von der wechselnden Spannung im Kessel unabhängig zu machen, wendet man Reduzierventile an. Dieselben wirken automatisch und lassen nur so viel Dampf in die Leitungen eintreten, als nötig ist, um die betreffende Dampfspannung zu erhalten. Da nun in den mit den Leitungen verbundenen Heizkörpern infolge Kondensation ein stetiger Dampfverbrauch eintritt, so nimmt die Spannung endlich ab und verschwindet, wenn zu wenig oder gar kein Dampf eingelassen wurde. Um nun in jedem Falle den Druck in den Leitungen ungemindert erhalten zu können, werden sogenannte „Reduzierventile" angebracht. Ein solches Ventil stellt Fig. 219 dar. In der beistehenden Zeichnung befindet sich das Ventil bei CDEF im geschlossenen Zustande und ist doppelsitzig. Der vom Kessel kommende Dampf strömt bei A ein und der Raum B steht mit der Ableitung in Verbindung. Nimmt dann auf dieser Seite die Spannung durch Dampfverbrauch ab, so verringert sich gleichzeitig der Dampfdruck auf die Membrane HH, und es wird durch Gegendruck der Spiralfeder J die Membrane und somit der Kolben herabgedrückt, wobei sich die Ventile bei CD und EF gleichzeitig öffnen und dem Dampf den Zugang in die Abteilung B und somit in die Leitung öffnen. — Durch Drehung der Schraubenspindel K läßt sich auch die Spannung der Spiralfeder J regulieren und dadurch die Dampfspannung erzielen, die in der Leitung seitlich von B vorschriftsmäßig stattfinden soll. Ist dann die Spirale J auf die richtige Dampfspannung eingestellt, so vermittelt das selbstthätige Ventil die Reduktion des Dampfdruckes in der Leitung und man pflegt dann zu sagen: es werde mit „reduziertem Dampfe" gearbeitet.

Fig. 219.

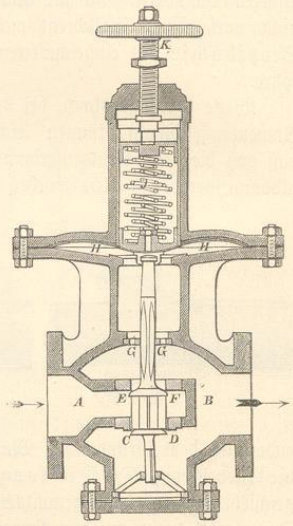
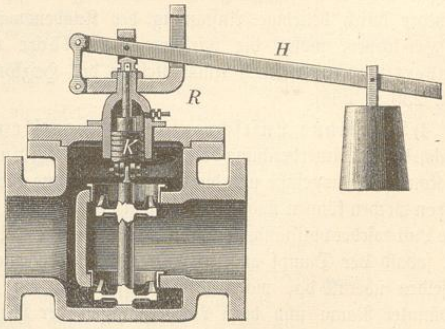


Fig. 219a.

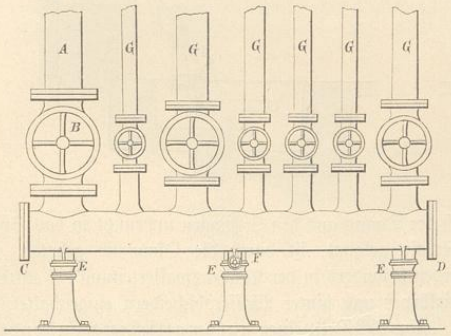


Bei dem in Fig. 219a dargestellten Dampfdruckreduzierventil erfolgt die Regulierung des Einströmungsquerschnittes durch den Kolben K. Auf diesen wirkt von unten der verminderte Dampfdruck, von oben ist derselbe durch ein am Hebel H wirkendes Gewicht belastet. Wird dann der Dampfdruck unter dem Kolben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

mehr das Gleichgewicht halten kann, so hebt sich der Kolben und demzufolge auch das Doppelsitzventil und verengt den Einströmungsquerschnitt so lange, bis der eingestellte Dampfdruck wieder erreicht ist.

Der **Dampfverteiler.** Wie im Eingange dieses Kapitels bereits erwähnt wurde, führt das Hauptdampfrohr direkt zum Dachboden und wird dort mit Abzweigungen für die Fallrohre, an welche Heizkörper angeschlossen sind, versehen. Werden im Keller — wie dies häufig geschieht — in besonderen Heizkammern Register aufgestellt, die zur Erwärmung der Luft dienen, so führt auch zu diesen ein besonderes Dampfrohr mit seinen Abzweigungen. Zu diesem Zwecke führt man das Hauptrohr A (Fig. 220), einem

Fig. 220.

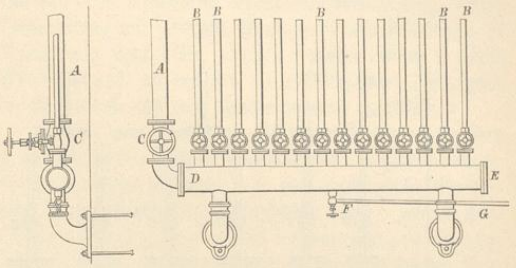


auf eisernen Untersätzen stehenden Dampfsammler CD, dem sogenannten „Verteiler", zu. Die Dampfzuströmung wird durch das Ventil B im Hauptrohre A geregelt.

Vom Verteiler zweigen (vergl. Fig. 220) sechs Rohre GG von verschiedener Weite ab, deren jedes durch ein besonderes Ventil reguliert und abgesperrt werden kann. Das im Verteiler CD angesammelte Kondensationswasser wird nach Bedarf mittels des Hahnes F abgelassen und dann dem Reservoir der Speisepumpe zugeleitet. Es verdient Erwähnung, daß bei der hier dargestellten Anlage die Rohre G größere Durchmesser haben, weil sie nicht einzelne Heizkörper, sondern Gruppen von Kondensationsgefäßen versorgen müssen. Der in Fig. 220 dargestellte Verteiler wird daher auch Hauptverteiler genannt und jeder der sechs Abzweige GG wird einem Nebenverteiler zugeführt.

Ein solcher „Nebenverteiler" ist in Fig. 221 u. 222 in Vorder- und Seitenansicht dargestellt. Der Abzweig A erhält ein Ventil C und mündet in den Verteiler DE, von dem 14 Rohre kleineren Durchmessers gespeist werden, die für dieselbe Anzahl von Heizkörpern den Dampf liefern. Das angesammelte Kondensationswasser wird ab und zu abgelassen und dem Reservoir der Speisepumpe zugeführt.

Fig. 221. Fig. 222.



Wenn, wie Eingangs erwähnt, die Verzweigung auf dem Dachboden stattfindet, dann werden auch die vorbeschriebenen Verteiler im Dachgeschoß untergebracht. Soll dagegen für Fälle besonderen Wärmebedarfes den Heizkörpern Dampf von möglichst hoher Spannung zugeführt werden, so sind zwei Verteiler mit Abzweigungen von demselben Zuströmungsrohr erforderlich, nämlich ein Verteiler für reduzierten und einer für nicht reduzierten Dampf. Durch angemessene Ventilstellung wird dann der eine oder der andere Verteiler in Betrieb gesetzt.

Kondensationskammern. Beim Betriebe der Dampfheizung zieht der Dampf vom Bodenraume durch irgend eines der Fallrohre abwärts, durchströmt die Öfen oder Register, welche mit dem betreffenden Rohre verbunden sind, und es fließt — nach Abgabe der Wärme — das verbliebene Kondenswasser wieder in dasselbe Fallrohr zurück. Dampf und Kondensationswasser fließen daher durch dasselbe Rohr abwärts.

Im Kellergeschosse münden alle diese vertikalen Fallrohre in Längsleitungen ein, welche das zur schnellen Beförderung des Abflusses erforderliche Gefälle haben. Diese Abflußrohre werden bei größeren Anlagen in eine Kondenskammer geführt. Dasselbe gilt von den Kondenswasserrohren derjenigen Heizkörper, deren Speisung mit direktem Dampfe erfolgt, ein Fall, der bei Aufstellung von Dampfregistern im Kellergeschoß vorkommt.

Die einzelnen, der Kondensationskammer zugeführten Rohre werden hier abwärts gebogen und geben Wasser und Dampf an die Kondenstöpfe ab. Dieselben vermitteln den Abfluß des Wassers und die Zurückhaltung des Dampfes; ihre Einrichtung ist später zu besprechen.

Nachstehend ist die Einrichtung einer Kondensationskammer in Ansicht und Querschnitt dargestellt. Die Ansicht (Fig. 223) zeigt vier Zuleitungsrohre A, von denen

zwei gabelförmig abgezweigt sind. Die Hähne B B dienen zur Absperrung für den Fall, daß der Mechanismus eines Topfes rektifiziert werden müßte. Da die Kondenstöpfe, wie erwähnt, nur heißes Wasser abzuführen haben, so er-

Es erübrigt nunmehr, nur die Konstruktion der vorher erwähnten **Kondensations-Wasserableiter** durch Zeichnung und Beschreibung zu erläutern. Der Zweck derselben, dem Wasser allein Abfluß zu gewähren und zu verhindern,

Fig. 223.

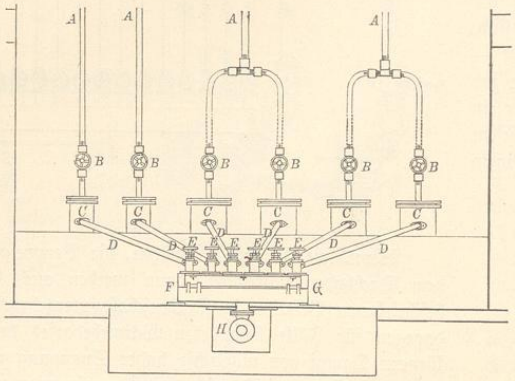
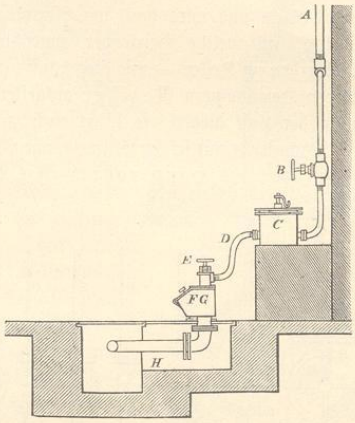
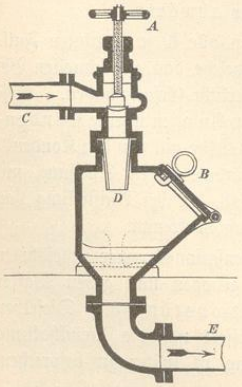


Fig. 224.



gießen die Rohre D D ebenfalls nur heißes Wasser in den Revisionskasten F G; von hier aus fließt das angesammelte Wasser nach dem Speisereservoir; der Revisionskasten kann durch eine Klappe geöffnet werden. Zeigt sich Dampf im Kasten, so gilt dies als Beweis, daß irgend ein Topf nicht richtig funktioniert, d. h. den Dampf nicht zurückhält. Durch probeweises Absperren der einzelnen Ventile wird bald herausgefunden, welcher Kondenstopf Abhilfe bedarf.

Fig. 225.



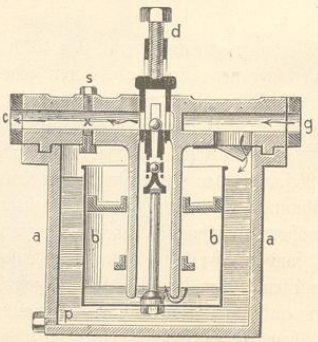
Die gabelförmige Abzweigung der beiden Stränge A A in der Kondensationskammer ist vorgesehen für den Fall, daß ein Topf für den berechneten Wasserzufluß nicht ausreicht.

Fig. 225 endlich giebt einen Durchschnitt des Revisionskastens F G im größeren Maßstabe. Jedes Zuflußrohr C endet in eine Düse D, damit beim Öffnen des Deckels B leichter ersehen werden kann, aus welchem Topfe etwa auch Dampf abgegeben wird. Das im Kasten angesammelte Kondenswasser fließt nunmehr nach dem Speisereservoir ab.

daß der Dampf aus den Leitungen unbenutzt in das Speisereservoir gelangt, ist durch die Ökonomie geboten. Sie werden besonders in der Kondenswasserleitung der einzelnen Heizkörper und hinter Wasserabscheidern eingeschaltet.

Fig. 226 stellt einen automatischen Kondenstopf oder Selbstleerer dar, der von Schäffer & Budenberg in Magdeburg fabriziert wird. Derselbe besteht aus

Fig. 226.



zwei Töpfen, einem äußeren a von Gußeisen der oben dicht verschraubt ist und einem inneren b aus Kupferblech, den Becherschwimmer oder Schwimmtopf, der oben offen ist. Der Deckel enthält die Ein- und Ausgangskanäle für das Kondenswasser und das senkrechte Steigerohr dient dem Schwimmtopfe als Führung. Die in den Deckel ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gesetzten Ventile werden durch Bügel und Druckschraube d fixiert. Wenn nun bei g Dampf und Kondensationswasser eintreten, so sammelt sich letzteres im Außentopfe und der Schwimmtopf b wird gehoben und schließt das Ventil. Steigt das Wasser höher über den Rand des Schwimmtopfes, so stürzt es in diesen hinein, bringt ihn zum Sinken und dadurch öffnet sich das Ventil. Der im Topfe statthabende Dampfdruck treibt dann das Wasser aus dem Rohre durch das Ventil und (durch C) weiter nach der Cisterne. Dem Dampfe jedoch ist in allen Fällen der Austritt unmöglich, denn es bleibt immer so viel Wasser im Schwimmtopfe, daß die untere Mündung des Steigerohres abgeschlossen ist. Zur Entfernung der Luft ist bei x eine Bohrung angebracht; p ist eine Ablaßschraube. Diese Kondenstöpfe werden überall da angewandt, wo das Niederschlagswasser ohne Dampfverlust abgeleitet werden soll, also auch hinter Wasserabscheidern (Fig. 209); sie schließen sich, sobald Dampf eintritt. — Der Schwimmtopf b kommt in ähnlicher Anordnung auch bei dem Reuterschen Selbstleerer zur Anwendung (vergl. Handbuch der Hygiene, IV. Band, 2. Teil, S. 308).

Fig. 227.

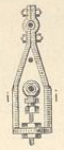
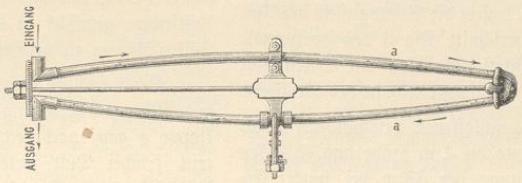


Fig. 228.



Bei größeren Anlagen, so in der städtischen Irrenheilanstalt zu Dalldorf bei Berlin, wird der automatische Kondensationswasserableiter (Patent Kusenberg) angewendet. Die Fig. 227 u. 228 veranschaulichen diesen Apparat, dessen Wirkung auf der Längenausdehnung der beiden gebogenen Messingrohre a a beruht, deren Enden durch eine in der Mitte durchgehende, schmiedeeiserne Stange gehindert werden, eine Längenbewegung zu machen. Wenn dann Dampf in der Richtung der Pfeile in die Messingrohre eintritt, so werden dieselben erwärmt, ausgedehnt und müssen — da die massive Eisenstange von der Wärme nicht alteriert wird — sich auseinander biegen. Da nun das mit dem mittleren Joche i verbundene Ventil seine Lage beibehält, so wird dasselbe in den Sitz gehoben, also geschlossen. Tritt hierauf Kondensation ein, so füllen sich die Röhren bis zum Ventil mit Wasser, ziehen sich infolge der Abkühlung zusammen, öffnen das Ventil und gestatten dem Wasser so lange Abfluß, bis wiederum Dampf eintritt und der Vorgang sich wiederholt. — Dieser Apparat arbeitet sicher unter jedem beliebigen Dampfdruck und wird von der Fabrik in drei Größen (10, 15 und 20 mm Lichtweite) ausgeführt.

Bei großen Bauanlagen erhält jeder Gebäudeflügel sein regulierbares Dampfabsperrventil und jedes dieser Systeme ein besonderes Kondensationswassernetz, dessen Hauptleitung mit je einem Kondensationswasserableiter in Verbindung steht. Die letzteren münden endlich in einen Einlauftopf, an den sich die zur Kondenswassercisterne im Kesselhause führende Kondensleitung anschließt.[1])

Es ist vorteilhaft, vor Eintritt des Kondenswassers in den Kusenberg'schen Apparat dasselbe einen Schlammfänger passiren zu lassen, d. h. eine (topfähnliche) Erweiterung in die Rohrleitung einzuschieben und — wie im Kondenstopf von Reuter — ein feinmaschiges Drahtgewebe einzulegen, das ab und zu gereinigt werden kann. Der Schmutz, der während des Legens der Röhren in die Leitung kommt, das Abblättern beim Warmbiegen und dergl. mehr, verunreinigen die Apparate auf lange Zeit, so daß wiederholte Kontrolle nötig ist. Diese und andere Schwierigkeiten sind zu überwinden, um spätere Betriebsstörungen, welche unbequemer sind, zu vermeiden.

§ 63.

Die Heizkörper für Dampfheizung können mit geringer Abweichung die Formen erhalten, welche man den Wasserheizkörpern giebt. Hiernach lassen sich unterscheiden: 1) ofenartige Heizkörper, 2) Register, 3) röhrenförmige Heizkörper mit und ohne Rippenarmierung.

1) Dampföfen älterer Form (vergl. Schinz, Wärmemeßkunst, Art. 352), sind nicht mehr in Gebrauch.

Cylindrische Dampföfen neuerer Gattung unterscheiden sich äußerlich nicht von den Säulenöfen für Warmwasserheizung, und werden wie jene voll, ringförmig oder mit vertikalen Cirkulationsröhren angefertigt. Während des Betriebes sind sie ganz mit Dampf gefüllt und es bleibt nur Wasser darin stehen, wenn man absichtlich, d. h. durch Schließen des Dampfauslaßventiles, Wasser darin ansammeln will.

1) Eine zusammenhängende Darstellung dieses Arrangements für die Irrenanstalt zu Düren findet man in Nr. 4, Jahrgang 1879 des „Rohrlegers".

Auch nach Art der Röhrenöfen hat man die Heizkörper konstruiert, bestehend aus einer Anzahl vertikal gestellter Röhren von Kupfer oder Schmiedeeisen, die oben und unten in gußeisernen Sammelkästen dichtschließend eingesetzt sind. Die von Prof. J. Durm für das Vierordtbad in Karlsruhe entworfenen Dampföfen[1]) bilden einreihige vertikale Röhrenöfen mit Sockel und dekorativer Krönung. Die 1,1 m hohen Dampfröhren sind unbekleidet.

2) Dampfregister sind (abweichend von den Registern für Warmwasserheizung) prismatische oder cylindrische Hohlräume. Sie werden zur Vermehrung der Wärmefläche mit Strahlungsrippen und — aus ästhetischen Gründen — mit einer Ummantelung versehen, für deren dekorative Ausschmückung dem Architekten mannigfacher Spielraum gelassen ist.

Auf Tafel 47 geben wir die Anordnung eines gußeisernen Rippenregisters für Dampfheizungen mit zugehöriger Metallummantelung, letztere nach dem Patent von **H. Röfike**. Fig. 1 giebt die Seitenansicht der Ummantelung, Fig. 2 den Querschnitt, Fig. 3 den Horizontalschnitt in Höhe des Ventilationskanales mit Oberansicht des Registers, Fig. 4 den Längendurchschnitt des Registers.

Das Register ist als geschlossener, prismatischer Hohlraum von 50 mm Lichtweite bei 1 m Höhe aus Gußeisen konstruiert und zur Erhaltung der Form bei starker Erwärmung der Flächen mit sechs Versteifungen versehen. An der oberen Decke bei v tritt der Dampf durch das in Fig. 217 u. 218 dargestellte Einlaßventil in das Register ein, treibt die darin enthaltene Luft vor sich her und zwingt dieselbe, durch das bei u angebrachte selbstthätige Luftein- und Auslaßventil zu entweichen. (Vergl. Fig. 216.) Die kurze Zwischenwand s verhindert das Austreten des Dampfes auf kurzem Wege beim Anlassen desselben. Der nicht kondensierte Dampf und das Kondenswasser strömen bei w nach den in Kanälen unter der Kellersohle angebrachten Kondensationswasserableitungen, welche dieselben zu einer automatischen Vorrichtung führen, also zu einem Kondensationstopf von Robinson, Budenberg, oder zu einem Kusenberg'schen Apparat, der das Wasser in die Sammelcisterne entläßt, aus welcher dasselbe durch die Dampfpumpe in den Kessel zurückgedrückt wird.

Der dreiseitige, an die Zimmerwand sich anlehnende Metallmantel ist oben offen und — sofern die um o drehbare Cirkulationsklappe g die in Fig. 2 angenommene Lage hat — unterhalb geschlossen. V ist der für ein bestimmtes Ventilationsquantum berechnete vertikale Kanal in der Zimmerwand, welcher frische Luft zuführt. Dieser Frischluftkanal wird — durch Drehung der Klappe g nach rechts — geschlossen, wozu der außerhalb des Mantels liegende Hebel dient. Bei dieser Klappenstellung tritt die Zimmerluft unterhalb des Registergehäuses ein, wobei Cirkulation stattfindet.

Der obere Mantelraum ist durch das Blech i verengt. Auf der Wand aa ist ferner, um O_1 drehbar, die Mischklappe h in ganzer Mantelbreite angebracht; sie kann äußerlich durch Drehung des oberen Hebels derart eingestellt werden, daß nach Erfordern die äußere oder die innere Kammer geschlossen wird. Da nun die Heizfläche des Registers für hohe Kältegrade berechnet ist, wird an warmen Heiztagen eine Reduktion der ins Zimmer gelangenden Wärme nötig sein. Dies geschieht durch Drehung der Mischklappe nach rechts, wobei der Austritt warmer Luft aus der hinteren Kammer verringert, gleichzeitig aber der Austritt frischer Luft aus der vorderen Kammer gestattet ist. Wenn die Klappe vertikal steht, treten beide Luftströme gemischt in das Zimmer, ohne das Maß der Luftzuführung zu verringern.

Wenn endlich Ventilation nicht erforderlich ist, wie des Morgens beim Anheizen, dann wird die Cirkulationsklappe g ganz nach rechts gedreht, und dadurch der Eintritt frischer Luft unterbrochen. Auch die Temperatur läßt sich durch Handhabung der Mischklappe nach Bedarf regeln. Die Dampfabsperrventile bleiben dabei geöffnet.

3) Röhrenförmige Kondensationsapparate. Hierher gehören die sogenannten **Gourney**'schen Batterien, hohle Cylinder, nach Art der in Fig. 5 auf Tafel 34 dargestellten, auf welche eine große Anzahl ebener Platten aufgereiht sind. In diesen Batterien läßt man Dampf kondensieren und erwärmt dadurch die Luft der zu heizenden Räume. In Lokalen von untergeordneter Bedeutung liegen derartige Heizkörper unbekleidet in den Fensterbrüstungen und wirken genau wie die auf Tafel 34 dargestellten Rippenrohröfen.

Röhrenförmige Rippenheizkörper mit Metallverkleidung und innerer Ummantelung aus schlecht wärmeleitendem Material nach dem System der Ingenieure Bechem und Post zu Hagen in Westfalen findet der Leser beschrieben und dargestellt in § 65 des Werkes. Im Übrigen ist die Form der zur Transmission des Dampfes benutzten Heizkörper eine so mannigfache, daß es genügen mag, hier die Hauptformen angedeutet zu haben.

1) Mitgeteilt in Klasen, Hochbau-Konstruktionen in Eisen, Fig. 963.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 64.

Kombinierte Dampfwasserheizung.

Schon im Eingange wurde ein Nachteil der Dampfheizungen hervorgehoben, welcher aus der geringen Reservationskraft der Heizkörper entspringt und diese Heizmethode daher nicht zur Anwendung empfiehlt, wo eine gleichmäßige Temperatur nach Einstellen des Feuers erfordert wird, oder wo man gezwungen ist für einzelne Räume in demselben Gebäude etwa auch während der Nachtzeit Wärme zu reservieren. — Es konnte nicht fehlen, daß man auf den Gedanken kam, das Kondensationswasser in den Gefäßen anzusammeln und durch zuströmenden Dampf auf Höhe der Temperatur des Dampfes zu erhalten. Wird alsdann der Dampf abgesperrt, so tritt durch Wärmeabgabe zwar sofortige Kondensation desselben ein, aber das Kondenswasser hat mindestens die Temperatur, welche bei Niederdruckheizung als die höchste angenommen wird, und indem es erkaltet, wird — wie in den Wasseröfen der Niederdruckheizung — die reservierte Wärme an die Luft abgegeben.

Die in den Heizkörpern aufzuspeichernde Wassermenge kann hier geringer sein, als bei Wasseröfen für Niederdruck, weil man mit Dampfheizung schon bei $^1/_2$ Atmosphäre Überdruck die Temperatur von 112° C. erreicht. In der Regel wird es genügen, das zur Wärmereservation benutzte Wasser auf die Hälfte desjenigen Quantums zu reduzieren, welches bei Niederdruckheizung gebraucht wird.

Grouvelle stellte bei seiner Heizanlage für die Männerabteilung des Hospitals La Riboisière in der Achse der Krankensäle Metallcylinder auf, die ganz mit Wasser gefüllt und durch ein schlangenförmig gewundenes Dampfrohr erwärmt wurden. Diese Methode war deshalb außerordentlich wirksam, weil die Wärmekapacität des Wassers eine sehr viel größere ist, als diejenige der Luft.

Anm. Setzt man nämlich Wasserdampf von 100° C. in einem Schlangenrohr der Luft aus, so lehrt die Erfahrung, daß bei einer Temperaturdifferenz T — t = 75° C. zwischen Dampf und Luft pro Stunde und Quadratmeter 1,5 Kilogr. Dampf kondensiert werden. Nach Formel 3) des § 61 sind aber in jedem Kilogramm gesättigten Dampfes enthalten 536,5 Wärmeeinheiten.

Der Wert des Transmissions-Koeffizienten K ergiebt sich daher aus der Gleichung:

$$536{,}5 \times 1{,}5 = K \,.\, 1 \text{ qm} \,.\, 75°,$$

woraus folgt:

$$K = 10{,}73 \text{ Wärmeeinheiten}$$

pro Quadratmeter und Stunde bei 1° Temperaturdifferenz.

Wird dagegen das Schlangenrohr in Wasser getaucht, so beträgt die Kondensation für jeden Grad Temperaturdifferenz der beiden Medien 2 kg pro Stunde und Quadratmeter, man hat daher zur Berechnung von K' die Gleichung:

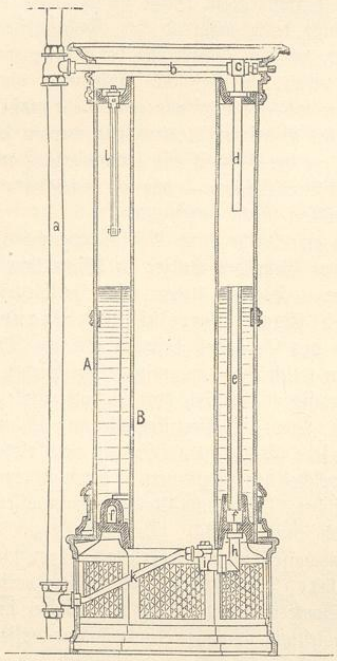
$$K' = \frac{536{,}5 \times 2}{1 \text{ qm} \,.\, 1°} = 1073 = \text{Wärmeeinheiten} = 100 \text{ K}.$$

In Hospitälern und ähnlichen Anstalten, wo Kesselfeuerungen bereits anderweitig nötig oder vorhanden sind, kann das in den Öfen enthaltene Wasser ständig auf einer ziemlich gleichmäßigen Temperatur gehalten werden, und der Dampf wird erst abgesperrt, wenn die Erwärmung des Raumes in hinreichendem Maße stattgefunden hat. Das Wasser strahlt dann während der Nachtstunden so viel Wärme aus, um die Temperatur der Wände nicht herabsinken zu lassen, so daß die Anheizung am nächsten Morgen nur wenig Dampf erfordert. Für große Anlagen, welche in der Beheizung centralisiert werden sollen, hat man daher in der Neuzeit die kombinierte Dampfwasserheizung mit Vorliebe und — wie wir hinzufügen dürfen — auch mit vollem Recht angewendet.

Durch eine Reihe guter Ausführungen hat sich das System der **Gebrüder Sulzer** in **Winterthur** (Schweiz) eingebürgert. Hierbei stehen die Heizkörper in den verschiedenen Etagen vertikal übereinander. Im Souterrain des Gebäudes befindet sich die Dampfkesselanlage, von welcher das Hauptsteigerohr wieder bis unter das Dach aufsteigt und sich dort in horizontaler Richtung verzweigt. Von der Verteilungsleitung ist im Bodenraume für jede Gruppe von Öfen ein vertikales Rohr abgezweigt, welches den Heizkörpern an deren oberem Teile den Dampf zuführt; Dampf und Kondensationswasser fließen in dieselbe Rohrleitung zurück. (Der Strang zur Abführung des Kondenswassers wird also bei dem Sulzer'schen System ganz entbehrt.) Die vertikalen Rohrstränge vereinigen sich dann im Souterrain und führen das Wasser in einer der Verteilungsleitung analogen Kondensationswasserleitung in den Kessel zurück. Um jedoch zu verhindern, daß auch Dampf durch den unteren Abzweig in die Heizkörper eintritt, ist in diesem ein Rückschlagventil eingefügt, welches sich nur gegen den Rohrstrang hin öffnet. Die Fig. 229 u. 230 werden diese Konstruktion des Ofens klar machen und zwar ist a das vertikale Zuführungsrohr, aus welchem der Dampf nach Öffnung des Absperrventiles c durch den Abzweig b in den Ofen gelangt. Der Ofen selbst besteht aus zwei konzentrischen Cylindern von Eisenblech, welche mit dem gußeisernen Deckel und Boden verbunden sind. Der Dampf gelangt durch das Rohr d in den ringförmigen Hohlraum, der bis zur halben Höhe mit Wasser gefüllt ist, strömt durch das Rohr e hinab, gelangt in den ringförmigen Kanal f am Boden und steigt durch die vier vertikalen Röhren g (Fig. 230) wieder in die Höhe. Ein Teil des Dampfes kondensiert sich dabei durch Wärmeabgabe an das Wasser und sammelt sich in der Röhre h an. Bei i ist das Rückschlagventil eingesetzt, welches sich nur nach oben öffnet und für gewöhnlich durch den in k herrschenden Dampfdruck geschlossen gehalten wird. Kommt aber von der anderen Seite zum Dampfdruck noch das Gewicht einer

Wassersäule hinzu, so öffnet sich das Ventil, und Dampf und Wasser entweichen durch das Rohr k in das vertikale Rohr a.

Fig. 229.



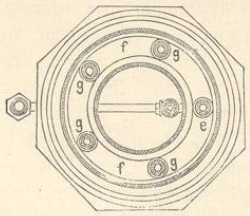


Fig. 230.

Endlich ist ein automatisches Luftventil e angebracht, wie solches schon durch Fig. 216 erläutert wurde: es soll dadurch das Zusammendrücken des Ofens verhindert werden, wenn nach erfolgter Kondensation des Dampfes sich im Innern ein Vacuum bildet. Die Funktion dieser Öfen ist einfach und sicher.

Resumé. 1) Wo von einer Wärmequelle her ausgedehnte Bauanlagen versorgt werden sollen, erweist sich die Dampfwasserheizung der Wassercirkulationsheizung überlegen, da die Ausdehnung der Rohrleitung über 200 m hinaus bei der Cirkulationsheizung zu manchen Inkonvenienzen führt.[1])

2) In Gebäuden von 4 bis 5 Geschoß Höhe ist der hydrostatische Druck in den Heizkörpern der untersten Geschosse schon recht bedeutend und müssen die Öfen daher, um dicht zu halten, sehr solid konstruiert werden. Wird dagegen jede Etage des Gebäudes für sich behandelt, werden die Öfen nur als Wärmereservoire resp. der Dampf als Wärme führendes Medium benutzt, so fällt diese Rücksicht fort.

3) Die Schnelligkeit, mit welcher Dämpfe an den Ort ihrer Verwendung geleitet werden können, ist eine fast momentane, während in einem weit verzweigten Niederdrucksystem mehrere Stunden vergehen, ehe eine ausreichende Wärmetransmission beginnt. (Vergl. Anmerkung.)

4) Grenzen sind der Dampfverwendung kaum gezogen, es können beliebig viele, in weiter Entfernung und in den verschiedensten Niveaus belegene Heizkörper mit Dampf versorgt werden.

5) Auch die der reinen Dampfheizung anhaftenden Fehler werden durch das kombinierte System der Dampfwasserheizung vermieden, denn es wird das Reservationsvermögen der Kondensationsapparate erhöht und demzufolge eine weit gleichmäßigere Wärmeabgabe erzielt, als sie die Dampfheizung gewährt.

Anwendungen.

§ 65.

I. Auf Tafel 42 bis 46 geben wir die Dampfheizungs-Anlage des Physiologischen Institutes der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin, entworfen und ausgeführt von dem inzwischen verstorbenen Ingenieur **H. Rösike.** Die kleineren Hörsäle, Sammlungen, Laboratorien und sonstigen Arbeitsräume der Anstalt gruppieren sich im wesentlichen um das große Auditorium (Nr. 15), welches sich in der Achse des Haupteinganges an den imposanten Langflügel des Institutes legt, der sich in einem Souterraingeschoß, zweien Hauptetagen und einem Obergeschoß aufbaut.

Tafel 43 stellt den Grundriß vom Kellergeschoß dar; daraus ist einerseits die Bestimmung der einzelnen Räume und andererseits die Gesamtdisposition der Centralheizanlage deutlich zu ersehen. Hierbei fällt der Kesselanlage eine doppelte Funktion zu, nämlich die Speisung der in den Geschossen aufgestellten, in den Grund-

1) Es wird hierbei wiederholt, daß bei dem in § 59 bezeichneten Beispiel einer Niederdruckwasserheizung die Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers pro Stunde nur rot. 280 m betrug!

rissen entsprechend charakterisierten Dampfheizregister und ferner auch diejenige der zur Erwärmung der Luftheizkammern dienenden großen Register. In jenen Kammern wird die unter der Kammersohle eingeführte frische Luft erwärmt, wie Tafel 42 im Detail verdeutlicht und tritt sodann in die Warmluftkanäle W der Etagen. Auf solche Weise werden die Zimmer 7, 10, 13, 24 im Erdgeschoß, Zimmer 26, 27, 28, 29, 30, 32 im I. Stockwerk und das große Auditorium Nr. 15 mittels Dampfluftheizung erwärmt. Die entsprechenden Zimmernummern, welche durch die resp. Kammern versorgt werden, sind denselben mit arabischen Ziffern beigefügt (vergl. Tafel 43).

Das hier angeordnete Heizsystem ist also eine Kombination der Dampfheizung mit der Dampfluftheizung, und es war dabei in erster Linie der Gesichtspunkt maßgebend, daß alle Räume, welche starke Ventilation erfordern — wie die chemischen Arbeitsräume, die beiden Hörsäle, der Saal für Vivisektionen und das Bibliothek-Lesezimmer — mit Dampfluftheizung, die übrigen Räume behufs direkter Erwärmung der Zimmerluft dagegen mit Dampfheizung zu versehen seien. Zum Zweck der Zimmerventilation sind aber auch für diese letztere Kategorie von Zimmern Luftzuführungskanäle in den Mauern ausgespart, aus denen die frische Luft, wie in § 63 beschrieben, in die Registergehäuse unterhalb ein- und oberhalb erwärmt austritt. (Vergl. Tafel 47, Fig. 3.)

Nur das Aquarium (Nr. 14) im Erdgeschoß ist, zur Erzielung einer vollkommen gleichmäßigen Temperatur, mit Dampfwasserheizung versehen worden.

Zur Dampferzeugung dienen drei Wasserröhrenkessel (System Belleville). Jeder der drei Kessel hat 16 qm Feuerfläche und ist mit zehn Atmosphären konzessioniert. Geheizt wird im Durchschnitt mit $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Atmosphären Druck, unter Anwendung eines Reduzierventiles. Bei großer Kälte sind anfänglich alle drei Kessel thätig; sind die Register erst erwärmt, so genügen zwei Kessel reichlich. — Drei Dampfkessel-Speisepumpen b b und die Maschine zum Betriebe des Ventilators a arbeiten mit Hochdruckdampf, der als Retourdampf noch zur Heizung benutzt wird.

Der zur Heizung erforderliche Dampf gelangt teils vom Dampfreservoir im Souterrain an den Ort seiner Verwendung, indem er durch das Dampfventil c (Tafel 42, Fig. 1 u. 2) den Rippenregistern zuströmt, teils strömt er durch die Steigerohre nach den oberen Etagen. Derartige Stränge sind in größerer Anzahl vorhanden und in den verschiedenen Grundrissen durch eingeschriebene römische Zahlen bezeichnet. Alle Dampfzuführungsrohre sind mit Leroy'scher Patentmasse gegen Abkühlung geschützt; ihr Durchmesser wechselt selbstverständlich nach Erfordernis (zwischen 107 mm und 20 mm). — Auch das System der Dampfrückleitung ist in Tafel 43 entsprechend charakterisiert, und zwar gelangt das kondensierte Wasser durch die Kondenswasserleitung in den dazu angelegten Kanälen nach den Kondensationswasserableitern d.

Was die Zuführung der frischen Luft anbelangt, so tritt dieselbe durch zwei große Einfallschächte vom Hofe her in unterirdischen, gewölbten Kanälen in das Gebäude und im Winter in der Regel direkt, d. h. durch Ansaugen, in den unter der Kellersohle des Korridors hinlaufenden Kanal für frische Luft, nachdem sie vorher eine Filtervorrichtung passiert hat, in deren Gewebe der mitgerissene Staub zurückgehalten wird. Ist des Morgens schnelle Erwärmung der Luft in den Heizkammern bei starkem Frost geboten, so wird auch der Ventilator in Bewegung gesetzt, von diesem die Luft aus dem Zweigkanal angesaugt, dann durch Druck in die Kammern für frische Luft getrieben, um von hier aus in die eigentlichen Luftheizkammern zu gelangen und endlich erwärmt in den Heizkanälen aufzusteigen. In den Monaten, in denen die Heizung ruht, findet die Zuführung der Luft nur mit Hilfe des Ventilators statt. Letzterer hat 2 m Durchmesser und macht in der Regel pro Minute 120 Touren, wobei stündlich 12000 bis 14000 cbm Luft in das Gebäude geschafft werden. Berechnet ist derselbe auf eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 180 Touren pro Minute mit etwa 20000 cbm einzuführender Frischluft.

Die verschiedenen Zustände der Luft, als: frische Luft, erwärmte Luft und verbrauchte Luft sind durch charakterisierende Farben im Grundriß der einzelnen Geschosse (Tafel 42 bis 46) und im Querschnitte Tafel 46 angedeutet, auch in der Farbenerklärung Tafel 43 erläutert. Darin ist die abzuführende Luft durch einen blauen Farbenton, frische Luft durch grüne und erwärmte Luft durch rote Färbung kenntlich gemacht.

Tafel 46 stellt den Querdurchschnitt nach der Linie AB des Grundrisses dar. Man ersieht daraus: 1) die Konstruktion des Langflügels, 2) des Lüftungsschachtes mit dem darin aufsteigenden eisernen Schornsteinrohr, 3) des großen Auditorii mit seiner amphitheatralischen Sitzanordnung, der Zuschauergallerie und der Oberlichtkonstruktion; endlich 4) die Einrichtung der den großen Hörsaal umgebenden einetagigen Anbauten.

Erklärung der Tafel 46. — I. Der Langbau. Im Souterrain ist die Wohnung des Hausdieners sichtbar; sie wird, wie die Portierwohnung, mit Kachelöfen geheizt. Dahinter liegt die Luftheizkammer zur Versorgung des Zimmers Nr. 30. — Heizregister, Zuführungskanal für frische Luft, Mischkanal und Heizkanal (letzterer mit Ausströmungsöffnung im I. Stockwerk) sind im Durchschnitte ersichtlich.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Instrumentensammlung im Erdgeschoß ist mit reiner Dampfheizung versehen, ebenso der Raum für Photographie im II. Stockwerke. Im Instrumentenraume wird das Dampfheizregister nebst Bekleidung im Durchschnitt sichtbar; im II. Stockwerk giebt R die Ansicht desselben. Hiernach ist im Durchschnitte des Langflügels nur der chemische Arbeitsraum Nr. 30 im I. Stock mit Luftheizung versehen.

Für Lüftung ist in sämtlichen Räumen gesorgt (vergl. die Grundrisse Tafel 44 u. 45). Die Lüftungskanäle haben je eine Abzugsöffnung am Fußboden und eine dergleichen nahe der Decke erhalten.

II. Das große Auditorium und seine Ventilation. Die durch Saug- oder Drucklüftung aus dem unterirdischen Kanal in die Luftkammern getriebene frische Luft strömt in sechs große Heizkammern ein, in welchen je drei Dampfheizregister aufgestellt sind. An diesen erwärmt sich die frische Luft und gelangt entweder direkt oder temperiert, d. h. als „Mischluft" in die Heizkanäle. Die Ausströmung findet statt durch vergitterte Öffnungen unterhalb des Galleriefußbodens, und zwar durch sechzehn kleinere und zwei größere Öffnungen in den Umschließungsmauern. Größe und Lage der Kanäle ist aus den Grundrissen Tafel 43 u. 44 zu entnehmen. — Da die Heizluft etwa in halber Saalhöhe ausströmt, wird dieselbe im Raume gleichmäßig verteilt. Damit aber auch eine normale Temperatur in den mit erwärmter Luft geheizten Räumen ermöglicht werde, ist in jedem derselben ein elektrisches Metallthermometer angebracht, welches den Zeiger des im Keller befindlichen Galvanometers zum Abweichen von der vertikalen Lage bringt, wenn die Temperatur über das Maximum gestiegen oder unter das Minimum gesunken ist. Dadurch wird der Heizer in den Stand gesetzt, die Mischklappe mittels der Stellstange I (Tafel 42) zu dirigieren, ohne die betreffenden Räume in den oberen Geschossen zu betreten. Die verbrauchte Zimmerluft wird unter den Stoßbrettern der ansteigenden Sitze, und zwar durch die aspirierende Wirkung des eisernen Rauchrohres, welche durch den großen Deflektor unterstützt wird, abgesaugt.

Um die Verbrennungsgase einer sehr intensiven Abendbeleuchtung ohne Belästigung der Zuhörer abzuführen, war der ganze Mechanismus der fahrbaren Gaseinrichtung und der Flammen oberhalb der Glasdecke verlegt. Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgte daher vom Dachboden aus in der Richtung des Pfeiles nach den beiden Ventilationsschächten hin. Die beiden Lüftungsschächte sind durch eine eingesetzte Metallwand der Breite nach geteilt und dient die vordere Hälfte zur Ventilation des großen Korridors im Souterrain, die hintere zur Ventilation des Auditoriums 15. In die vordere Abteilung tritt ferner die verdorbene Luft, welche in den ausgesparten Ventilationskanälen nach dem Dachboden des Langflügels aufsteigt, in der Richtung des Pfeiles ein, so daß die beiden Hauptschlote auch die sämtlichen, zu zwei Stockwerk Höhe aufgeführten Gebäudeteile, einschließlich der beiden Treppen, entlüften. Über den Zimmern 26 bis 28 und 34 bis 37, wo ein massiver Ausbau der Dachetage nicht nötig ist, sind die entsprechenden Luftabführungskanäle in Holz bis zur Drempelhöhe emporgeführt und dadurch ebenfalls in die Abzugssphäre der beiden großen Schächte gebracht.

III. Der einetagige Anbau. Es wird der Raum Nr. 21 für Wandbilder und Nr. 20 für physikalisch-physiologische Arbeiten im Durchschnitt sichtbar. Ersterer ist nicht geheizt, letzterer mit Dampfheizregister versehen, welches die frische Luft aus dem betreffenden unterirdischen Luftkanal empfängt.

Hier mag erwähnt werden, daß für einzelne Räume des Keller- resp. Erdgeschosses Zuführung frischer Luft durch an die Kellerkränze anschließende Kanäle bewirkt wird, so für den Kaninchenstall, den Hundestall und das Kanarium (sämtlich heizbar), ferner für ungeheizte: die Batteriekammer und Leichenkammer (vergl. Grundriß vom Kellergeschoß, Tafel 43). Eine weitere Erklärung überschreitet die Grenzen, welche diesem Werke vorgezeichnet sind: wir verweisen daher auf die eingehende Betrachtung der Zeichnungen und der tabellarischen Übersicht (S. 177), welche das befolgte Prinzip wohl erkennen läßt.

Bestimmung der erforderlichen Heizflächen.

1) Von Berechnung der stündlichen, durch Transmission der strahlenden Gebäudeflächen hervorgerufenen Wärmeverluste, können wir absehen, nachdem in § 47 ein ausführliches Beispiel gegeben worden ist. Wir begnügen uns, die von dem Ingenieur **H. Röstke** berechneten und in nebenstehender Tabelle eingetragenen Werte hier zu registrieren. Dasselbe gilt für die Wärmeverluste durch Ventilation, d. h. für die in der Ventilationsluft enthaltenen und mit dieser stündlich entweichenden Wärmemengen.[1]) Aus beiden Werten setzt sich aber der Gesamtwärmeverlust der mit Ventilation versehenen Räume zusammen. Spalte 1 dieser Tabelle enthält die Zimmernummer, welche der betreffende Raum im Grundriß (Tafel 43) führt; Spalte 2 die Bestimmung des Raumes; Spalte 3 die stündlich abzuführende Luftmenge in Kubikmetern; Spalte 4 und 5 die Wärmeverluste durch Transmission und Ventilation in Wärmeeinheiten ausgedrückt; Spalte 6 den stündlichen Gesamtwärmeverlust jedes einzelnen Raumes; Spalte 7 die in Quadratmetern ausgedrückte Heizfläche, welche den Wärmeverlust ersetzt. Die folgenden Spalten endlich enthalten die Größe der Rippenregister, resp. die Anzahl der Rippen, welche für die Beheizung der einzelnen Räume zur Verwendung gekommen sind.

1) Diejenigen Räume, deren Ventilationswärmeverlust in Kolumne 5 eingetragen ist, sind dem Programm gemäß im Winter und Sommer zu ventilieren, für die übrigen Lokale ist nur eine schwache Sommerventilation verlangt. Letztere haben daher Dampfregister erhalten, deren Heizfläche für den Maximalwärmeverlust berechnet ist. Tritt nun gelindere Witterung ein, so wird der Wärmeüberschuß zur Temperaturerhöhung der frisch eingeführten Luft benutzt, d. h. es findet auch hier während des größten Teiles der Heizperiode Luftwechsel, jedoch in geringerem Grade, statt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Übersicht des Wärmebedarfes und der Heizflächen der Dampf-, Dampfluft- und Dampfwasserheizungs-Anlage im Physiologischen Institut zu Berlin.

Nr. des Raumes	Bestimmung der Räume	Stündlich abgeführte Luftmenge	Stündlicher Wärmeverlust durch Transmission	Stündlicher Wärmeverlust durch Ventilation	Gesamtwärmeverlust	Transmissionsfläche des Heizkörpers	Anzahl der Heizkörper: Dampfregister Stück	Dampfregister Rippenzahl	Register für Dampfluftheizung Stück	Register für Dampfluftheizung Rippenzahl	Dampfwasseröfen Stück
		cbm	W.-E.	W.-E.	W.-E.	qm					
	Erdgeschoß.										
3	Modellraum	65	1490	—	1490	—	—	—	—	—	—
4	Raum für Instrumente	377	5741	—	5741	9,70	2 R. à	11	—	—	—
5	Garderobe	—	1495	—	1495	3,00	1 R. v.	$\frac{750}{1700}$ mm	—	—	—
6	Werkstatt	174	2712	—	2712	5,75	1 R.	13	—	—	—
7	Bibliothek	705	4165	8460	13888	27,3	—	—	3 R. à 15 1 R. 17	Rippen „	—
10	Amtliches Geschäftszimmer	99	3197	—	3197	13,2	—	—	2 R. à 15	„	—
11	Experimentierzimmer	161	3590	—	3590	6,6	—	—	—	—	—
12	Vorbereitungszimmer	—	1348	—	1348	3,0	1 R.	$\frac{800}{1700}$	—	—	—
12a	Vorzimmer zum amtl. Geschäftszimmer	—	898	—	898	1,5	1 Kondens.-Cylinder		—	—	—
13	Kleines Auditorium	600	4385	7200	11393	—	—	—	2 R. à 17 1 R. 15	Rippen „	—
14	Aquarium	144	4456	—	4456	11,2	—	—	—	—	2 à 5,6 qm
15	Großes Auditorium	4000	26298	48000	71827	128,0	—	—	14 R. à 17 4 R. à 13	Rippen „	—
16	Batteriekammer	159	133	1240	1510	ungeheizt	—	—	—	—	—
17	Privatlaboratorium	218	4956	—	4956	7,5	1 Kondens.-Rohr 1 R.	17	—	—	—
18	Privatlaboratorium	75	1716	—	1716	4,0	1 R.	9	—	—	—
19	Für physikal. und physiol. Arbeiten	277	6469	—	6469	11,4	—	—	1 R. 1 R.	11 15	—
20	Zimmer für Zeichner	52	1784	—	1784	3,0	1 R.	$\frac{750}{1000}$	—	—	—
22	Vorbereitungszimmer	139	3976	—	3976	7,5	1 R.	17	—	—	—
23	Sprechzimmer	35	960	—	960	1,6	1 Kondens.-Cylinder		—	—	—
24	Saal für Vivisektionen	831	6205	9972	17752	34,5	—	—	6 R. à 13	Rippen	—
25	Mikroskopische Demonstrationen	—	—	—	—	18,1	1 R. 1 R. 1 R.	11 13 17	—	—	—
	I. Stockwerk.										
26	Zimmer für Geübtere	420	3928	4940	9755	19,8	—	—	2 R. à 13 2 R. à 11	Rippen „	—
27	Verbrennungszimmer	237	2253	2787	5544	11,5	—	—	2 R. à 13	„	—
28	Präparatenzimmer	552	3520	6492	11013	21,6	—	—	2 R. à 17 1 R. 15	„ „	—
29	Zimmer für Analysen	582	2883	5480	9113	19,6	—	—	4 R. 1 R.	11 15	—
30	Dispensierzimmer	—	1748	3846	6153	12,3	—	—	1 R.	13	—
31	Zimmer für Spektralanalyse	134	3181	—	3181	6,6	—	—	—	—	—
32	Für Schwefelwasserstoffanalysen	327	2002	3846	6432	12,3	—	—	—	—	—
33	Klausurzimmer	194	3766	2282	6048	10,5	—	—	—	—	—
36	Brutofen	43	2019	—	2019	5,5	—	—	—	—	1
37	Raum für Injektionen	168	5434	—	5434	9,6	2 R. à	11 R.	—	—	—
38	Luftpumpenzimmer	105	3303	1235	4538	7,5	1 R.	17	—	—	—
39	Gaszimmer	118	3115	1388	4503	7,5	1 R.	17	—	—	—
40	Klosett und Garderobe	84	528	741	1269	3,0	1 R.	—	—	—	—
41	Garderobe	171	1638	1509	3147	4,0	1 R.	—	—	—	—
42	Mikroskopische Arbeiten	213	8689	—	8689	15	—	—	2 R. à 17	Rippen	—
	II. Stockwerk.										
43	Optisches Zimmer	85	1516	—	1516	3,0	1 R.	$\frac{800}{1700}$	—	—	—
44	Optisches Zimmer	85	1590	—	1590	3,0	1 R.	—	—	—	—
45	Zimmer für Photographie	74	2110	—	2110	4,0	1 R.	—	—	—	—
53	Vorraum	—	1132	—	1132	3	1 R.	—	—	—	—
55	Bodenkammer für Photographie	—	1914	—	1914	3	1 R.	—	—	—	—
	Keller.										
56	Krankenstall für Hunde	33	195	258	453	—	1 R.	—	—	—	—
57	Hundestall	417	1316	3253	4569	7,5	1 R.	17	—	—	—
58	Hundestall	72	491	562	1053	3,0	1 R.	—	—	—	—
59	Kaninchenstall	243	1040	1896	2936	5,75	1 R.	13	—	—	—
60	Hundestall	174	785	1357	2142	4,00	1 R.	—	—	—	—
62	Klosett	69	494	621	1115	2,00	1 Kondens.-Rohr		—	—	—

2) Bei Bestimmung der den ermittelten Wärmeverlust ausgleichenden Heizflächen wurde der Erfahrungssatz zu Grunde gelegt, daß ein Quadratmeter ummantelte, gerippte, gußeiserne Registerfläche bei Dampfheizungsanlagen im Mittel nur 600 Wärmeeinheiten abgiebt. — Bezeichnet daher W den Gesamtwärmeverlust des Raumes, so ist die zugehörige Heizfläche $F = \frac{W}{600}$ (ein Wert, der von anderen Heiztechnikern bis $\frac{W}{800}$ gesteigert wird). Kolumne 5 enthält die hiernach ermittelten Heizflächen.

Vertikale Dampfregister sind im § 63 unter 2) beschrieben und auf Tafel 47 dargestellt. Es enthält bei 1 m Höhe:

1	Register	mit	9	Rippen,	4,0 qm Heizfläche,
1	„	„	11	„	4,85 „ „
1	„	„	13	„	5,75 „ „
1	„	„	15	„	6,6 „ „
1	„	„	17	„	7,5 „ „

Heizflächen von weniger als 4 qm werden durch Verringerung der Registerhöhe oder durch Einstellung vertikal gerippter Rohre gedeckt, wie in den Räumen 12a und 23 des Erdgeschosses. — Die Anzahl der erforderlichen Heizkörper ist in den Kolumnen 6 bis 8 der Tabelle enthalten; ausgenommen hiervon sind die drei Treppenräume, welche sich nicht in derselben befinden. Es ist aber die Transmission in den beiden großen Treppenhäusern a und b gleichwertig und beträgt:

	der Wärmeverlust		die Heizfläche	Registergröße
in a und b	je 5484	W.-Einh.	je 7,5 qm	17 Rippen
„ g . .	6800	„	10,6 „	1 R. à 13 Rippen 1 „ „ 11 „

Die Ausführung der ganzen Heizungsanlage ist in der verhältnismäßig kurzen Zeit von drei Monaten zu stande gekommen und am 1. Oktober 1878 vollendet worden. Sie bewährt sich in jeder Beziehung. Die Kosten derselben betrugen einschließlich der Lüftungseinrichtung 66400 Mark.

§ 66.

Niederdruck-Dampfheizung.

Während noch vor zwei Decennien die Anwendung der Dampfheizung nur auf öffentliche Gebäude größeren Umfanges und auf Gebäudekomplexe, wie die vorerwähnten rheinischen Provinzial-Irrenheilanstalten, die städtische Irrenheilanstalt zu Dalldorf bei Berlin u. a. beschränkt blieb, sind die renommierteren Ingenieure der Heizbranche bemüht gewesen, diese Heizmethode zu verbessern und sie insbesondere auch für die Beheizung von Wohnhäusern, Hotels, Villen und sonstigen Gebäuden geringeren Umfanges nutzbar zu machen.

Bei diesen neueren Heizanlagen hat man indessen die Anwendung hochgespannter Dämpfe, die zur Erwärmung von Wohnräumen wenig geeignet erscheinen, verlassen. Denn die hohe Temperatur der Heizkörper ist unbequem und wegen des Versengens von Staubteilen zu verwerfen, auch sind die Geräusche des unter hohem Druck einströmenden Dampfes, sowie diejenigen bei Veränderungen in der Dampfspannung störend. Endlich ist die erforderliche Entlüftung der Heizkörper beim jedesmaligen Anlassen — schon wegen des Austretens unreiner Luft in die Wohnräume — nicht zu empfehlen.

Diese Übelstände werden zum größeren Teil durch Anwendung von Niederdruckdampf zur Heizung vermieden. Der im Keller stehende Kessel muß dann laut gesetzlicher Bestimmung mit einem offenen, in den Wasserraum hinabreichenden Standrohr von nicht über 5,0 m Höhe und mindestens 8 cm Weite versehen werden, wodurch jeder Explosionsgefahr vorgebeugt wird. Da nur Dämpfe bis zu 0,3 und höchstens $^1/_2$ Atmosphäre Druck entwickelt werden, ist die Temperatur der Heizkörper entsprechend niedriger. Die Heizung arbeitet auch geräuschlos, wenn man nicht wesentlich über einen Dampfdruck von 0,15 Atmosphären hinausgeht.

Die Kessel werden mit Schüttfeuerung ausgeführt und mit Vorrichtungen zu selbstthätiger Regulierung des Brennprozesses versehen, derart, daß beim Überschreiten der zulässigen Dampfspannung der Zutritt von Luft zum Feuerraum entweder unmittelbar verhindert oder der Abzug der Verbrennungsgase durch Einlassen von Luft in den Schornstein gehemmt wird. Häufig werden beide Regelungsarten in Anwendung gebracht, doch ist die unmittelbare Einwirkung auf den Luftzutritt der letzterwähnten Methode vorzuziehen. — Für die Praxis empfehlen sich selbstthätige Regulatoren, welche möglichst wenig bewegliche Teile besitzen, weil diese sich rasch abnutzen oder auch ganz versagen.

Ist die Kesselfeuerung zur Aufnahme einer genügenden Menge Brennmaterial eingerichtet, so kann der Betrieb auch ohne besondere Bedienung bei Nacht fortgesetzt werden.

Die Heizkörper, welche bei Hochdruckheizung zur Verwendung kommen, sind auch bei Niederdruckheizung in Gebrauch, wobei der Dampf entweder von unten her oder am oberen Ende des Heizkörpers eintritt. Letzteres ist der Fall, wenn besondere Leitungsrohre für Dampf und Kondenswasser vorhanden sind, d. h. bei dem sogenannten Doppelrohrsystem (vergl. Fig. 235). Soll das Kondenswasser aber durch die Dampfzuleitung zurückfließen, so führt man den Dampf von unten ein und der Heizkörper muß für das „Anlassen“ mindestens ein (selbstthätiges) Entlüftungsventil (Fig. 216) erhalten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Wärmeabgabe der Heizkörper wird durch Isoliermäntel oder durch Ventile geregelt. Bei Ventilregelung muß ein elastisch oder tropfbar flüssiger Körper (Luft oder Wasser) im Heizregister vorhanden sein, der durch den eintretenden Dampf verdrängt wird und der Dampfdruck soll genügen, um aus dem Heizkörper die gesamte Flüssigkeit zu verdrängen. Wird das Ventil gedrosselt, so sinkt die Dampfspannung im Heizkörper und die Flüssigkeit tritt, der Drosselung entsprechend, bis zu einem bestimmten Maße in denselben zurück, wodurch ein Teil der vom Kondenswasser berührten Fläche außer Wirkung kommt.

Je nach der Höhe der Wassersäule, die den Gegendruck bedingt, ist der Dampfdruck bei Anwendung von Wasser als Flüssigkeit zu 0,2 bis 0,3 Atmosphären anzunehmen. Die Anordnung der Rohrleitung wurde bereits in § 62 unter Absatz 2 besprochen und gilt dafür dasselbe, wie bei der Hochdruckdampfheizung, so daß hierauf verwiesen werden kann. Die Rohrweiten richten sich nach der Spannung des durchströmenden Dampfes: je höher die Spannung, desto größere Dampfgeschwindigkeit kann erzielt werden und um so geringere Durchmesser sind zur Beförderung desselben Dampfvolumens erforderlich.

Die Berechnung der Dampfrohrleitung für die Ausführung muß sehr sorgfältig und geschickt durchgeführt werden. Man geht bei der Bestimmung der Rohrdurchmesser von dem entferntest gelegenen Heizkörper aus und der Weg bis zum Kessel wird in so viele Teilstrecken geteilt, als Rohrleitungen vorhanden sind, welche bestimmte Dampfmengen zu fördern haben. Die einzelnen Teilstrecken werden dann nacheinander berechnet. Als Unterlage für die Rechnung ist zu ermitteln:

1) die Summe von Wärmeeinheiten, welche stündlich am Endpunkt einer Teilstrecke verlangt wird,
2) die Länge dieser Leitung in Metern,
3) der lichte und der äußere Durchmesser der Leitung in Metern,
4) die Geschwindigkeit des Dampfes pro Sekunde in Metern,
5) die Dampfspannung am Anfange der Leitung in Kilogramm pro Quadratmeter,
6) die Spannung, welche zur Überwindung sämtlicher Widerstände in der Leitung (Richtungsänderungen u. s. w.) verbraucht wird,
7) die Dichte des Dampfes.

Die ausführliche Methode der Berechnung findet der Spezialtechniker in Rietschels Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Heizungs- und Lüftungsanlagen, 2. Aufl., Bd. I, S. 211 u. ff.

I. Das System der Central-Niederdruckdampfheizung von **Bechem & Post** ist dargestellt durch Fig. 231 bis 233. Als Dampferzeuger wird ein stehender, cylindrischer Kessel, Fig. 231, verwendet, dessen Füllrohr b im Centrum liegt und durch einen Deckel e mit Sandverschluß luftdicht geschlossen werden kann. Unter dem Füllrohre und über der Aschengrube i liegt der Klapprost d mit pendelnden Roststäben. Aschengrube i und Schüröffnung k sind mit eisernen Thüren dicht abschließbar: die Verbrennungsluft kann daher nur durch den Zuleitungskanal m unter den Rost gelangen. Dieser Kanal ist durch ein Tellerventil n, welches mit dem selbstthätigen Druckregulator in Verbindung steht, abschließbar.

Fig. 231.

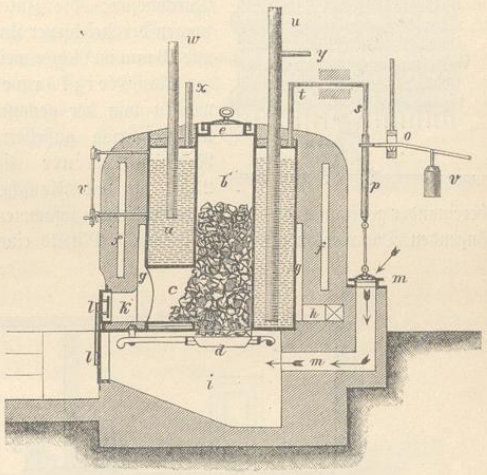
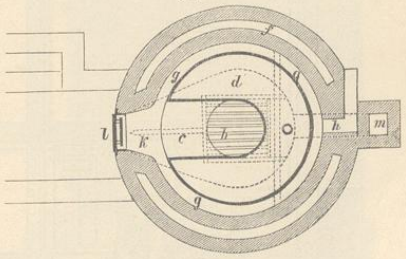


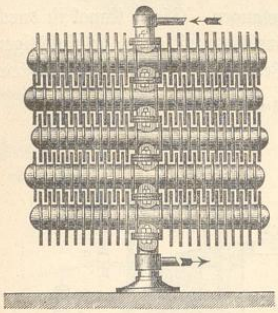
Fig. 232.



Letzterer besteht aus einem festen, vertikalen, unten offenen Rohre s, das in den Dampfraum des Kessels hineinragt, und aus einem weiteren Rohre p, das, an einem astatischen Hebel o aufgehängt, sich frei auf und nieder bewegen läßt. Das bewegliche Rohr ist so weit mit Quecksilber gefüllt, daß die Öffnung des Rohres s stets unter Verschluß bleibt. Am beweglichen Rohre hängt der Teller des den Kanal m abschließenden Ventiles, und sobald die Dampfspannung auf die Quecksilbersäule drückt, sinkt das bewegliche Rohr, während der Teller den Luftkanal schließt.

Der Dampferzeuger zählt zu den offenen Kesseln, da der Dampfraum durch ein 5 m hohes, oben offenes Standrohr u mit der Atmosphäre kommuniziert. v ist der Wasserstandsanzeiger, Rohr w dient zur Speisung des Kessels und das Rohr y leitet das Kondensationswasser zurück; x endlich ist das Hauptzuleitungsrohr von 40 mm Lichtweite.

Fig. 233.



Sämtliche Leitungsrohre bestehen aus Schmiedeeisen und haben einen im Verhältnis zu x abnehmenden, lichten Durchmesser; die Zuleitungen der Heizkörper sind nur 13 mm im Lichten weit.

Als Heizkörper werden von der genannten Heizfirma gußeiserne Rippenelemente (Fig. 233), die mit Flanschen übereinander geschraubt werden und dadurch einen zusammenhängenden Dampfraum bilden, verwendet. Mittels eines Absperrventiles kann jeder Heizkörper aus der Leitung ausgeschaltet werden; am unteren Ende des Heizkörpers strömen Dampf und Kondensationswasser in das Rückleitungsrohr ab und münden sodann in das Standrohr. Um zu verhindern, daß auch Dampf entweiche, bildet das Rückleitungsrohr einen syphonähnlichen Abschluß.

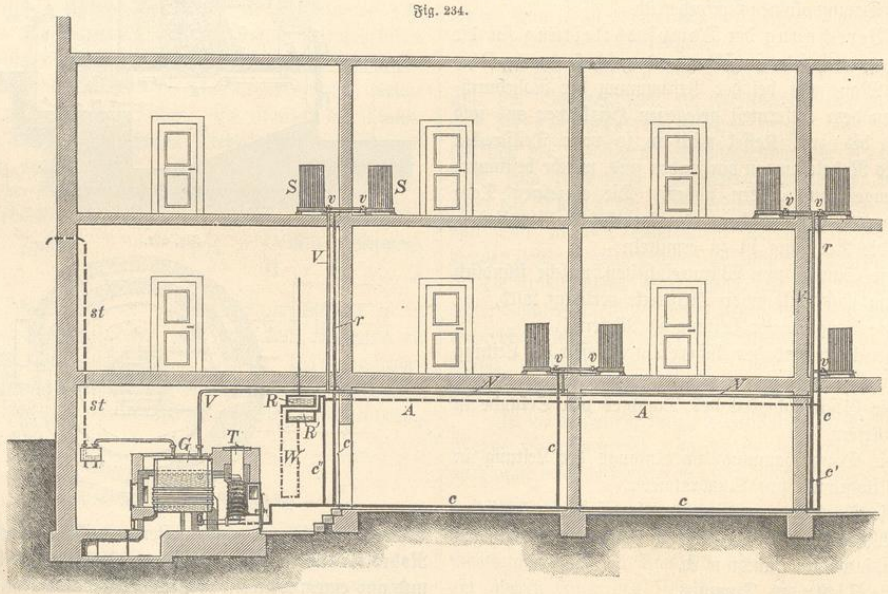
Dem Auge wird das Rippenregister mittels eines doppelwandigen Metallmantels, dessen Hohlraum mit Isoliermaterial gefüllt ist, entzogen; der Deckel desselben ist beweglich und gestattet das Austreten der vorgewärmten Frischluft.

Bedienung. Zur Feuerung des Kessels wird Coaks verwendet. Tritt erhöhter Dampfdruck ein, so sinkt das bewegliche Rohr p und die Luftzuführung zur Feuerung hört auf, wodurch die lebhafte Verbrennung und dadurch die Dampfentwickelung gemindert wird. Nimmt aber der Dampfdruck ab, so wird auch die Quecksilberfläche entlastet und nun öffnet das Laufgewicht am freien Hebelsarm selbstthätig das Tellerventil. In der Regel wird mit $^1/_{10}$ Atmosphäre Überdruck gearbeitet.

Die Bedienung ist eine einfache, da der Füllcylinder in der Regel innerhalb eines Tages nur einmal mit Coaks zu versehen ist; bei dieser Gelegenheit muß auch der Rost von Asche und Schlacken befreit werden. Nach 3 bis 4 Wochen ist im Kessel Wasser nachzufüllen.

II. Das Schema einer Dampfniederdruckheizung mit Syphon-Luftregulierung nach **Körtings** Patent Nr. 66058 stellt Fig. 234 dar. G ist der auf tiefer Sohle im Keller befindliche Niederdruckdampfkessel; das Brennmaterial wird durch den Füllschacht T aufgegeben und verbrennt in einem Schachtrost (Patent Körting), st ist das ins Freie mündende „Standrohr." Der Dampf wird den Heizkörpern S durch Dampfverteilungsrohre (V) zugeführt und verdrängt beim Anheizen die

Fig. 234.



in der Leitung enthaltene Luft. Werden hier auch die Dampfeinlaßventile v v geöffnet, so wird — nach Maßgabe des Wärmebedarfes — die in den Öfen angesammelte Luft in das Syphon-Luftgefäß R^I gedrängt, aus dem sie — nach Schluß der Ventile — durch den im Gefäß R herrschenden Wasserdruck wieder in die Heizkörper zurückkehrt. Hiernach kommen auch die oben beschriebenen Luftein- und -Auslaßventile (Fig. 216) bei der Syphon-Luftregulierung in Fortfall.

Die Öfen sämtlicher Geschosse erhalten zum Keller hinab führende Kondenswasserrohre c c, auch die Verteilungsleitung ist an die Kondenswasserleitung angeschlossen (c').

Vorteile des Körting'schen Systemes.

1) Die im Heizsystem enthaltene Luft steht außer Verbindung mit der Atmosphäre, wodurch das Entlüften der Öfen in Fortfall kommt.
2) Die Heizung mit Syphon-Regulierung kann bei entsprechender Abwartung vom Keller her reguliert werden.
3) Die Bedienung ist höchst einfach und der Brennmaterialverbrauch relativ gering.

Als Dampferzeuger benutzen die Gebrüder Körting neuerdings den auf Tafel 48 in Fig. 1 bis 3 dargestellten Schachtrostkessel mit eigenartig gestaltetem Zugregulator (Fig. 4). Aus der Zeichnung geht der Schachtrost in seiner Verbindung mit dem Kessel deutlich hervor. Die einzelnen senkrechten Rostelemente sind im Grundriß Fig. 1 oval gestaltet (und oberhalb an einen Sammelkasten angeschlossen, der mit dem Dampf- und Wasserraume des Kessels durch den in Fig. 3 sichtbaren Stutzen in Verbindung steht. Durch diese Anordnung wird eine sehr lebhafte Wassercirkulation in den Rostelementen, welche sich nach unten hin frei ausdehnen können, hervorgerufen; Spannungen in den Elementen des Rostes werden vermieden. Der Rost erhält auch keine Einmauerung, sondern wird vorn und seitlich durch Isolierplatten i gegen Wärmeverluste geschützt. Die Auswechselung eines schadhaften Elementes ist hiernach leicht und in kurzer Frist zu bewirken.

Der selbstthätig wirkende Zugregler ist in Fig. 4 detailliert dargestellt (Maßstab 1:10). Das in dem U förmig gebogenen Rohre befindliche Gefäß A wird mit Quecksilber gefüllt, das obere dagegen, an das die Dampfleitung anschließt, mit Wasser. Sobald das Eckventil der Dampfleitung geöffnet ist, wird das Quecksilber und demzufolge auch der Schwimmer im Gehäuse S unter Dampfdruck gesetzt derart, daß derselbe je nach dem Dampfdruck steigt oder fällt. Der Schwimmer wirkt auf den oberen Hebelsarm H, an dessen Ende zwei Klappen befestigt sind. Die obere Klappe K regelt den Zutritt der Verbrennungsluft zum Feuerraum; sie ist geschlossen, wenn die gewünschte Dampfspannung erreicht ist. Steigt sie noch höher, so öffnet sich die untere Klappe und läßt aus dem gemauerten Kanal V kalte Luft in den Schornstein treten, wodurch der Zug vermindert wird. Das Feuer stagniert dann so lange, bis durch Druckverminderung, also veränderte Klappenstellung, neue Verbrennungsluft eintreten kann. Gewöhnlich ist der Regulator mittels des Gewichtes G so eingestellt, daß bei 0,15 Atmosphären Druck die Luft vom Rost abgeschlossen wird.

Für kleinere Anlagen verwendet die Firma Körting jetzt gußeiserne Schachtkessel mit Elementen, ähnlich denjenigen der Schachtroste auf Tafel 48. Dieselben können sich ebenfalls nach unten frei ausdehnen und sind oberhalb an einen Sammelkasten angeschlossen, der gleichzeitig den Dampfraum bildet. — Diese Kessel erhalten gar keine Einmauerung und nehmen daher wenig Raum ein.

In der schematischen Darstellung des Systemes Körting (vergl. Fig. 234) sind die Heizkörper als Radiatoren dargestellt: es werden aber auch vielfach Körting'sche Patent-Batterieelemente mit ovalem Querschnitt und geringem Wasserinhalte verwendet. Solche Elemente liefern die größtmöglichste Heizfläche auf geringem Raume und sind leicht zu reinigen.

Fig. 235.

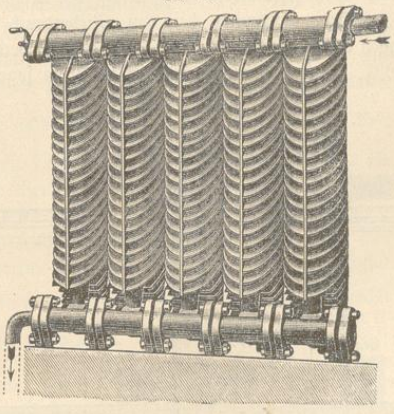


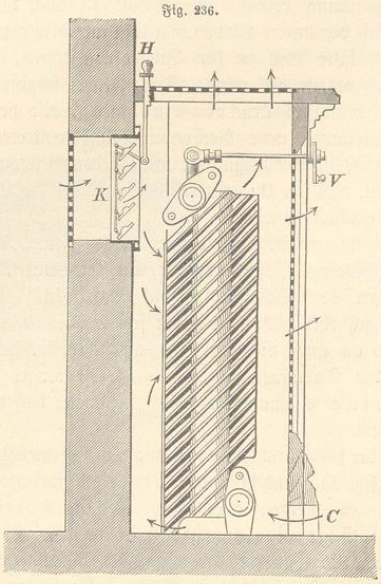
Fig. 235 stellt einen aus fünf Elementen kombinierten Dampfheizkörper dar; das obere Rohr desselben dient zur Zuleitung des Dampfes, durch das untere Rohr steht er mit dem Reguliergefäß in Verbindung.

Fig. 236 zeigt die Aufstellung eines derartigen Heizkörpers nebst Verkleidung mit hölzernem Mantel und Ausstrahlungsgittern für die vorgewärmte Ventilationsluft.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei K befindet sich eine Jalousieklappe zur Einführung frischer Luft in den Mantelraum. Die Dampfzuströmung

Fig. 236.

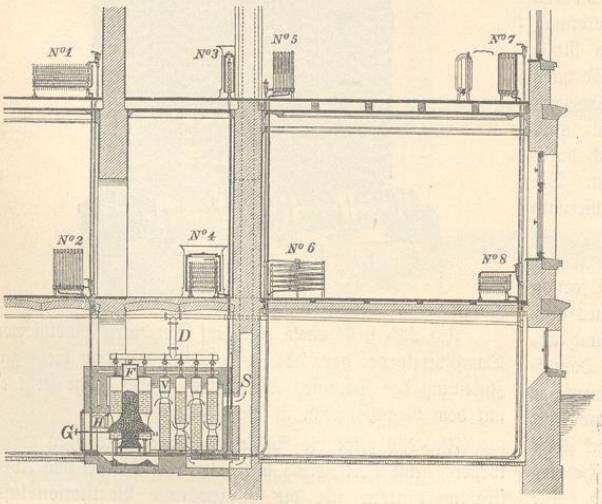


reguliert man durch die Kurbel V, die Jalousieklappe K wird durch den Hebel H bewegt.

III. Eine schematische Darstellung der Rohrführung und Heizkörperanordnung bei den Niederdruck-Dampfheizungen der **Gebr. Poensgen** in Düsseldorf verdeutlicht Fig. 237. — Zur Dampferzeugung wird ein sogenannter Vertikalgliederkessel mit Füllschacht F, Feuerthür G und Hängerost H verwendet. Dieser Centralofen besteht aus einer durch die Größe der Heizfläche bedingten Anzahl von Gefäßen ovalen Querschnittes, sogenannten Scheibenelementen V, die abwechselnd mit einem oberen resp. unteren Flammrohr versehen sind. R ist die Rostplatte, auf welcher sich Asche und Schlacken ablagern und nach Bedarf in den Aschenraum durchgestoßen werden. Zur Regelung der Verbrennung im Feuerraum und Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Dampfspannung im Kessel ist seitlich an dessen Gemäuer ein „Regulator" angebracht und mit dem Wasserraume des Kessels durch ein Rohr verbunden. Auch dieser Regulator beruht auf den Niveauschwankungen des Quecksilbers in einem mit dem Kesselraum in Verbindung stehenden Glockenrohr, doch sind Hebelmechanismen, welche leicht zu Störungen Veranlassung geben, hierbei vermieden. S ist der Schornstein mit Fuchs und Schieberverschluß, D das Hauptdampfrohr zur Weiterleitung an die Heizkörper. — Als solche kommen zur Anwendung: 1) Rippenheizkörper, 2) vertikale Dekorationselemente (Radiatoren), 3) Rohrspiralen aus 25 mm weitem Dampfrohr mit Rechts- und Linksgewinde.

Die Rohrführung erfolgt bei dem System Poensgen teils mittels Einrohrsystem, teils mittels Doppelrohrsystem; im ersten Falle findet die Regelung der Heizkörper durch Einschaltung von Isoliergehäusen, d. h. einer Ummantelung mit schlechten Wärmeleitern Regelung des Luftumlaufes am Heizkörper statt. Im zweiten Falle kommt das Doppelrohrsystem mit Ventilregulierung in Anwendung. Beide Systeme sind in Fig. 237 zur Darstellung

Fig. 237.



gebracht, und zwar das Einrohrsystem im Mittelkorridor des Gebäudes, das Doppelrohrsystem in den Zimmern. Bei den Dekorationselementen Nr. 2, 5, 7 erfolgt die Einführung des Dampfes von unten, bei den Rippenheizkörpern Nr. 1, 4, 8 und der Spirale Nr. 6 von oben; das Kondenswasser und die in den Heizkörpern eingeschlossene Luft fließen in der Richtung, wie der Dampf einströmt, ab. Die Luft entweicht durch automatische Entlüfter.

Fig. 238.

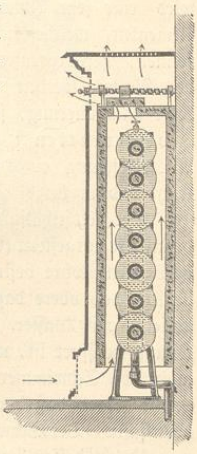


Fig. 238 giebt den Durchschnitt eines sogenannten Isoliergehäuses;

dasselbe ist kastenähnlich konstruiert und wird über den Heizkörper hier (ein Rippenrohrregister) gestülpt. Die Decke desselben hat eine schlitzähnliche Öffnung, die mittels eines Schiebers geschlossen werden kann. Der Sockel des Metallgehäuses ist für den Zutritt der Zimmerluft geöffnet; letztere erwärmt sich an dem Heizkörper und tritt durch die verstellbare Schieberöffnung in den Mantelraum und durch die Öffnungen im Ziergehäuse in der Richtung der Pfeile aus.

Bei geschlossenem Schieber hört die Luftbewegung und somit die Wärmeabgabe an den zu heizenden Raum ganz auf, da die isolierende Korkmasse nicht wärmedurchlässig ist. Es wird dadurch aber auch die Zugänglichkeit zum Heizkörper und die Reinigung desselben sehr erschwert, was die Anwendung dieser Regulierungsmethode beschränkt.

§ 67.

Berechnung der Dampfheizungen.

Größe der Kondensationsflächen. Wir haben aus den Anwendungen des § 13 unter 1) erfahren, daß die Wärmeabgabe von horizontalen, eisernen, auf 100° erwärmten Dampfheizröhren, welche in einem Raum von 15° C. aufgestellt sind, von deren Durchmesser abhängig ist und für 0,05 m weite Rohre pro Quadratmeter und Stunde 802 Wärmeeinheiten beträgt, während dieselbe für für Rohre von 0,10 m Diameter nur 753 Wärmeeinheiten ergiebt.

Bei vertikalen Cylindern von 1 m Höhe beträgt dagegen unter gleichen Verhältnissen nach Anleitung des § 14

$$W = 128{,}4 \,.\, 3{,}36 + 132 \,.\, 2{,}90 = 814 \text{ W.-Einh.}$$

Für vertikale glatte Registerflächen von 1 m Höhe ist endlich (nach Beispiel 3):

$$W = 128{,}4 \,.\, 3{,}36 + 132 \,.\, 2{,}4 = 748 \text{ W.-Einh.}$$

In diesem Falle haben wir die Annahme gemacht, daß Gefäße, in denen Dampf kondensiert wird, durch den zuströmenden Dampf auf konstanter Temperatur gehalten würden, und daß — wie bei stagnierenden Flüssigkeiten — beide Seiten des Kondensationsgefäßes im Beharrungszustande isothermische Flächen bilden.

Sicherer als die vorstehenden Zahlen sind die Resultate, welche Péclet bei direkten Versuchen über die Kondensation von Wasserdampf in horizontalliegenden, gußeisernen Röhren erhielt, die einer Temperatur von 15° ausgesetzt waren.[1]) Die Spannung des Dampfes betrug wenig über eine Atmosphäre und es ergab sich hierbei, daß die pro Quadratmeter und Stunde kondensierte Dampfmenge wiederum abhängig ist vom Durchmesser des Rohres.

1) Péclet, Tome II, No. 1668.

Es betrug nämlich das kondensierte Dampfgewicht pro Quadratmeter und Stunde für horizontale Rohre von Gußeisen: bei 0,05 m Diameter = 1,50 kg
„ 0,10 m „ = 1,44 „
„ 0,15 m „ = 1,34 „

Von weiterem Einfluß ist das Material der Kondensationsgefäße. Nach Tredgolds Versuchen beträgt das Gewicht des pro Quadratmeter und Stunde kondensierten Dampfes in Röhren verschiedenen Materiales, welche einer Temperatur von 15° C. ausgesetzt waren:

für Weißblech	1,07 kg
„ Glas	1,76 „
„ rostfreies Eisenblech . .	1,80 „
„ oxidiertes Eisenblech . .	2,10 „

1) In der Praxis rechnet man gewöhnlich bei glatten Kondensationsrohren von 7 bis 20 cm Durchmesser aus Gußeisen auf eine stündliche Kondensation von 1,8 kg Dampf pro Quadratmeter und Stunde bei einer Temperaturdifferenz von 85° C. zwischen den Heizkörpern und der Zimmerluft. Der Transmissionskoeffizient[1]) ist daher:

$$K = \frac{536{,}5 \,.\, 1{,}8}{85} = 11{,}36 \text{ W.-Einh.}$$

für 1° Temperaturdifferenz.

Nach dem in der Anmerkung des § 51 mitgeteilten Péclet'schen Versuch würde jedoch nur zu setzen sein:

$$K = \frac{536{,}5 \,.\, 1{,}5}{73} = 10{,}73 \text{ W.-Einh.}$$

für 1° Temperaturdifferenz.

2) Bei ummantelten Heizregistern ist die Temperatur der Cirkulationsluft wärmer als 15°, sie bildet etwa das arithmetische Mittel aus der eintretenden Cirkulationsluft und der austretenden Heizluft $\frac{10 + 40}{2} = 25°$; auch wird nicht selten Dampf von höherer Spannung benutzt, was die Verhältnisse wesentlich verändert. — In allen Fällen wird es demnach auf genaue Bestimmung der Temperaturdifferenz T — t ankommen, wobei auch der Wärmeverlust in den Leitungsröhren zu berücksichtigen ist.

1) Redtenbacher, der Maschinenbau I, S. 374, fand für Übergang von Dampf durch einfache Wandungen von Gußeisen R = 12. Die neueren Arbeiten über die „Wärmeabgabe von Heizflächen an Luft" rühren von H. Fischer her (Dingler, Polyt. Journal, Jahrg. 1878, Bd. II). Er fand als Mittel aus einer Reihe von Versuchen mit Dampfheizröhren den Transmissionskoeffizienten (für 1° Temperaturdifferenz zwischen der Luft und der Wärme abgebenden Röhre) bei einer Dampftemperatur von 132 bis 134° C. wie folgt:

für gerippte vertikale Rohre	K = 10,77,
die Wärmetransmission der Rippenfläche allein . .	K = 7,6,
die Wärmeabgabe glatter vertikaler Röhren bei 18 bis 19° Lufttemperatur	K = 17,
bei einer Haag'schen Heizschlange, welche von Dampf durchströmt wurde, fand man	K = 13,7,

Setzt man mit Redtenbacher die Temperatur des Dampfes T = 110° C.

t = 20° und K wie oben = 11,36,

so findet man die Wärmeabgabe glatter Rohre pro Quadratmeter und Stunde: W = 90 . 11,36 = 1022 W.-Einh., ein Wert, der jedenfalls sehr hoch ist, und in der Praxis mit Sicherheit nur da zu Grunde gelegt werden sollte, wo die strahlende Wärme der Heizfläche vollständig ausgenutzt werden kann.

Nach Valerius (Les applications de la chaleur) geben Dampfheizkörper, welche im Fußboden liegen, resp. ummantelt oder in Heizkammern aufgestellt sind, pro Quadratmeter und Stunde nur 8 bis 10 Wärmeeinheiten für 1° Temperaturdifferenz ab (also für 100° Temperaturdifferenz 800 bis 1000 Wärmeeinheiten. Freistehend strahlende Kondensationsgefäße geben dagegen bei 1° Temperaturdifferenz pro Quadratmeter und Stunde 10 bis 14 Wärmeeinheiten ab. Wird nun die Luft mit etwa 0° genommen und bis 20° erwärmt, so daß die mittlere Temperatur 10° beträgt, so erhält man für Dampf von 105° eine stündliche Transmission von 950 bis 1330 Wärmeeinheiten. Diese Koeffizienten würden im großen ganzen auch für Dampfwasseröfen maßgebend sein, weil das Wasser in diesen Heizkörpern offenbar dieselbe Temperatur hat, wie der Dampf, solange derselbe auf dem Wasser steht.

Zur theoretischen Bestimmung der Abmessungen von Dampfheizkörpern verschiedener Gattung kann auch nachstehende Tabelle von H. Rietschel benutzt werden:

Tabelle I über Wärmeabgabe von Heizkörpern bei Dampfheizung.

Nr.	Heizkörper	Transmissionskoeffizient	Berechnete Wärmeabgabe eines Quadratmeters Heizfläche bei Niederdruckdampfheizung: Luft wird erwärmt von 20° C. auf	Niederdruckdampfheizung: Abgegebene Wärmemenge	Hochdruckdampfheizung: Luft wird erwärmt von 20° C. auf	Hochdruckdampfheizung: Abgegebene Wärmemenge
1	Freistehende glatte Rohre	K = 15	50°	980 W.-Einh.	60°	1050 W.-Einh.
2	Ummantelte glatte Standrohre	K = 12	60°	720 „	70°	780 „
3	Freiliegende glatte Rohre, nicht über 150 mm weit	K = 15	40°	1050 „	50°	1125 „
4	Desgl. ummantelt	K = 12	50°	780 „	60°	840 „
5	Schmiedeeiserne Heizkörper mit geringem Dampfraum	K = 15	55°	940 „	65°	1010 „
6	Desgl. ummantelt	K = 12	60°	720 „	70°	780 „
7	Gußeiserne Rippenregister mit geringem Dampfraum und niedrigen Rippen	K = 11	50°	720 „	60°	770 „
8	Desgl. ummantelt	K = 9	60°	540 „	70°	580 „
9	Luftrohre außen von Dampf umgeben bis 100 mm weit	K = 9	70°	500 „	80°	540 „
10	Desgl. bis zu 200 mm weit	K = 9,5	60°	570 „	70°	620 „
11	Desgl. über 200 mm weit	K = 10	50°	650 „	60°	700 „

In der Praxis werden gewöhnlich die Werte der Tabelle II zu Grunde gelegt:

Tabelle II.

Nr.	Heizkörper	Stündlich abgegebene Wärmemenge auf 1 qm Heizfläche: Niederdruckdampfheizung	Hochdruckdampfheizung
1	Glattes Rohr, stehend	700 bis 750	850 bis 900
	liegend	750 „ 800	900 „ 950
2	Rohrspiralen	650 „ 700	800 „ 850
3	Rippenregister, gußeis.	400 „ 500	500 „ 600

Anm. Bei verkleideten Heizkörpern ist je nach Art der Verkleidung bis 25 Proz. weniger Wärmeabgabe in Ansatz zu bringen.

Bestimmung des Dampfkessels. Nimmt man an, daß der Dampf gesättigt mit 100° C. in den Kondensationsgefäßen ankommt und das Kondenswasser mit 100° C. abfließt, dann werden durch die Kondensation von jedem Kilogramm gesättigten Dampfes 536,5 Wärmeeinheiten frei. — Beträgt nun der Maximalwärmeverlust des Gebäudes pro Stunde W_x Wärmeeinheiten, so sind stündlich zu erzeugen:

$$P = \frac{W_x}{535{,}5} \text{ kg Dampf.}$$

Die Dampfproduktion bei Kesseln mit äußerer und innerer Feuerung beträgt aber pro Stunde und Quadratmeter = 15 bis 25 und im Mittel 20 kg:

die totale Heizfläche des Kessels ist daher:

$$F = \frac{P}{20} = \frac{W_x}{536{,}5 \,.\, 20} = \frac{W_x}{10730}.$$ [1])

Wasserraum. Nach Morin soll folgendes Verhältnis stattfinden: Bezeichnet

V den Rauminhalt des Kessels,

V_w den Wasserraum eines Kessels von n. Pferdekraft, dann soll

V gewählt werden zwischen 0,66 n. cbm und 0,59 n. cbm,
V_w „ „ „ 0,40 n. cbm „ 0,36 n. cbm.

In der Praxis wird die Dampfproduktion in Pferdekräften angegeben, ohne Rücksicht auf die Verwendungsart, und ist ein Kessel von drei Pferdekräften ein solcher, der stündlich 3 . 33 kg Dampf produziert.

Auch der Brennmaterialkonsum kann empirisch bestimmt werden. Da nämlich 1 kg Steinkohle, auf dem Rost verbrannt, 6 bis 8 kg Dampf erzeugt, so nimmt man im Mittel eine 7fache Verdampfung an.[2])

Ist nun

p das Gewicht des Brennmateriales,

P die Anzahl Kilogramm gesättigten Dampfes, die stündlich erzeugt werden sollen, so hat man

$$p = \frac{P}{7} = \frac{W}{7 \,.\, 536{,}5} \text{ kg Kohlen.}$$

Da auf einem Quadratmeter Rostfläche stündlich 40 kg Kohle verbrannt werden, so ist die totale Rostfläche:

$$\varphi = \frac{p}{40}$$ und die freie Rostfläche $= {}^1/_4\ \varphi = \frac{p}{160}$.

Kosten der Dampfheizung.

Auch hier variieren die Kostenbeträge je nach Größe der Räume und Ausstattung der Heizkörper ganz erheblich. — In den Schulhäusern der Stadt Kiel betrugen nach Hesse die Anlagekosten der Dampfheizung pro Kubikmeter Heizraum nur 1,55 Mk.; die täglichen Heizkosten stellen sich pro 100 cbm auf 9,155 Mk. Dagegen belaufen sich die Anlagekosten einer Dampfheizung in Magdeburg (bei welcher 10940 cbm Raum mit 226 qm Heizfläche erwärmt werden) pro Kubikmeter auf 3,03 Mk. und die täglichen Heizkosten pro 100 cbm zu erwärmenden Raum auf 0,225 Mk.

Kosten der Dampfwasserheizung.

1) Eine sehr vollkommen eingerichtete Anlage ist in der Irrenheilanstalt zu **Düren**[1]) zur Ausführung gelangt. Die Dampfkesselanlage besteht aus vier Kesseln nach Dupuis'schem System mit $3 \,.\, 60 + 22{,}5 = 202{,}5$ qm feuerberührter Fläche, wovon etwa 170 qm durch den Betrieb der Dampfwasserheizung absorbiert werden. Es werden erwärmt:

22000 cbm Raum auf 16° R. durch 730 qm Dampfwasseröfen,
12000 „ „ „ 10—11° R. „ $\begin{cases} 40 \text{ „} \\ 200 \text{ „} \end{cases}$ „ Dampfheizkörper,
also 34000 cbm Raum durch 970 qm Heizfläche,

so daß auf jeden Quadratmeter feuerberührte Fläche der Dampfkessel 5,7 qm Fläche der Heizkörper entfallen. Zur Bedienung der Dampfwasserheizung und der sonstigen maschinellen Einrichtungen der Irrenanstalt sind ein Maschinist und zwei Kesselheizer angestellt.

Die täglichen Betriebskosten haben sich pro 100 cbm Heizraum auf etwa 0,085 Mk. gestellt.

2) Im Polytechnikum zu **Zürich**, in welchem diese Heizung sich nunmehr seit fast 30 Jahren bewährt hat, werden 48227 cbm Heizraum durch vier Kessel erwärmt, die in zwei Gruppen aufgestellt und von einem Heizer bedient sind. Die Anlagekosten stellen sich auf 1,32 bis 2,40 Mk. für den Kubikmeter zu heizenden Raum.

Die täglichen Betriebskosten betragen pro 100 cbm Heizraum im Durchschnitt 0,14 Mk.

§ 68.

Kombinierte Centralheizsysteme.

Auch die Dampfwasserheizung wird in der Regel zu den kombinierten Heizsystemen gezählt. Wir hielten uns berechtigt, sie im Zusammenhange mit der Dampfheizung zu besprechen: 1) weil sie im Prinzip nur dadurch von letzterer abweicht, daß das Wärme tragende Medium nach beiden Aggregatzuständen, d. h. in elastisch flüssiger Form als Transportmittel und in tropfbar flüssiger als Reservationsmittel für Wärme benutzt wird und 2) weil für beide Methoden auch der Wärmerecipient derselbe bleibt, nämlich ein Dampfkessel oder ein System von solchen.

1) Nach Redtenbacher $F = \frac{W_x}{10400}$.

2) Die Durchschnittsleistungsfähigkeit der besten Röhrenkessel ist allerdings eine höhere; sie ist auch keine gleichmäßige, sondern ändert sich mit dem größeren oder geringeren Druck. Nach den Betriebsresultaten der Dampfdistriktsheizung zu Lockport wurden bei 241° F. = 116° C. durch 1 Pfd. Kohle 9,36 Pfd. Wasser verdampft, und bei 25 Pfd. Dampfdruck ist eine neunfache Verdampfung garantiert. Vergl.: Auszug aus dem Bericht des Ingenieurgeneral Haupt in Nr. 14 des „Rohrlegers", Jahrg. 1877.

1) Zum Studium dieser vortrefflichen Heizanlage mit den Einrichtungen der Koch- und Waschanstalt, der Wasch- und Badeeinrichtungen u. s. w. verweisen wir auf den beachtenswerten Artikel in Nr. 1 bis 11, Jahrg. 1879 des „Rohrlegers". Die Nr. 3 der Zeitschrift enthält den Lageplan der Irrenheilanstalt.

I. Kombination der Heißwasserheizung mit der Luftheizung.

Ein anderes Verhältnis findet statt bei den in neuerer Zeit zur Ausführung gekommenen Centralheizungen mit Ventilation. Die frische Luft wird dann in einer Heizkammer erwärmt und den zu beheizenden Räumen zugeführt. Außerdem aber sind — um die Wärmeverluste durch Transmission auszugleichen — in den verschiedenen Räumen besondere Heizkörper aufgestellt.

Ein Beispiel dieser Art bildet die auf Tafel 40 dargestellte Heizanlage der Realschule zu Darmstadt. — Die Ventilationsluft wird durch Heißwasserspiralen, welche in Kanälen unter der Decke des Souterrains liegen, auf 20° C. vorgewärmt (vergl. S. 150), zu welchem Zweck zwei besondere Heißwasseröfen im Souterrain aufgestellt sind. Wir haben hier eine kombinierte Heißwasserluftheizung vor uns, während die nebenher bestehende „Wasserheizung mit Mitteldruck" bestimmt ist, an kälteren Tagen die Verluste durch Transmission zu decken. Die Luftheizkammer kann, wie es eben die Verhältnisse gestatten, in der Grundform langgestreckt oder aber hoch angelegt werden: es kommt thatsächlich nur darauf an, in derselben die dem verlangten Wärmebedarf entsprechende Heizrohrfläche unterzubringen. Die Berechnung ist wieder zu führen nach Anleitung der §§ 14 und 60, wobei die Abkühlung der Heizkammer und der Warmluftkanäle nicht außer acht zu lassen ist.[1])

Kombinierte Wasserluftheizungen sind mehrfach von der Firma Johannes Haag in Augsburg ausgeführt worden und haben sich im allgemeinen gut bewährt, insbesondere diejenigen Modifikationen des Systemes, bei welchen nicht allein die Luft der Heizkammern mit Perkinsröhren erwärmt wird, sondern auch noch außerdem Heizschlangen in den zu erwärmenden Räumen verwendet sind. Die Behandlung der ganzen Anlage ist dann eine einfachere, denn die Wärmeentwickler gehören einem und demselben Centralheizsystem an.

In größeren Gebäuden ist man mit Rücksicht auf die höchste, zulässige Länge der Rohrführung beim System Perkins (welche 200 m nicht wesentlich überschreiten soll), gezwungen, mehrere Feuerstellen anzulegen. Beträgt die Anzahl der Heizstellen 3 bis 4, so bleibt das System immerhin noch vorteilhaft und billig in der Anlage: bei größeren Baukomplexen aber dürfte es nach neueren Erfahrungen angemessener sein, sich für die der Centralisation fähigere Dampf- oder Dampfluftheizung zu entscheiden, welche in ihrer gegenwärtigen Ausbildung allen Anforderungen gerecht werden kann.

1) Dieser Wärmeverlust, obwohl er teilweise dem Hause wieder zu statten kommt, ist nicht zu unterschätzen; einzelne Ingenieure veranschlagen denselben auf 10 Proz. der produzierten Wärme des Heizapparates.

Anm. Indessen finden sich auch großartige und weitverzweigte Baulichkeiten, welche vor circa drei Dezennien entstanden, mit Heißwasserluftheizung versehen; als hervorragendes Beispiel nennen wir:

Die **Strafanstalt** am **Plötzensee** bei Berlin, erbaut in den Jahren 1869 bis 1876. Nach der Publikation des Geheimen Oberbaurat **Herrmann** in der „Zeitschrift für Bauwesen"[1]) sind außer dem Verwaltungsgebäude, dem Isoliergebäude und dem I. Gefängnis — welche eine Heißwasserheizung nach Haag'schem System erhielten — folgende Gebäude mit Heißwasserluftheizung versehen:

a) Das **II. Gefängnis** für 450 Erwachsene.[2]) Die erforderlichen Heißwasserapparate sind an sechs verschiedenen Stellen des Gebäudes und in 28 Rohrsystemen untergebracht. Man beabsichtigte dadurch die dem Winde ausgesetzten Zellen unabhängig und stärker zu heizen, als die entgegengesetzt liegenden. Die Zuführungsrohre für erwärmte Luft münden nach der Decke, die Abführungsrohre für verbrauchte Luft liegen jenen diametral gegenüber, steigen bis zum Fußboden des Dachgeschosses auf und münden dort in schwach geneigte, mit Zinkblech ausgefutterte Holzkanäle, welche mit den vertikalen Abzugsschloten kommunizieren. Letztere sind nur durch eine Blechwand von dem Schornstein des Heizapparates getrennt (Drucklüftung). Die frische Luft wird durch drei Maschinenventilatoren nach den sechs Heizkammern gedrückt (Drucklüftung).

b) Das **Krankenhaus** für 120 Betten.[3]) Zwei van Heck'sche Ventilatoren, welche durch eine Maschine von $3^1/_2$ Pferdekraft getrieben werden, drücken die frische Luft in die beiden langen Heizkammern. Nachdem sie sich dort an den aufgestellten Heizschlangen erwärmt hat, gelangt sie in die Mischkammer und tritt, auf 30° erwärmt, in die zu heizenden Räume nahe der Decke ein. Die verdorbene Luft wird am Fußboden abgeführt. Die stündliche Lüftung pro Bett beträgt 80 bis 100 cbm.

II. Die Verbindung der Warmwasserheizung mit der Luftheizung.

Eine solche hatte zuerst Léon Duvoir im Irrenhause Prefargier bei Neufchatel[4]) zur Anwendung gebracht. Der Wärmerecipient ist ein in der Heizkammer aufgestellter Wasserkessel mit Steigerohr und Rücklaufrohr. Alle entfernteren Räume werden mit Wasseröfen geheizt, die näher liegenden Haupträumne mit erwärmter Luft aus der Heizkammer.

Der Luftraum für jeden Kranken ist reichlich auf 65 cbm bemessen und die Anstalt faßt 130 Kranke, so daß 8450 cbm Raum zu erwärmen sind.

Die Gesamtkosten der Heizung betrugen 50000 Frcs. = 40000 Mk.

Demnach entfallen auf je 100 cbm Heizraum 475 Mk. Anlagekosten, die täglichen Betriebskosten betragen 0,134 Mk. für 100 cbm Heizraum.

1) Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1877, Heft 8 bis 12, und Jahrg. 1878, Heft 4 bis 12.

2) Ebenda, Jahrg. 1878, Blatt 21 und 22.

3) In den großen Krankensälen, welche eine starke Abkühlungsfläche darbieten, wird der größere Wärmebedarf noch außerdem durch aufgestellte Heizschlangen gedeckt, unter Beibehaltung des obigen Evakuationsquantums pro Bett und Stunde.

4) Vergl. Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen 1873, Seite 437.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Anm. Im städtischen allgemeinen Krankenhause zu Berlin, welches durch die Architekten Gropius und Schmieden in den Jahren 1868 bis 1874 ausgeführt und in Erbkams Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1875 und 1876, publiziert wurde, ist das System der Wasserluftheizung im ausgedehntesten Maßstabe zur Beheizung und Ventilation von drei einstöckigen und vier zweistöckigen Pavillons zur Anwendung gelangt. Diese mit vortrefflichen sanitären Einrichtungen versehene Anstalt ist für 600 Kranke errichtet, die in zehn Pavillons und zwei Isoliergebäuden untergebracht sind. Zur Erwärmung und Ventilation der Krankenpavillons[1]) dienen langgestreckte, 1,5 m breite und 2,8 m hohe Heizkammern, die sich fast in der ganzen Länge des Krankensaales dicht unter dem Fußboden des Erdgeschosses hinziehen. In diesen Kammern ist eine Rohrleitung von schmiedeeisernen Patentrohren aufgehängt, an denen sich die durch eine große Anzahl von Öffnungen eintretende frische Luft erwärmt, um sogleich in die Krankenräume durch im Fußboden des Erdgeschosses angebrachte Einströmungsöffnungen, welche mit tischähnlichen Registern überbaut sind, zu treten. Nach den entlegeneren Einzelzimmern gelangt die Luft durch vielfach verzweigte Kanäle. Die Abführung der schlechten Luft erfolgt dagegen durch 16 mit Stellklappen versehene Öffnungen am Fußboden, welche mit zwei, zu den Seiten der Heizkammer sich hinziehenden Ventilationskanälen kommunizieren und ihrerseits durch den hohen Absaugeschacht entlüftet werden.

Als Wärmeerzeuger dienen zwei Warmwassermitteldruck-Heizapparate, wie solche auf Tafel 50 dargestellt sind, und zwar dient ein Apparat als Wärmerecipient für die Wasserröhren der Luftheizkammern, aus welchen stündlich für jeden Kranken 77,29 cbm frische, auf 16° erwärmte Luft zugeführt werden; der zweite Apparat erheizt die in den Krankenzimmern aufgestellten Röhrenregister und liefert dadurch auch die strahlende Wärme, welche in Krankenräumen so ungern vermißt wird.

Der durchschnittliche, tägliche Kohlenverbrauch eines Pavillons betrug bei mittlerer Winterkälte 375 kg, wovon 150 kg als Verbrauch für die Luftheizung zu rechnen sind; das stündlich zu erneuernde Luftquantum eines einstöckigen Pavillons berechnet sich auf 3636 cbm.

III. Die Kombination der Dampfheizung mit der Luftheizung.

Dieselbe ist in den letzten beiden Decennien vielfach zur Anwendung gekommen und namentlich da, wo man von einer Aufstellung der Kondensationsapparate in den zu heizenden Räumen Abstand nehmen mußte und gleichzeitig weit verzweigte Anlagen von einem Centralherde aus geheizt werden müssen, oder wo — wie bei Anlage großer Versammlungssäle — auch eine starke Lufterneuerung notwendig ist, die mit Sicherheit in der Regel nur durch maschinellen Betrieb erreicht werden kann. Hierzu tritt die Notwendigkeit, daß nach Eintritt des Publikums in die Räume nicht nur die Wärmeproduktion ganz aufhören, sondern die durch Menschen und Beleuchtungsstoffe entwickelte Wärme auch abgeführt werden muß.

Solche Verhältnisse treten ein in den Sitzungssälen politischer Körperschaften, den Auditorien höherer Unterrichtsanstalten, namentlich aber in Konzertsälen und Theatern mit ihren weitverzweigten Nebenräumen; dieselben werden jedoch allgemein verständlich nur im Zusammenhange mit den Grundzügen der Lüftung, welche im VII. Kapitel behandelt wird.

Auf den Tafeln 42 bis 46 haben wir die Gesamtdisposition einer im größeren Maßstabe angelegten Dampf- und Dampfluftheizung in den Räumen des physiologischen Institutes zu Berlin dargestellt und in § 65 eingehend erläutert.

Tafel 42 giebt die Einrichtung einer kleineren Heizkammer für Dampfluftheizung; a ist das Dampfregister, b das Dampfzuleitungsrohr, bei c befindet sich das Dampfeinlaß-, bei d das Dampfauslaßventil. Mittels der Stellstange r kann die Mischklappe beliebig eingestellt werden, je nachdem die Temperatur des geheizten Raumes solches bedingt. Der Rapport für den Heizer wird, wie erwähnt, durch Metallthermometer, in Verbindung mit dem im Keller angebrachten Galvanometer, hergestellt.

Als weitere Beispiele der Anwendung einer kombinierten Dampfluftheizung nennen wir an dieser Stelle:

a) den Saal des Abgeordnetenhauses in Berlin[1]) (Fig. 242). Die frische Luft gelangt direkt von außen in die Heizkammer, wird durch aerostatischen Druck in einen Gang unter dem Saal getrieben, tritt durch eine Anzahl kleiner Schächte unter den terrassierten Fußboden und strömt auf 16 bis 18° erwärmt durch zahlreiche Öffnungen in den Stoßbrettern der Stufenabsätze in den Saal.

Die verbrauchte Luft steigt empor, entweicht durch eine Anzahl von Scheibenöffnungen des Deckenoberlichtes in den darüberliegenden Dachraum, um von hier ins Freie zu gelangen.

b) In dem nun abgebrochenen provisorischen Reichstagsgebäude[2]) zu Berlin wurde die frische Luft mittels zweier Ventilatoren in die Souterrainkorridore, die sich unterhalb des Sitzungssaales hinziehen, gedrückt und gelangte hierauf in zwei langgestreckte Heizkammern, welche mit Dampfröhren erwärmt wurden. Sie strömt von hier in eine Art von „Mischkammer“ und endlich in vertikalen Kanälen aufwärts, um nahe der Decke in der Höhe von 9,4 m Durchmesser in den Saal einzuströmen.

Die Temperatur der Heizluft wurde durch Metallthermometer kontrolliert, sie durfte bei Beginn der Sitzung nur 13½° R. betragen. — Die einströmende Heizluft bewegte sich abwärts und gelangte durch zahlreiche Öffnungen der vertikalen Stufenabsätze unter den Fußboden und sodann in den Aspirationsschacht.

c) Das Wiener Opernhaus ist mit einer vorzüglichen Heizungs- und Ventilationseinrichtung nach Angaben des Professor Dr. K. Böhm daselbst versehen. Die Erwärmung erfolgt durch Dampfluftheizung; das durchdachte Lüftungssystem mit seiner Ankunfts-, Erwärmungs-, Mischungs- und Verteilungskammer ist eingehend erst im Zusammenhange mit dessen Ventilationseinrichtungen zu besprechen.

---

1) Vergl. Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen 1875, Tafel 42 und 43.

1) und 2) nach Häsecke, Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.

§ 69.

Vergleich der gebräuchlichsten Heizsysteme.

Es erübrigt am Schluß dieses Kapitels noch, die Vorteile und Nachteile der im V. und VI. Kapitel des I. Abschnittes besprochenen Heizsysteme im kurzen zu charakterisieren.

I. Ofenheizung.

Die Konstruktion der Zimmeröfen ist einfach, dieselben sind leicht zu bedienen und leicht auszuwechseln; die einzelnen Räume eines Gebäudes können unabhängig von einander — und dennoch befriedigend — bei geringsten Anlagekosten geheizt werden.

Dagegen ist ihr Betrieb verhältnismäßig teuer und auch zeitraubend wegen des Kohlen- und Aschentransportes.

Indiziert ist die Ofenheizung für Landhäuser und gewöhnliche städtische Wohngebäude immer dann, wenn die Mittel zur Anlage einer guten Centralheizung fehlen. Auch für gewöhnliche Mietswohnungen bleibt — schon aus finanziellen Gründen — die Ofenheizung dauernd in Gebrauch. Anderer Art liegen die Verhältnisse für mehrgeschossige moderne Kaufhäuser mit großen Glasflächen, bei denen — wegen der bedeutenden Abkühlung — durch diese Heizmethode der Beharrungszustand fast nie erreicht wird und die Heizung mit eisernen Öfen mit Rücksicht auf Feuersicherheit ausgeschlossen ist.

Kachelöfen, welche eine eigentliche Wärmeregelung nicht zulassen, sind daher nur für Räume anwendbar, in denen sich wenige Personen dauernd aufhalten (für Wohnzimmer, Bureaus), für stark besetzte Räume (Schulen) sind sie nicht zu empfehlen. In Krankenräumen, kleineren Privatschulen und Wohnzimmern, wo zwar eine gleichmäßige Temperatur erfordert wird, aber zuweilen auch verhältnismäßig schneller Wechsel in der Wärmeabgabe bedingt ist, da sind eiserne Füllöfen mit ununterbrochenem Betriebe, welche gegenwärtig in großer Vollkommenheit fabriziert werden, am Platz.

II. Luftheizung.

Dieselbe erfordert bei mäßiger Ausdehnung des Gebäudes die geringsten Anlagekosten. — Bei rationeller Konstruktion ist das System einfach, gefahrlos und leicht zu bedienen und es kann dadurch auch ein starker Luftwechsel erzielt werden. Die Erwärmung geht schnell von statten; die Aufstellung von Heizkörpern in den Zimmern fällt fort.

Bei größerer Ausdehnung des Gebäudes ist die Anlage mehrerer Feuerstellen geboten und wird daher der sichere Effekt zuweilen vom Grundriß des Gebäudes abhängen. In alten Gebäuden ist die Anlage in der Regel mit baulichen Schwierigkeiten verbunden.

III. Warmwasserheizung mit Niederdruck.

Durch Regulierbarkeit und Absperrbarkeit der Heizkörper ist dies System das vollkommenste, indem es zugleich die relativ größte Ausnutzung des Brennstoffes gestattet; dagegen sind die Anlagekosten bedeutend. — Die Bedienung ist einfach, erfordert aber Verständnis; Ventilation ist mit der Heizung leicht zu verbinden. Das System ist gefahrlos und bei solider Ausführung fast gar nicht reparaturbedürftig. — Die Reservation der Wärme ist bedeutend, aber die Erwärmung tritt erst nach längerem Feuern ein. — Sehr große Gebäude verlangen die Herrichtung mehrerer Feuerstellen.

IV. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

Die Regulierbarkeit des Effektes, Ausnutzung des Brennstoffes und Ausdehnungsfähigkeit hat dieses System mit der Niederdruckheizung gemein; auch Lüftung ist bequem damit zu verbinden. — Die Heizkörper sind kleiner und stärker strahlend, besitzen aber weniger Reservationskraft. — Anlagekosten: geringer als bei Niederdruckheizung.

V. Heißwasserheizung.

Das System ist auch in alten Gebäuden leicht und schnell zu installieren. Die Anlagekosten sind gering; der Betrieb ist einfach und im Preise gleich demjenigen der Luftheizung. Der Effekt tritt schnell ein.

Dagegen ist eine ausreichende Ventilation nicht leicht mit der Perkinsheizung zu verbinden; wird solche zur Bedingung, so ist Heißwasserluftheizung vorzuziehen. Der Effekt ist schwer nach der Außentemperatur regulierbar. — Wärmereservation ist wenig vorhanden, daher die Gefahr des Einfrierens nicht ausgeschlossen.

VI. Dampfheizung.

1) Dieselbe gestattet die größte Ausdehnung in horizontaler und vertikaler Richtung: es können sogar eine Anzahl von Gebäuden von einer Feuerstelle, die außerhalb ihrer Umfassungen liegt, geheizt werden (vergl. Schluß des § 65).

2) Die Wirkung tritt schnell und intensiv ein.

3) Mit der Dampfheizung kann auch Lüftung leicht verbunden werden, da der Dampf den Betrieb von Maschinenventilatoren gestattet.

4) Wo abgehende Dämpfe verwendet werden, ist der Betrieb billig; dient dagegen der Dampf nur Heizzwecken, so wird die Anlage teuer durch Beschaffung der Kessel. Letztere unterliegt polizeilicher Konzession.

5) Reservationsvermögen ist bei diesem System nur vorhanden, wenn in den Kondensationsgefäßen Wasser stehen bleibt. Dadurch wird aber die Anlage (der größeren Gefäße wegen) verteuert.

6) Zur Bedienung ist ein geübter Heizer erforderlich, dem das Verständnis der Kesselheizung nicht mangelt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN