

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100212702

Rietschel-Brabbée

Heiz-und Lüftungstechnik

Erster Band

Sechste Auflage

Biblioteka
Politechniki Wrocławskiej

L 1124 m

1/8

H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik

Ein Hand- und Lehrbuch
für Architekten und Ingenieure

Sechste, völlig neu bearbeitete Auflage

von

Dr. techn. K. Brabbée

ord. Professor an der Technischen Hochschule
Berlin-Charlottenburg

Erster Band

Mit 257 Textabbildungen

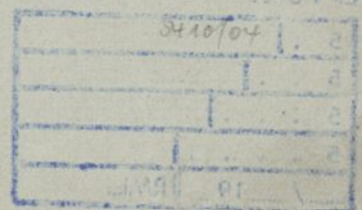
~~A. Schleperki & Co. G.m.b.H.~~



Berlin

Verlag von Julius Springer

1922





350512L/A

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1922 by Julius Springer in Berlin.



Inw. 2162.

Ex libris:

Strom.

5	
5	
5	
5410/09	
/	1921 RMk.:

Akw. 2162/47

Vorwort zur ersten Auflage.

Wenn ich den auf Anregung Seiner Exzellenz des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten von mir verfaßten Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen hiermit der Öffentlichkeit übergebe, so geschieht es, weil mir ein für den unmittelbaren Gebrauch in der Praxis bestimmtes und nicht zu umfangreiches Werk zu fehlen scheint.

Die auf dem Gebiete des Lüftungs- und Heizungswesens vorhandenen Lehrbücher sind wohl geeignet, dem Ingenieur zum Studium und als Ratgeber, nicht aber bei seinen Ausführungen als Führer dienen zu können, da die allgemeine Behandlung des Stoffes und die theoretischen Entwicklungen die Übersichtlichkeit vermindern und die für die leichte Benutzung erforderliche knappe Form verbieten.

Der Leitfaden soll der Praxis dienen; er enthält theoretische Entwicklungen nur insoweit, als solche für die richtige Anwendung des Gebotenen unbedingt erforderlich schienen.

Zwischen dem Angebot und der Ausführung von Lüftungs- und Heizungsanlagen besteht zur Zeit, wie ich aus meinen zahlreichen Fällen gutachtlicher Tätigkeit weiß, kein richtiges Verhältnis. Für das Angebot sind meist die Ansprüche an die Arbeitslast der ausführenden Ingenieure infolge der Forderung einer unnötig großen Anzahl von Zeichnungen, Beschreibungen, Rechnungsbelegen usw. bedeutend, für die Ausführung dagegen wird sowohl in hygienischer als technischer Beziehung häufig ein zu geringer Anspruch an die Ausführenden gestellt und somit dem Entstehen mangelhafter Anlagen der beste Vorschub geleistet.

Auf dem Gebiete des Lüftungs- und Heizungswesens gibt es noch viele Punkte, die sich zur Zeit einer wissenschaftlichen Behandlung entziehen; soweit aber eine solche möglich ist und in dem Rahmen praktischer Verwertbarkeit liegt, sollte die Anwendung derselben zum Vorteile für die Anlagen und zum Erstehen einer segensreichen Konkurrenz jederzeit verlangt werden. Wissenschaftliche Behandlung allein gibt die Gewähr, daß man sich auf hellen Pfaden bewegt, und daß der Schritt, den man oft in der Praxis vom streng richtigen Wege tun muß, nicht zum Fehler wird.

Die Aufgabe, welche ich mir bei Bearbeitung des Leitfadens gestellt habe, ging dahin, die Auftraggeber und bauleitenden Architekten mit den zu erhebenden Forderungen bekanntzumachen, den Ausführenden aber die erforderlichen Berechnungsweisen an die Hand zu geben. Sowohl für das Angebot als für die Ausführung war ich bemüht, die Arbeit der Berechnung nach Möglichkeit zu verringern und zu erleichtern — die ganze Behandlung des Stoffes und die im II. Teil enthaltenen Tabellen werden dies bestätigen. Zahlreiche Beispiele zeigen die Anwendung des Gebotenen in der Praxis.

Die dem Leitfaden beigegebenen Zeichnungen geben über eine große Anzahl und zum Teil der wichtigsten zur Zeit in der Praxis Anwendung findenden Konstruktionen Aufschluß. Um unnötige Erweiterungen des Textes zu vermeiden, sind den Zeichnungen nur die allernötigsten Erläuterungen beigelegt worden — sie setzen somit eine gewisse Bekanntschaft mit dem Gebiete, dem sie zugehören, voraus. Am Schlusse des I. Teiles haben noch die neuesten Vorschriften über Herstellung und Unterhaltung von Zentralheizungs- und Lüftungsanlagen in den unter Staatsverwaltung stehenden Gebäuden Preußens Aufnahme gefunden.

Berlin, im April 1893.

Rietschel.

Vorwort zur sechsten (eigentlich achten) Auflage¹⁾.

Nach dem Tode unseres Altmeisters Dr.-Ing. Rietschel übernahm ich, seinen Willen erfüllend, die Neubearbeitung des „Leitfadens“.

In unserer Technik hat sich in den letzten Jahren vieles geändert. Immer umfangreicher werden die für den Ingenieur unentbehrlichen Berechnungen, immer mehr sucht der Architekt das für ihn Wichtige in kürzester Zeit zu erfassen.

Aus diesen Gründen ist eine Neueinteilung des „Leitfadens“ erfolgt. Der erste Band zeigt dem Architekten die verschiedenen Arten der Heiz- und Lüftungsanlagen. Es werden deren Anwendungsgebiete kritisch abgegrenzt und die hauptsächlichsten Einrichtungen beschrieben. Zur Erleichterung des Verständnisses sind die Abbildungen unmittelbar in den Satz eingefügt worden. Diese Neuordnung hat den unvermeidbaren Nachteil, daß nicht mehr so viel verschiedenartige Bauarten nebeneinander gezeigt werden können, als dies bei dem früheren Tafelsatz der Fall war. Sämtliche Abschnitte weisen Neubearbeitungen auf, insbesondere die Gebiete des Hausbrandes, der Fern- und Abwärmeheizungen, sowie viele Fragen aus der allgemeinen Zentralheizungs- und Lüftungstechnik.

Der Ingenieur wird neben dem ersten auch den zweiten Band benötigen, der, in gedrängter Form, brauchbare Rechenverfahren enthält. Die in meinem Buche „Rohrnetzrechnungen“ auf Grund experimenteller Studien gegebenen Behelfe haben sich bewährt und sind deshalb hierher übernommen worden. Die neue Rechenweise wird einerseits von Lehrern und Studierenden bevorzugt, weil die Bemessung aller in unserem Sonderfach vorkommenden Rohrnetze auf den gleichen, allgemein gültigen Grundlagen aufgebaut ist. Andererseits hat die Praxis die Einfachheit des Rechenverfahrens und seine unbedingte Zuverlässigkeit in mehr als ausreichendem Maße bestätigt.

Die Berechnung ist für jede Heiz- bzw. Lüftungsart als geschlossenes Ganzes behandelt, wobei viele Beispiele die Anwendung der gegebenen Behelfe erläutern. Die Hilfstafeln sind durch Aufnahme der deutschen Industrie-Normen (DIN) erweitert. Nach wie vor sind alle Rechenbehelfe höchst einfach anwendbar. Gewiß, wir haben die Grundlagen unserer Ausführungen innerhalb bestimmter Grenzen zuverlässig zu errechnen, wir müssen unsere Werke wirtschaftlich richtig anlegen und herstellen, aber das tiefste Wesen aller Ingenieurkunst ist und bleibt das schöpferische Gestalten. Dazu muß dem im industriellen Leben stehenden Ingenieur die Zeit soweit als irgend möglich frei gemacht werden.

Der Grundrißform zustrebend wurde besonderer Wert auf übersichtliche und erschöpfende, aber dennoch äußerst kurze Darstellung gelegt. Letztere erwies sich zur Zeit auch mit Rücksicht auf die Preisgestaltung des Werkes dringend nötig. Der erfahrene Fachmann wird überall erkennen, daß es mir in erster Linie darauf angekommen ist, ein der Praxis dienendes Werk im gleichen Sinne weiter auszubauen.

Herr Dipl. Ing. Dr. Wierz hat mit mir die mühsame Arbeit der Herausgabe der 6. Auflage des „Leitfadens“ redlich geteilt, wofür ich ihm auch hier herzlichst danken möchte. Mein Dank gilt auch allen Verbänden und Firmen, die mir durch Überlassung von Zeichnungen und sonstigen Unterlagen geholfen haben.

In der jetzigen Zeit erfordert die Neuherstellung eines so umfangreichen Werkes wie des vorliegenden, in dem, entsprechend den Fortschritten im Fach, alle Abschnitte völlig umgearbeitet werden mußten, verhältnismäßig lange Fristen. Andererseits vollzieht sich der Wechsel in den Hilfsmitteln der Technik, gezwungen durch die sich überstürzenden Ereignisse, rascher als sonst. Diese Zusammenhänge machen es nötig, daß ich für die neue Auflage um Rücksicht bitten muß, wenn einzelne Stellen der letzten Entwicklung der Dinge noch nicht völlig gerecht werden.

Charlottenburg, im März 1921.

Dr. Brabbée.

¹⁾ Die 2. und 4. Auflage ist zweimal gedruckt worden.

Inhaltsverzeichnis zum ersten Bande.

1. Abschnitt.

Einleitung.

	Seite
A. Allgemeines	1
B. Die Raum- und Außentemperaturen	2

2. Abschnitt.

Die einzelnen Heizarten.

I. Örtliche Heizungen	3
A. Kaminheizung	3
B. Kanalheizung	4
C. Kachelöfen	4
a) Anwendungsgebiet der Kachelöfen (4). — b) Beurteilung der Kachelofenheizung (5). — c) Größe der Kachelöfen (8). — d) Ausführungsformen von Kachelöfen (8). — e) Die Schornsteinfrage (14).	
D. Eiserne Öfen	16
a) Allgemeines (16). — b) Ausführungsformen (17). — c) Untersuchung und Berechnung eiserner Öfen (21).	
E. Petroleum- und Spiritusöfen	22
F. Gasheizung	22
a) Beurteilung und Anwendungsgebiete (22). — b) Bauart der Gasöfen (22). — c) Abzugsrohre und Schornsteinfrage (25).	
G. Elektrische Heizung	26
a) Ausführungsformen (26).	

3. Abschnitt.

Zentralheizungen.

Allgemeines	27
I. Niederdruck-Warmwasserheizungen	28
A. Schwerkraftsheizungen (Auftriebsheizungen)	29
1. Allgemeines	29
a) Zweirohrsystem, obere Verteilung (29). — b) Zweirohrsystem, untere Verteilung (29). — c) Einrohrsystem (29).	
2. Gemeinsame Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiete	30
3. Anwendung „oberer“ und „unterer“ Verteilung; Zweirohr- oder Einrohrsystem?	32
4. Die Kessel der Warmwasserheizung	32
a) Schmiedeeiserne Kessel (32). — b) Gußeiserne Gliederkessel (33). — c) Wasserkessel, die mit Dampf bzw. Heißwasser geheizt werden (38).	
5. Kesselzubehör	38
6. Unterteilung der Kessel	40
7. Kokssparer für Zentralheizkessel	40
8. Sicherheitsvorrichtungen	41
9. Untersuchung und Berechnung der Kessel	43
10. Kesselhaus	44
11. Rohrleitungen	47
12. Rohrverbindungen	47

	Seite
13. Rohrhülsen, Rohrlagerung, Ausdehnung	51
14. Wärmeschutz	53
15. Rohrnetz, Strangabspernung, Ausdehnungsgefäß	54
16. Heizkörper, Verkleidungen, Regelvorrichtungen	56
a) Anwendung der Heizflächen (56). — b) Heizkörperformen (56). — c) Heizkörperverkleidung (60).	
17. Untersuchung und Bewertung der Heizflächen	62
18. Berechnung der Heizkörper	63
19. Regelvorrichtungen für Warmwasserheizkörper	64
a) Regelventile und Hähne (64). — b) Selbsttätige Regler (66).	
B. Stockwerksheizung (Etagenheizung)	66
C. Gewächshausheizung	67
D. Schnellstromheizung	67
E. Pumpenheizung	68
II. Mitteldruck-Warmwasserheizung	70
III. Heißwasserheizung	70
IV. Dampfheizungen	71
A. Hochdruckdampfheizung	71
1. Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet	71
2. Ausführung der Hochdruckdampfheizung	72
a) Kessel (72). — b) Rohrleitung und Zubehör (72). — c) Heizkörper und Regelvorrichtungen (78). — d) Rückführung des Dampfwassers (79).	
B. Niederdruckdampfheizung	80
1. Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet	80
2. Ausführungsformen	80
a) Abgedrosselter Hochdruckdampf (81). — b) Abdampf aus Kraftmaschinen (82). — c) Niederdruckdampfkessel (82).	
3. Kesselzubehör	84
a) Rohrleitung (87). — b) Rohrführung (87). — c) Rohrnetzberechnung (89). — d) Heizkörper, Verkleidungen (89). — e) Regelvorrichtungen und Dampfstauer (90). — f) Selbsttätige Heizkörperregler (92). — g) Rückführung des Dampfwassers (93). — h) Generelle Regelung (93).	
V. Vakuumheizungen	94
VI. Mischheizungen	94
A. Dampfwarmwasserheizung	94
1. Allgemeine Anordnung	94
2. Anwendungsgebiet	94
3. Ausführung	95
4. Dampfwarmwasserbereiter	95
a) Gegenstromapparate (95). — b) Dampfwarmwasserkessel (95). — c) Anlagen mit raschem Anheizen und langem Vorhalten der Wärme (96). — d) Sicherheitsvorrichtungen für Dampfwarmwasserkessel (96).	
5. Berechnung der Anlagen	96
B. Dampfwasserheizung	96
VII. Luftheizungen	97
A. Allgemeines	97
B. Feuerluftheizungen	97
1. Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet	97
2. Ausführung	97
a) Luftheizöfen (98). — b) Kanalanlage (100). — c) Zu- und Abluftöffnungen (100).	
C. Dampf- und Wasserluftheizungen	101
1. Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet	101
2. Heizkörper und Regelvorrichtungen	101
a) Radiatoren in besonderer Aufstellung (103). — b) Rautenheizkörper (103). — c) Luftröhrenkessel (103). — d) Röhrenkessel (103). — e) Lamellenheizkörper (104). — f) Regelung der Heizleistung bzw. der Lufttemperatur (104).	
3. Luftentnahme, Reinigung, Befeuchtung, Heizkammer, Ventilatoren, Kanalanlage, Zu- und Abluftöffnungen	104
4. Hallen- oder Großraumheizung	105
VIII. Fernheizungen	105
A. Allgemeines	105

	Seite
B. Dampferheizwerke	106
a) Aushilfsleitungen (107). — b) Fernkanäle (107). — c) Dampfheizung der Gebäude (108). — d) Warmwasserheizung der Gebäude (108).	
C. Warmwasser-Fernheizwerke	109
a) Kesselanlage (109). — b) Rohrleitungen und Fernkanäle (110). — c) Anschluß der Pumpen und des Ausdehnungsgefäßes (111). — d) Verteil- und Sammelstelle in den Einzelgebäuden (112). — e) Generelle Regelung (112). — f) Schaltraum (112). — g) Abwärmeverwertung (112). — h) Heißwasser-Fernanlagen (113).	
IX. Abwärmeverwertung	113
A. Allgemeines	113
B. Abwärmeheizanlagen	114
1. Abwärme von Dampfkraftmaschinen	116
a) Unmittelbare Entnahme von Dampf (117). — b) Erwärmung von Wasser durch Dampf (118). — c) Erwärmung von Luft durch Dampf oder Wasser (119).	
2. Abwärme von Verbrennungskraftmaschinen	119
3. Einige Beispiele ausgeführter Abwärmeanlagen	120
a) Abdampfheizung (120). — b) Abwasserheizung (121). — c) Erwärmung von Luft durch Dampf (124). — d) Abgasheizung (126).	
4. Anderweitige Abwärmeverwerter	126
5. Beispiele über die Wirtschaftlichkeit von Abwärmeanlagen	128

Lüftungsanlagen.

1. Abschnitt.

Notwendigkeit der Lüftung.

A. Einleitung	130
B. Wärme- und Wasserdampfabgabe der Menschen und Leuchtkörper	131
a) Allgemeines (131). — b) Wärmeabgabe der Menschen und Leuchtkörper (131). — c) Wasserdampfabgabe der Menschen und Leuchtkörper (132).	
C. Kohlensäureabgabe der Menschen und Tiere	132
D. Das Auftreten von Ekelstoffen (Ammoniak, Anthropotoxin)	133
E. Staub	134

2. Abschnitt.

Erforderlicher Luftwechsel.

A. Allgemeines	134
B. Der Wärmemaßstab	135
C. Der Feuchtigkeitsmaßstab	135
D. Der Kohlensäuremaßstab	135
E. Der Wärmeinhaltmaßstab	135
F. Der Druckmaßstab	136
G. Bestimmung des Luftwechsels nach Erfahrungssätzen	136
a) Räume mit bekannter Besetzung (136). — b) Räume mit unbekannter Besetzung (137).	

3. Abschnitt.

Erzielung des Luftwechsels.

A. Druckverhältnisse in einem geschlossenen Raum	137
B. Selbstlüftung eines Raumes	139
C. Auftriebslüftung	141
a) Auftriebslüftungen ohne Erwärmung der Abluft (141). — b) Auftriebslüftung mit Erwärmung der Abluft (142). — c) Schreiderlüftung (143).	
D. Umtriebslüftungen	144
I. Allgemeines über Frischluft- und Umluftbetrieb	144
II. Umtriebslüftung durch Ausnutzung des Winddruckes	145
a) Saugköpfe (145). — b) Preßköpfe (146).	
III. Verwendung von Feder- und sonstigen Kleingebläsen	147
IV. Mit Ventilatoren betriebene Druck- bzw. Sauglüftungen	147

	Seite
1. Reinigungsfähigkeit sämtlicher Teile	147
2. Die Zuluftanlage	148
a) Entnahme der Luft (148). — b) Reinigen der Luft (148). — c) Ozonisieren der Luft (152). — d) Erwärmung der Luft (Entnebelungsanlagen) (152). — e) Befeuchten, Kühlen, Trocknen (152). — f) Ventilatoren, Bläser, Lüfter (155). — g) Kanalanlage (158). — h) Bewegung der Luft im Raum (159).	
3. Abluftanlage	160
4. Zentralbedienung	161

4. Abschnitt.

Kühlung der Räume.

A. Allgemeines	162
B. Kühlmittel	162
I. Wände	162
II. Unterirdische Kanäle	163
III. Kühlflüssigkeiten	163
a) Mittelbare Berührung mit Luft (Kühlkörper) (163). — b) Unmittelbare Berührung mit Luft (163). — c) Berechnung und Ausführung der Anlage (164).	
Anhang	165
Sachverzeichnis	170
Firmenverzeichnis	180
Autorenverzeichnis	181

(Inhaltsverzeichnis zum zweiten Band siehe daselbst.)

1. Abschnitt.

Einleitung.

A. Allgemeines.

Zur Entwicklung der Wärme für Heizzwecke werden zur Zeit feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe benutzt. Abhandlungen über ihre Eigenschaften und ihr Verhalten bei der Verbrennung liegen außerhalb des Rahmens des „Leitfadens“. Es sei daher auf die nachstehenden Sonderwerke verwiesen:

- Fischer, Die chemische Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880.
- Fischer, Die Brennstoffe Deutschlands. Braunschweig 1901.
- Jüptner, Lehrbuch der chemischen Technologie der Energie. 1. Bd. Leipzig 1905.
- Aufhäuser, Vorlesungen über Brennstoffkunde. Hamburg 1910.
- Kukuk, Unsere Kohlen. Leipzig 1913.
- Simmersbach, Grundlagen der Kokschemie. Berlin 1914.
- Trenkler, Die Chemie der Brennstoffe vom Standpunkt der Feuerungstechnik. Leipzig 1919.
- Aufhäuser, Brennstoff und Verbrennung. Berlin 1920.
- de Grahl, Die wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe. Berlin-München 1920.

Wie bereits im Vorwort erwähnt, ist die Berechnung aller Teile der Anlagen im II. Band des vorliegenden Werkes zusammengefaßt, und zwar:

- Die Wärmeverlustberechnung,
- die Bestimmung der Kessel- und Raumheizflächen,
- die Ausmittlung aller in der Heiz- und Lüftungstechnik vorkommenden Rohrnetze, und
- die Bemessung von Luftkanälen und Schornsteinen.

Der I. Band hingegen behandelt nachstehend:

- Die Raum- und Außentemperaturen und
- die einzelnen Heizarten.

In den späteren Abschnitten ist grundsätzlich folgendes beachtet worden: Architekten und Heizungsingenieure haben im allgemeinen weder Kessel oder Heizkörper, noch Ventilatoren (Bläser, Lüfter), Pumpen, Motoren usw. zu bauen. Wohl aber ist es wichtig, daß sie diese Einrichtungen hinsichtlich der für unser Fach in Frage kommenden Eigenschaften zu beurteilen vermögen. Es kann daher nicht Aufgabe des „Leitfadens“ sein, die Maßnahmen zu erörtern, die bei der Konstruktion und Herstellung der erwähnten Gegenstände zu beachten sind. Dagegen werden die weiteren Ausführungen jene Eigenschaften zu behandeln haben, die hinsichtlich der Beurteilung und Anwendung der oben aufgeführten Einrichtungen wesentlich erscheinen.

B. Die Raum- und Außentemperaturen¹⁾.

Die Heizanlagen haben den Zweck, selbst bei tiefster Außentemperatur, nachstehend aufgeführte Innentemperaturen zu schaffen:

Krankenzimmer	20—22° C
Wohnräume (Mädchenzimmer)	18—20° C
Säle, Hörsäle, Hafträume, Geschäftsräume	18° C
Sammlungs- und Ausstellungsräume, Fluren, Treppenhäuser je nach Benutzung	10—18° C
Kirchen	10—12° C
Hafträume, nur für Aufenthalt bei Nacht	10° C
Badezimmer	22° C
Kleiderablagen, Küchen, Ställe	15° C
Aborte	die Temperatur ihrer Vorräume
Gewächshäuser, je nach ihrer Art	10—30° C

Die angegebenen Temperaturen sind in Raummitte oder an warmen Innenwänden in Kopfhöhe (1,50 m vom Fußboden) zu messen²⁾. Hierbei ist aber folgendes zu beachten: Die zu fordernde Raumtemperatur ist zunächst abhängig von der Witterung. So ist z. B. für Hörsäle im Winter 18° C genügend, dagegen wird die gleiche Temperatur an heißen Sommertagen als wesentlich zu kühl empfunden. Etwa 22° C dürften dann angemessen erscheinen. Die einzuhaltende Raumtemperatur ist außerdem erheblich abhängig vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft und zwar derart, daß zunehmende Feuchtigkeit sinkender Temperatur entspricht. Auch die Zustände der Umfassungswände sind zu berücksichtigen. Bei stark ausgekühlten Wänden muß höher erwärmt werden, während bei Dauerbetrieb der Heizung die Raumtemperaturen niedriger sein dürfen. Weiter ist auch die Größe des Luftwechsels von wesentlicher Bedeutung, und zwar werden bei kräftiger Lüftung die Raumtemperaturen höher zu halten sein (s. hierüber auch Lüftung, Größe des Luftwechsels). Ferner ist zu beachten, daß bei gut verteilten Raumheizflächen das Wohlbefinden der Menschen schon bei verhältnismäßig niederen Raumtemperaturen eintritt, während ein Zusammendrängen der Heizflächen auf „kleinstem Platz“ ein Höherheizen der Zimmer notwendig macht.

Versuche haben schließlich gezeigt, daß es zulässig ist, die Raumtemperatur unbeschadet des Wohlbefindens der Menschen herabzusetzen, wenn die Raumheizflächen breite und kräftige (naturgemäß hygienisch einwandfreie) Strahlungswirkungen ausüben.

Im Gegensatz zu der bisher allgemein als gültig anerkannten Regel, die „Raumtemperatur“ in Kopfhöhe (1,5 m vom Fußboden) festzulegen, vertrete ich folgende Anschauung: Unbestritten ist, daß sich der Idealzustand einer Raumheizung durch die wenigen Worte ausdrücken läßt: „Warme Füße, kühler Kopf.“ In Anerkennung dieser Forderung sind wir dazu übergegangen, die ausschlaggebenden Raumtemperaturen in Kniehöhe (0,5 m vom Fußboden) zu messen.

Die anzunehmende tiefste Temperatur der Außenluft ist je nach der geographischen Lage des Ortes verschieden³⁾. In der Praxis setzt man zur Zeit:

für Deutschland im allgemeinen	— 20° C
„ Ostdeutschland	— 25° C an.

¹⁾ Mit Rücksicht auf die gedrückten wirtschaftlichen Verhältnisse wird verschiedentlich versucht, andere Berechnungsgrundlagen vorzubereiten.

²⁾ S. a. Hausen, Zur Messung von Lufttemperaturen in geschlossenen Räumen. Gesundheits-Ing. Festnummer Juli 1921. — Über die Temperatur an der Raumdecke s. Bd. II, S. 13.

³⁾ Marx, Die Temperaturverhältnisse Deutschlands. Gesundheits-Ing. 1902.

2. Abschnitt.

Die einzelnen Heizarten.

Wir unterscheiden:

I. Örtliche Heizungen:

Kaminheizung,
Kanalheizung,
Kachelöfen,
Eisenöfen,
Petroleumöfen,
Spiritusöfen,
Gasheizung,
Elektrische Heizung.

II. Zentralheizungen (Sammelheizungen)¹⁾:

Wasserheizungen,
Dampfheizungen,
Mischheizungen,
Luftheizungen,
Fernheizungen,
Abwärmeheizungen.

I. Örtliche Heizungen.

A. Kaminheizung.

Sie ist die älteste „örtliche Heizung“ und weist als wesentlich die offene Feuerstelle auf (Abb. 1). Daher müssen alle Versuche bei Kaminen, das Feuer künstlich vorzutäuschen, als verfehlt bezeichnet werden. Das gleiche gilt für nicht feuerbare „Kamine“, in denen Heizkörper versteckt sind. In Deutschland wird die Kaminheizung mehr zur Augenweide, als zur regelmäßigen Erwärmung der Räume vorgesehen. Öfters erscheinen Kamine mit Öfen vereinigt (Kaminöfen, Gaskamine). Die Erwärmung der Räume erfolgt fast ausschließlich durch Strahlung, im Gegensatz zu den englischen Kaminen, bei denen zwangsläufige Erwärmung und Umwälzung der Raumluft angestrebt wird.

Als Vorteil der Kaminheizung ist die kräftige Raumlüftung und die Schönheitswirkung des offenen Feuers zu bezeichnen. Nachteilig wirkt die geringe Heizkraft und demnach der hohe Brennstoffverbrauch, ferner die manchmal lästig werdende strahlende Wärme, sowie das rasche Auskühlen der lediglich durch Kaminfeuer beheizten Räume. Der Wirkungsgrad dieser Heizeinrichtung kann zu 5 bis 10 vH geschätzt werden.

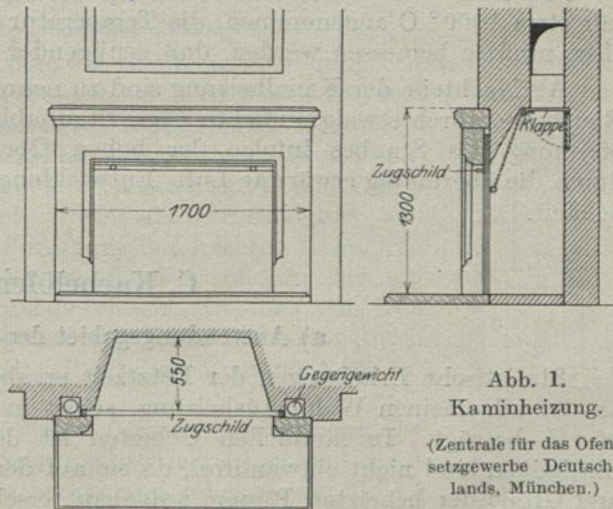


Abb. 1.
Kaminheizung.
(Zentrale für das Ofen-
setzgewerbe Deutsch-
lands, München.)

¹⁾ Der Ausdruck Sammelheizung ist nicht einwandfrei. Trotzdem wird er hier mitbenutzt, da er amtlich bereits angewendet erscheint. Siehe „Sprachpflege im preußischen Staatshaushalt“, Zeitschr. d. allg. deutsch. Sprachvereins 1917, Nr. 2/3.

B. Kanalheizung.

Diese Heizart wird noch öfters für Gewächshäuser angewendet, in Kirchen ist sie durch die Luft- bzw. Dampfheizung verdrängt worden.

Die Kanalheizung weist (einen oder mehrere) Kanalzüge *K* auf, durch die die Verbrennungsgase strömen (Abb. 2). Die Feuerstelle ist vertieft angeordnet und erhält Planrost- oder Füllfeuerung, je nachdem unterbrochener oder Dauerbetrieb durchgeführt werden soll. Die Rauchzüge bestehen aus Mauerwerk oder Gußeisen, sie sind wagrecht oder schräg angeordnet, liegen entweder frei im Raum oder

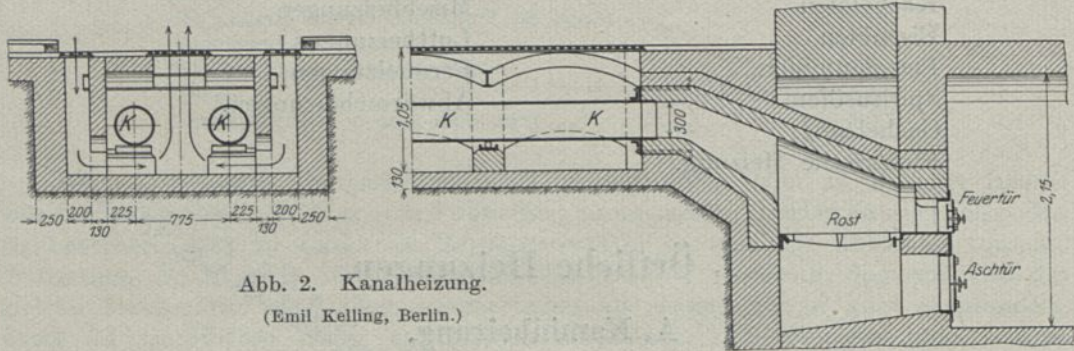


Abb. 2. Kanalheizung.
(Emil Kelling, Berlin.)

in mit Gittern abgedeckten Fußbodenkanälen. Längere Kanäle erfordern ein Lockfeuer am Fuß des Schornsteins. Die Temperatur der Verbrennungsgase am Rost kann mit etwa 1000°C angenommen, die Temperatur der in den Schornstein tretenden Gase muß so bemessen werden, daß genügender „Zug“ gesichert ist.

Als Nachteile der Kanalheizung sind zu nennen: Möglichkeit des Austretens der Rauchgase durch etwaig undichte Züge, Staubablagerung auf den Heizflächen, Verbrennung des Staubes infolge der hohen Oberflächentemperaturen, Belästigung durch die übermäßig erwärmte Luft, Entwicklung von Gerüchen, geringe Wirtschaftlichkeit.

C. Kachelöfen.

a) Anwendungsgebiet der Kachelöfen.

Statistische Erhebungen der Letztzeit ergaben, daß der Anteil der Kachelöfen an der allgemeinen Wohnhausheizung, selbst in Großstädten wie Berlin, mehr als 90 vH beträgt. In ländlichen Gebieten ist der Teilbetrag noch größer. Diese Statistiken sind nicht einwandfrei, da sie auf der Wohnungszahl statt auf der Zahl und Größe der beheizten Räume aufgebaut erscheinen.

Sicher ist, daß der Kachelofen neben den anderen Heizarten nicht nur daseinsberechtigt, sondern in vielen Fällen unentbehrlich ist. Sein Anwendungsgebiet umfaßt: Die Kleinwohnung und die Kleinsiedlung, in der der Kachelofen als Sammelheizung gute Dienste leisten kann. Auf dem Land fallen dem Kachelofen naturgemäß auch größere Baulichkeiten zu. In Stadtgebieten wird er bei mehrzimmerigen Wohnungen in Wettbewerb mit der Warmwasserheizung treten können, wobei die Dienstbotenfrage zu beachten ist. In vielzimmerigen, durch Zentralheizung versorgten Wohnungen kann der Kachelofen vorteilhaft für die Erwärmung einzelner Räume Verwendung finden. Diese erlangen hierdurch für den Herbst und Frühling, bei Krankheitsfällen usw. eine sehr wünschenswerte Unabhängigkeit.

Gleichzeitig wird dadurch die Möglichkeit geschaffen, Verbandzeug, Schriftstücke usw. unmittelbar in der Wohnung zu verbrennen. Das ist wichtig, denn den neueren Wohnungen fehlt manchmal jede offene Feuerstelle.

Bei der Brennstoffnot der Jetztzeit wird oft der Wille entscheidend sein, wenigstens eine beschränkte Zimmerzahl unter allen Umständen zu heizen. Deshalb wird die Gegenwart und nahe Zukunft die Ofenheizung von Wohnungen begünstigen. Siedlungen, größere Arbeiterhäuser, Baublöcke für Mittelstandswohnungen, ferner Baulichkeiten mit sehr verschiedenartigem Wärmebedürfnis werden zweckmäßig Einzelöfen erhalten. Solche Wohnstätten bekommen nur dann vorteilhaft Warmwasserheizung, wenn Abdampf aus nahen Maschinenanlagen in genügender Menge zur Verfügung steht.

Für den Maschineningenieur, der insbesondere in der Elektrotechnik mit „Spitzenleistungen“ zu arbeiten gewöhnt ist, wird, unter Berücksichtigung der Brennstoffnot bzw. der Brennstoffteuerung, nachstehende Auffassung verständlich sein:

Ausrüstung geeigneter Wohnhäuser mit Zentralheizung derart, daß z. B. bei -15°C außen, eine allgemeine Raumheizung von z. B. $+15^{\circ}\text{C}$ erreicht wird — Deckung aller Spitzenleistungen durch Einzelöfen. Zu diesen Leistungen zählen: Die Höherheizung einzelner Räume, auf die man sich im Notfall beschränken kann, das vereinzelt Auftreten noch tieferer Außentemperaturen, Windanfall usw. Eine solche Regelung schützt das Haus vor Einfrierschäden, erfordert keine übermäßige Bedienung der wenigen Öfen und gibt sparsame Anlagen. In der Übergangszeit werden die Einzelöfen allein in Betrieb genommen und die Zentralheizung in der für sie wirtschaftlich ungünstigen Zeit ausgeschaltet. Voraussetzung für diese Ausführung ist die richtige Ermittlung der Wärmeverluste ¹⁾.

b) Beurteilung der Kachelofenheizung.

a) In hygienischer Beziehung.

Die beste Heizfläche ist diejenige, die leichteste Reinigung ermöglicht und dem Staub keine Gelegenheit zur Ablagerung bietet. In dieser Hinsicht stellen die neueren Kachelöfen eine ausgezeichnete Heizflächenart dar. Dies gilt natürlich nur von jenen guten Bauarten, bei denen tiefe Ornamente und Verzierungen grundsätzlich vermieden sind, und deren vollkommen glasierte Außenflächen, soweit als irgendmöglich, lotrecht angeordnet erscheinen. Die Forderung der leichten Reinigung aller Ofenteile ist nicht nur auf die Außenflächen, sondern auch auf die Innenflächen zu beziehen. Ganz besonders gilt dies aber von jenen Teilen, die als Luftkanäle Verwendung finden und schon durch geeignete Formgebung leichte und vollständige Reinigung ermöglichen müssen.

Sehr schädlich sind die bei vielen Öfen vorspringenden Gesimse *a* (Abb. 3). Sie führen eine Stauung bzw. ein Abschneiden der darunter befindlichen Luftschichten herbei und schalten die Teile *b* von der Raumerwärmung fast völlig aus. Ebenso unrichtig ist es, die Öfen bis an die Zimmerdecke zu führen. Lieber breite als hohe Öfen. Aus den gleichen Gründen sollen Öfen möglichst glatt hochgebaut werden und nirgends weniger als 15 (besser 20) cm von den Wänden abstehen.

Die Forderung der Hygiene, daß wegen der Staubversengung Oberflächentemperaturen von 80°C nicht überschritten werden dürfen, kann bei guten Kachelöfen mit ihren glatten, lotrechten, glasierten Flächen außer acht bleiben.

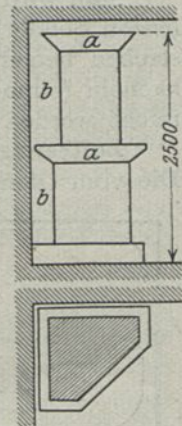


Abb. 3.
Falsch gebauter
Kachelofen.

¹⁾ Siehe Wierz, Die praktischen und wissenschaftlichen Grundlagen der Wärmeverlustberechnung in der Heizungstechnik, Berlin 1921.

Besonderes Augenmerk ist auf die Gestalt der eisernen Ofenteile zu legen, die meist wesentlich höhere Temperaturen als 100° aufweisen. Diese Teile sollen daher grundsätzlich keine Möglichkeit zur Ablagerung des Staubes bieten, sondern vollkommen glatt und leicht reinigbar sein.

β) In künstlerischer Beziehung.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß Kachelöfen, die der Raumarchitektur glücklich angepaßt werden, bedeutende künstlerische Wirkungen erzielen lassen. Namhafte Architekten haben sich in dieser Richtung schon versucht, wobei allerdings meistens die hygienischen und technischen Forderungen völlig übersehen wurden.

γ) In technischer Beziehung.

Milde Wärmeabgabe. Diese wird nicht allein durch entsprechende Oberflächentemperaturen, sondern auch dadurch erreicht, daß man die Strahlungswirkung der Kacheln geschickt ausnützt.

Gleichmäßige Raumerwärmung. Richtige Raumheizung erfordert: warme Fußböden und keine übermäßige Deckenerwärmung. Daher tritt auch hier die Forderung auf: Breite und nicht zu hohe Öfen.

Wärmeaufspeicherung. Sie ist in erheblichem Maße bei jenen Öfen vorhanden, die genügend starke Hintermauerungen besitzen und nach Beendigung der Verbrennung luftdicht abgeschlossen werden. Die früheren insbesondere österreichischen Kachelöfen ließen diesen Vorteil vermissen, so daß eine dauernde Bedienung der Heizung nötig war. Im Gegensatz hierzu weisen die schwedischen und russischen Öfen, die meist den ganzen Winter ununterbrochen in Betrieb sind, außerordentlich dicke Hintermauerungen auf. Die guten deutschen Bauarten stehen in der Mitte. Die Wärmeaufspeicherung ist so groß, daß die tägliche Heizung mit einer einmaligen (bei sehr strenger Kälte zweimaligen) Beschickung erzielt wird. Selbstverständlich sinken mit zunehmender Hintermauerung die Oberflächentemperaturen, es verlängert sich die Anheizzeit und es steigen die Nachströmverluste¹⁾.

Man wird daher allzu starke Hintermauerungen vermeiden und für rasches Anheizen Sonderbauarten von Kachelöfen benützen. Im übrigen macht sich das Bestreben bemerkbar, die gewöhnlichen Stegkacheln (mit Ausfütterung) durch Vollkacheln (ohne Ausfütterung) zu ersetzen, womit ein besserer Wärmedurchgang erreicht werden soll. Versuche hierüber sind im Gange.

Luftbewegung im Raum. Öfen stehen fast immer an der Zimmerrückwand. Die vom Ofen hochströmende warme Luft kühlt sich nach Abb. 4 am Fenster ab, fällt daran herunter und streicht am Fußboden wieder zum Ofen. Daraus folgt, daß sich bei der Ofenheizung Zugerscheinungen in der Nähe der Fenster nicht immer vermeiden lassen. Diese störenden Luftströme werden dadurch verstärkt, daß die Außenluft das Bestreben hat, an den unteren Fensterritzen ins warme Zimmer einzudringen (s. Druckverhältnisse in geheizten Räumen, Bd. I, S. 137).

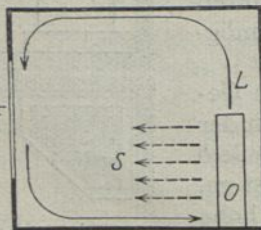


Abb. 4.

Luftbewegung im Raume bei Ofenheizung.

F = Fenster, O = Ofen,
L = Luftbewegung,
S = Wärmestrahlen.

Die Tatsache der Zugerscheinungen am Fenster ist ein Nachteil der Ofenheizung im Vergleich zur Zentralheizung, deren Heizkörper unmittelbar unter die Fenster gestellt werden können (Abb. 30, S. 28). Bei der Ofenheizung muß man sich darauf beschränken, die Zugerscheinungen möglichst abzuschwächen, wozu folgendes wichtig scheint: Gut ausgeführte und möglichst dichtschießende Doppelfenster,

¹⁾ Fudickar, Untersuchungen an Kachelöfen, 24. Mitteilung der Versuchsanstalt. Verlag R. Oldenbourg, München 1917.

Verstopfen der doch noch übrigbleibenden Fugen und Ritzen mit Schnüren, Anbringung dichter, die untere Fensterkante gut überdeckender „Fensterschützer“. Naturgemäß ist auch dafür zu sorgen, daß der Ofen in seinen unteren Teilen stark erwärmt wird, damit der Fußboden und die in seiner Nähe befindlichen Luftschichten richtige Temperaturen erhalten. In dieser Hinsicht ist die Ausnutzung des guten Strahlungsvermögens der Öfen wichtig.

Regelung der Wärmeabgabe. Die Regelung der Wärmeabgabe des Kachelofens ist, insbesondere bei den Öfen mit großer Wärmespeicherung, schwierig. Die beste Regelung besteht darin, gerade soviel Brennstoff einzulegen, als voraussichtlich über Tag gebraucht wird. Dies erfordert eine verständige Bedienung und eine einigermaßen richtige Einschätzung des Einflusses von Sonne, Wind und Regen.

Die Regelung der Verbrennung durch die Betätigung von Rauchrohr-Klappen ist in den meisten Städten polizeilich verboten. An ihre Stelle tritt die Drosselung bzw. Sperrung der Luftzufuhr zum Rost. Bestrebungen für die Wiederezulassung der Ofenklappen sind am Werk.

Platzbedarf. Es ist nicht zu bestreiten, daß der Platzbedarf eines Kachelofens größer als der eines gleich leistungsfähigen Wasserheizkörpers ist. Dabei muß beachtet werden, daß gerade in den Kleinwohnungen die Platzfrage wichtig erscheint. Der Raumbedarf der Kachelöfen ist Mitursache, daß Nebenräume unbeheizt bleiben müssen, was oft als Nachteil der Kachelofenheizung empfunden wird. Man wird daher trachten müssen, die Oberflächentemperatur der Kachelöfen entsprechend hoch zu halten und diese Temperatur möglichst gleichmäßig über den ganzen Ofen zu erzielen. Dadurch können die Öfen klein (schmal) gebaut werden und brauchen weniger Platz.

Brennstoff- und Ascheförderung, Bedienung der Öfen. Für jeden Kachelofen muß der Brennstoff zugebracht und die Asche entfernt werden. Dies führt, insbesondere bei hohen Häusern, zu manchen Übelständen. Doch ist hervorzuheben, daß diese Umstände gerade bei der Kleinwohnung in den Hintergrund treten. Erst bei größeren Wohnungen gewinnt die Kohle- und Rückstandsförderung einen Einfluß und begrenzt den Anwendungsbereich der Öfen. Ähnlich steht es mit der Bedienung, die (wie erwähnt) bei guten neuzeitigen Bauarten einmal, bei strenger Kälte zweimal am Tage vorzunehmen ist. Allerdings hat diese Wartung sorgfältig zu erfolgen und es erscheint zweckmäßig hierüber die Öffentlichkeit weitgehendst aufzuklären.

Lüftung der Räume durch den Kachelofen. Während der Ofen mit geöffneter Feuer- bzw. Aschtür brennt, findet infolge des Luftverbrauchs der Flammen eine (manchmal überschätzte) Lüftung des Raumes statt, die mit Abschluß der Ofentür aufgehoben wird.

Anlage und Betriebskosten. Zweifellos erfordert eine hygienisch, künstlerisch und technisch richtig hergestellte Kachelofenheizung nicht unwesentliche Anlagekosten. Auch ist zu bedenken, daß die Herstellung der vielen Schornsteine zu Lasten der Kachelöfen fällt. In der Regel werden die Anlagekosten niedriger als die einer gleich leistungsfähigen Wohnhauswarmwasserheizung sein. Dasselbe gilt für die Betriebskosten. Hierzu tritt der Umstand, daß jeder Mieter, seinen Mitteln entsprechend, auf einfachste Weise in der Lage ist, durch Nichtbenutzung einzelner Öfen die Betriebskosten weit herabzusetzen. Allerdings darf bei Vergleichsrechnungen die verschiedenartige Benutzung der Räume nicht außer acht gelassen werden: Oftmals bleibt unbemerkt, daß an den geringen Betriebskosten der Kachelöfen die nicht benutzten Wohnzimmer und die unerwärmten Nebengelasse wesentlichen Anteil haben. Auch dürfen die durch die Wartung der Öfen entstehenden Mehrkosten nicht unberücksichtigt bleiben.

Untersuchung von Kachelöfen. Soweit Kachelöfen bisher überhaupt geprüft wurden, geschah es durch Untersuchung der Abgase. Auf solche Weise wurde der Feuerwirkungsgrad η_F eines Ofens wie folgt ermittelt:

$$\eta_F = \frac{pH - V}{pH}$$

Hierin bezeichnet:

- p die insgesamt während der Beobachtungszeit (24 Stunden) verfeuerte Brennstoffmenge in kg,
- H den Heizwert des Brennstoffes in WE/kg,
- V die Verluste (meist bestimmt aus den Analysenangaben des Orsatapparates).

Der Wert η_F wird in der Literatur, in Rundschriften, auf Ausstellungen bis zu 95 vH angegeben. Fudickar¹⁾ hat nachgewiesen, daß dieses Untersuchungsverfahren nicht einwandfrei ist und daß die daraus berechneten Zahlen η_F wesentlich zu hoch erscheinen.

In verschiedenen Veröffentlichungen^{2) 3)} ist ferner darauf hingewiesen worden, daß die alleinige Bestimmung des Feuerwirkungsgrades η_F für die Beurteilung der Raumheizwirkung eines Ofens nicht ausreicht, sondern durch eine relative Prüfung von Öfen in „wärmegleichen Räumen“ ergänzt werden muß.

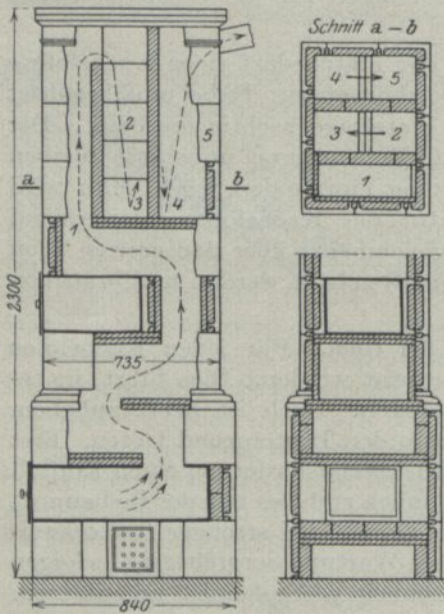


Abb. 5.
Alter Berliner Ofen.

e) Größe der Kachelöfen.

Die Ermittlung der Größe von Kachelöfen sollte auf die Bestimmung der Wärmeverluste W der Räume gestützt werden (s. d. Bd. II, S. 24). Durch weitere Untersuchungen wäre für die gebräuchlichen Ofenbauarten, abhängig von der Beanspruchung und der Aufstellung des Ofens, die mittlere Wärmeleistung (K) eines Quadratmeters Kachelofenfläche zu ermitteln. Dann würde die erforderliche Ofenfläche F nach der Gleichung

$$F = \frac{W}{K}$$

zu bestimmen sein. Zur Zeit sind solche Rechenverfahren, weil verlässliche Werte von K fehlen, nicht einwandfrei durchzuführen. Meistens wird die Größe des Ofens überschlägig nach dem zu erwärmenden Rauminhalt bestimmt.

Eine andere Berechnungsweise, die sich auf die Ermittlung der Wärmeverluste durch die Außenflächen stützt, ist von Zivilingenieur Barlach und mir in der Zeitschrift „Der Hausbrand“ (Verlag Weltwirtschaft und Technik, Berlin 1921) veröffentlicht worden⁴⁾.

¹⁾ Fudickar, 24. Mitteilung der Versuchsanstalt: Untersuchung an Kachelöfen. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1917.

²⁾ Brabbée, Beitrag zur Brennstoffwirtschaft im Haushalt. Verlag des Vereins deutscher Ingenieure, Berlin 1920.

³⁾ Untersuchung von Kachelöfen, 32. Mitteilung der Versuchsanstalt. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1921.

⁴⁾ Die Aufnahme dieser Rechenart in den Leitfaden ist nicht mehr möglich gewesen.

d) Ausführungsformen von Kachelöfen.

Nachstehend seien einige Bauarten gangbarer Kachelöfen besprochen.

a) Alter Berlinerofen. (Abb. 5).

Der Ofen war ursprünglich für die Verfeuerung von Holz eingerichtet und wird nun in der gleichen Form für die Benutzung von Braunkohlenbriketts und Torf verwendet. Er weist keinen Rost auf (Grundofen) und enthält außer 4 liegenden Deckenzügen 5 stehende Züge. Als Hintermauerung sind bis zur 2. Decke Chamottesteine, und von da ab, wie auch im Zug 1 Dachsteine benutzt, während die Züge 2 bis 5 nur die Kachelausfütterung zeigen. In der 5. Kachelschicht sitzt eine Wärmeröhre.

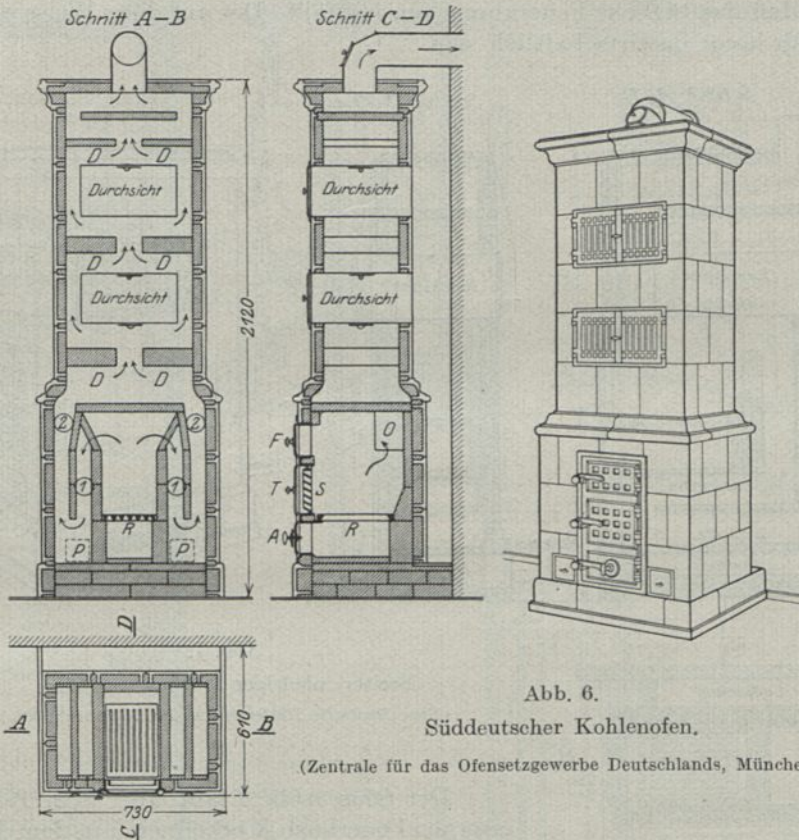


Abb. 6.

Süddeutscher Kohlenofen.

(Zentrale für das Ofensetzwesen Deutschlands, München.)

Der in Abb. 5 dargestellte Ofen ist — allerdings nach rd. 20 Betriebsjahren — abgebrochen und als „Einheitofen“ (s. später) umgesetzt worden. Der Brennstoffverbrauch sank bei etwa gleicher Leistung unter die Hälfte.

β) Süddeutscher Kohlenofen. (Abb. 6.)

Der Ofen weist einen Planrost *R* und lotrecht davor einen Stehrost *S* auf. Man erkennt die Feuertür *T*, die Fülltür *F*, die Aschetür *A*. Die Rauchgase ziehen durch die Öffnungen *O*, stürzen nach unten (1), hierauf strömen sie aufwärts (2), umspülen durch Deckenzüge *D* gezwungen zwei „Durchsichten“ und gehen oben nach dem Schornstein ab. Unten liegen Putzöffnungen *P*.

γ) Breiter, niedriger Wohnzimmerofen. (Abb. 7.)

Der Ofen zeigt die im Abschnitt b) geforderte Entwicklung in die Breite, bei niedriger Höhe, sowie den als wünschenswert hingestellten einfachen glatten Aufbau.

Die Rauchgase ziehen vom Planrost hoch, bespülen die Bodenplatte *K* der „Durchsicht“, fallen abwärts, durchströmen zwei liegende Züge, die oben bzw. unten Gußplatten aufweisen, steigen hoch und streichen durch einen liegenden Doppelzug zum Schornstein. Die Wärmeleistung der untersten Gußplatte wird durch Anlage eines (hygienisch nicht einwandfreien) Luftumlaufes unterstützt. An der Stirnseite des Ofens liegt zuoberst die Feuertür, darunter die Aschtür und zutiefst eine Reinigungstür.

d) Kachelofen mit Dauerbrandeinsatz. (Abb. 8.)¹⁾

Solche Öfen eignen sich für die Verwendung von gasarmen Brennstoffen: Anthrazit, Magerkohle und etwaig Koks. Sie können als „Dauerbrand“ betrieben werden, so daß das tägliche Feueranmachen fortfällt. Der auf diese Weise eintretende Nachtbetrieb kann unwirtschaftlich sein.

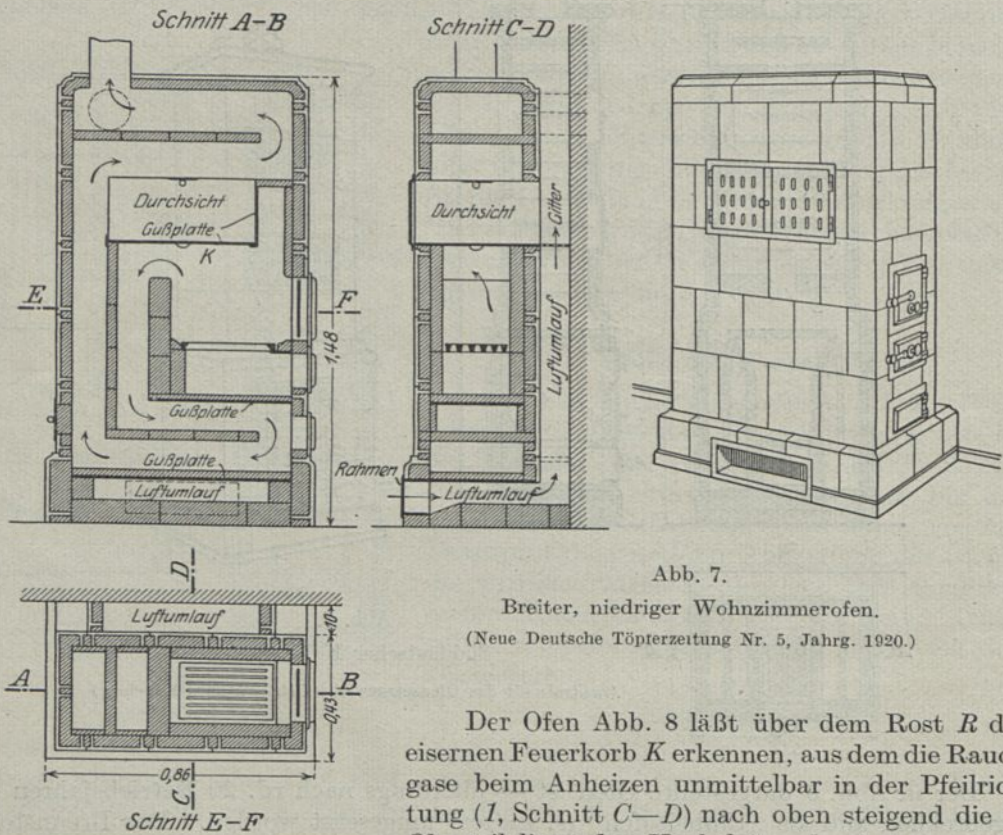


Abb. 7.

Breiter, niedriger Wohnzimmerofen.

(Neue Deutsche Töpferzeitung Nr. 5, Jahrg. 1920.)

Der Ofen Abb. 8 läßt über dem Rost *R* den eisernen Feuerkorb *K* erkennen, aus dem die Rauchgase beim Anheizen unmittelbar in der Pfeilrichtung (1, Schnitt C—D) nach oben steigend die im Oberteil liegenden Kachelzüge durchströmen.

Ist der Ofen im Gang, so wird die Klappe *L* umgelegt, die Rauchgase fallen nun in der Pfeilrichtung (2) ab, umspülen den Ofenunterteil, steigen dann um 180° wendend zum Zug (1) hoch und folgen nun dem erstbeschriebenen Weg.

E ist die Einwurf- oder Fülltür mit dem Fülltrichter *T*. *F* stellt zwei Feuertüren dar, *A* bedeutet die Aschfalltür. Die Raumluft umströmt großflächige Eisen-

¹⁾ In der Zeitschrift „Der Kachelofen“ vom 20. III. 1917 ist über Explosionen in Kachelöfen mit eingebauten Dauerbrandeinsätzen amerikanischen Systems berichtet. Im Anschluß daran werden für solche Öfen nachstehende Forderungen erhoben:

1. sicherer und ausreichender Schornsteinzug;
2. Zugführung derart, daß sich im Oberteil des Ofens keine unverbrannten Gase ansammeln können;
3. nicht völlig luftdichter Abschluß des Ofens bei Schwachfeuer.

Schnitt A—B.

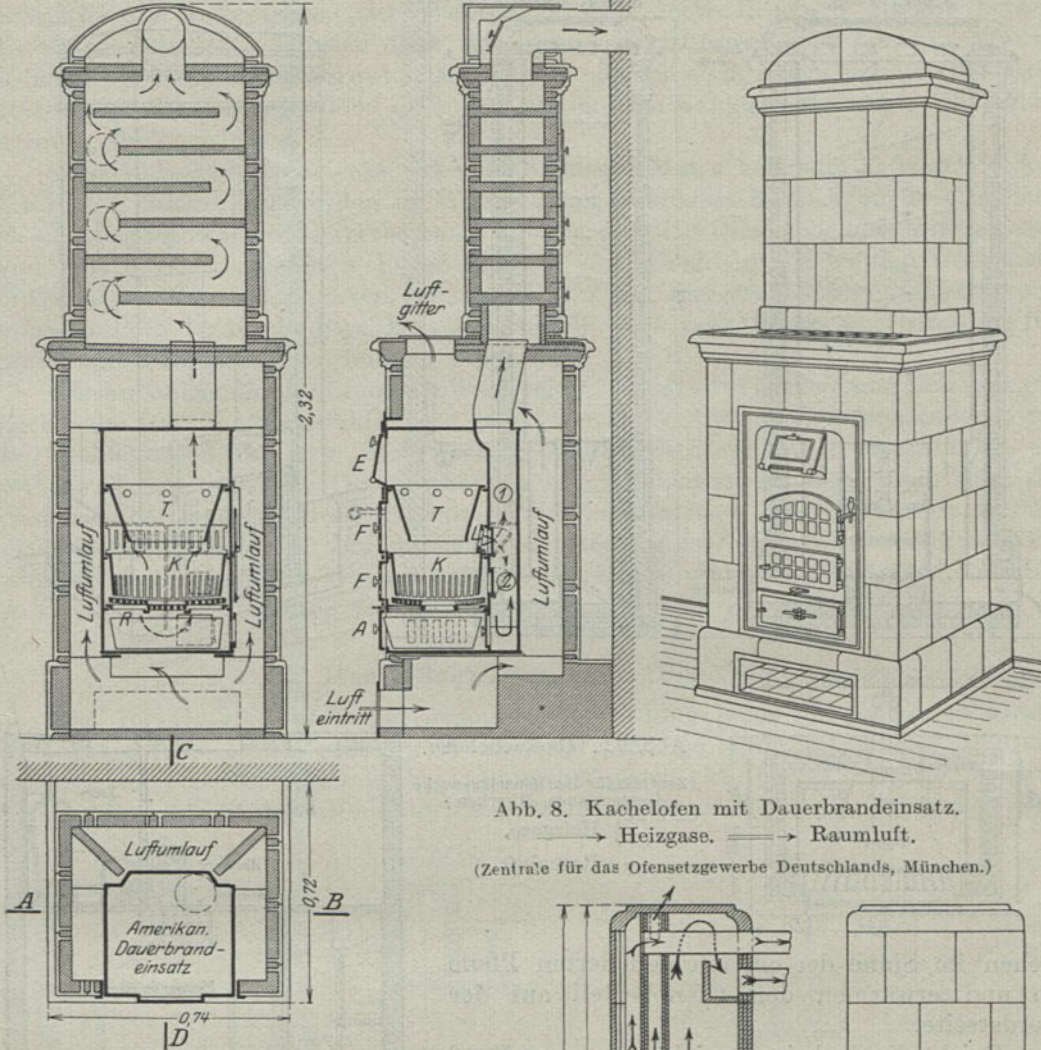


Abb. 8. Kachelofen mit Dauerbrandeinsatz.
→ Heizgase. → Raumluft.

(Zentrale für das Ofensetzerbe Deutschlands, München.)

teile, die sich überhitzen, meist nicht gereinigt werden und daher aus hygienischen Gründen bedenklich erscheinen. Die bei neueren Kachelöfen (ohne Einsatz) im Unterteil vorhandene und sehr wichtige starke Strahlungswirkung hochoerwärmter Kacheln ist hier wesentlich beeinträchtigt. Die Anwendung solcher Öfen ist auf Sonderfälle beschränkt.

ε) Gaskachelöfen. (Abb. 9a und 9b.)

Der Kachelofen ist auch für unmittelbare Gasfeuerung eingerichtet worden. Man erkennt aus Abb. 9a im Unterbau der Kachelofen-Vorderseite Glühkörper G aus feuerfesten Stoffen, die durch Gasheizung zur Weißglut (hohe Wärmestrahlung) gebracht werden. Die Rauchgase

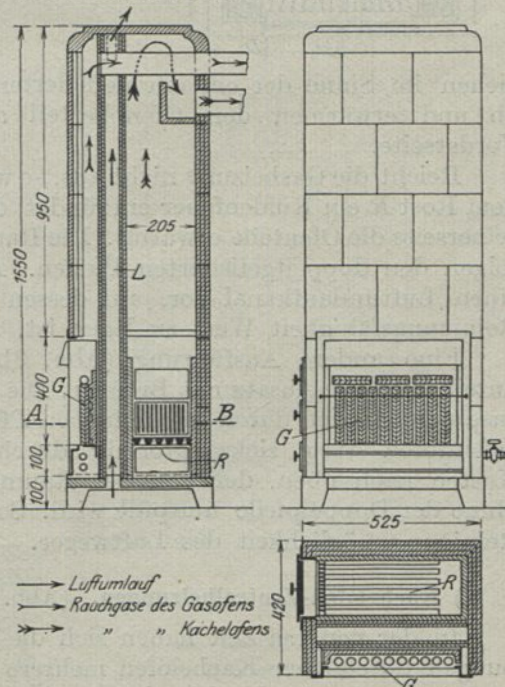


Abb. 9a. Gaskachelofen mit Kohlenfeuerung.
(Gasbetriebsgesellschaft Berlin.)

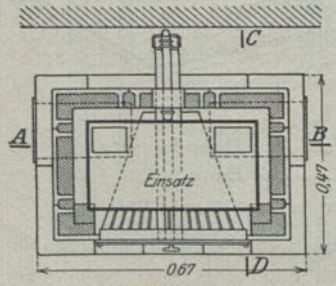
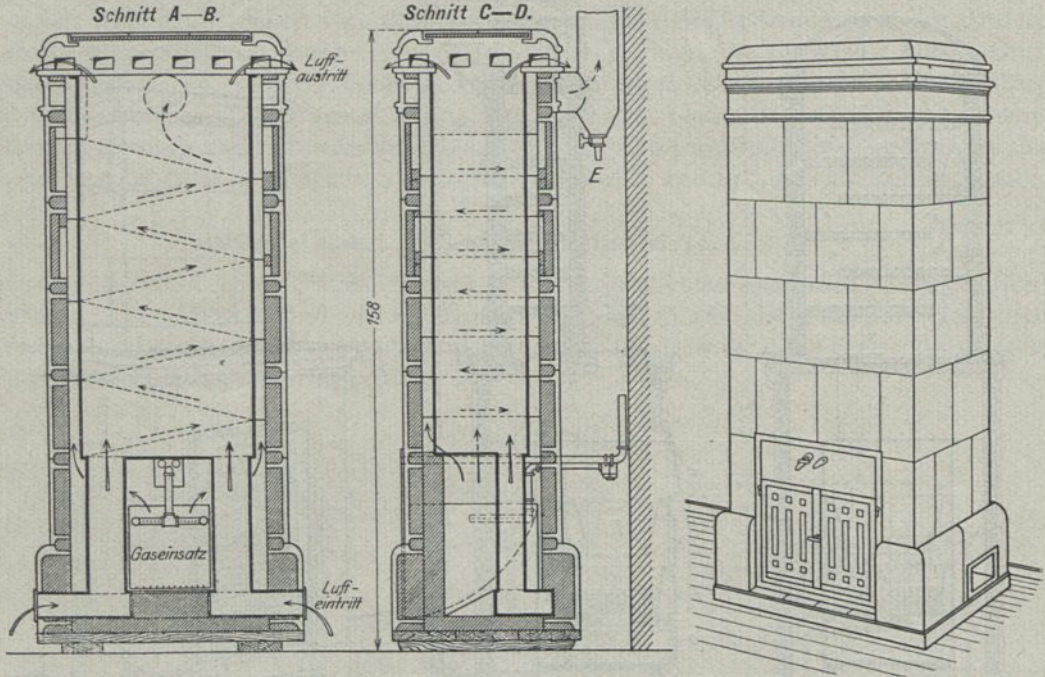


Abb. 9 b. Gaskachelofen.
(Zentrale für das Ofensetzgewerbe Deutschlands, München.)
 ————— } Heizgase,
 ————— } Raumluff.

ziehen im Sinne der einfach gefiederten Pfeile ab und erwärmen den Ofenobertheil auf der Vorderseite.

Reicht die Gasheizung nicht aus, so wird auf dem Rost *R* ein Kohlenfeuer entzündet, das nun seinerseits die Ofenteile erwärmt. Die Rauchgase folgen den doppelgefiederten Pfeilen. *L* stellt einen Luftumlaufkanal vor, auf dessen leichte Reinigungsfähigkeit Wert zu legen ist.

Eine andere Ausführung (Abb. 9 b) zeigt unten einen Gaseinsatz mit Brenner. Die Rauchgase nehmen den durch die einfachen Pfeile angedeuteten Weg zickzackförmig durch einen Kasten nach oben, der von der Raumluff im Sinne der Doppelpfeile umspült wird. Schlechte Reinigungsmöglichkeit des Luftweges.

§) Kachelofen-Zentralheizungen. (Abb. 10.)

In der neueren Zeit haben sich die Bestrebungen durch einen Kachelofen mehrere Räume zu heizen, oder den Kochherd in den Übergangs-

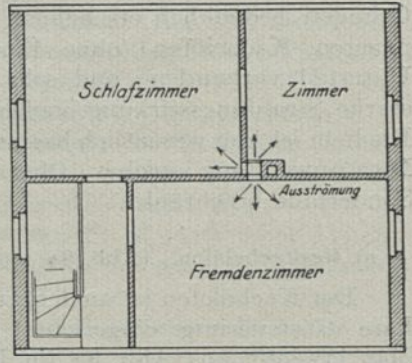
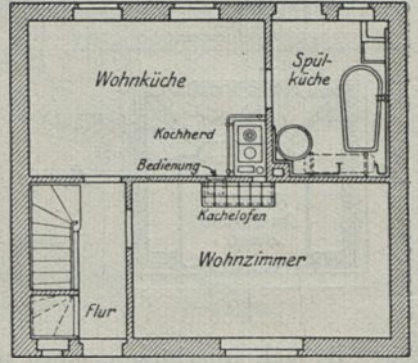


Abb. 10. Anordnung einer Kachelofen-zentralheizung.
(Drüner u. Nattenberg, Essen-Köln.)

zeiten für die Raumheizung der Wohnküche bzw. nebenliegender Räume heranzuziehen, verstärkt. Obwohl diese Ausführungen naturgemäß in Verbindung mit beliebigen, entsprechend gebauten Kachelöfen möglich sind, haben sich doch Sonderkonstruktionen herausgebildet, die unter bestimmten Namen auftreten, z. B. Drunaheizung, Owinheizung u. a.

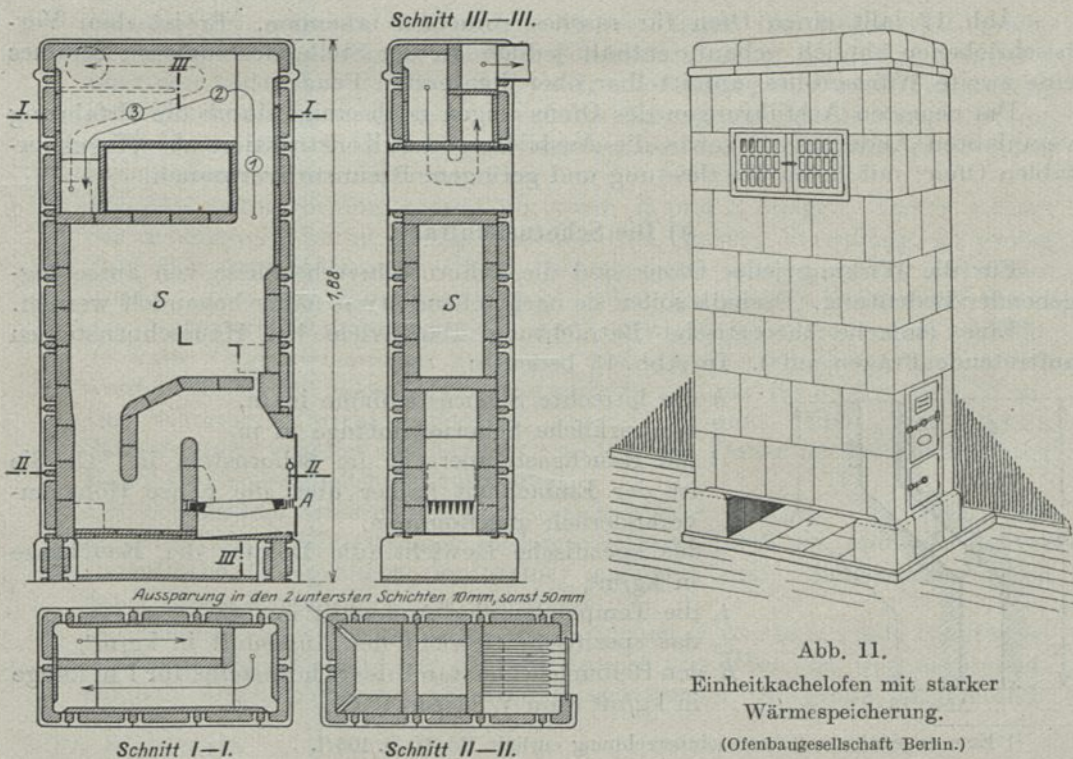
Abb. 10 zeigt beispielsweise eine solche Anlage. Man erkennt im Erdgeschoß den Kochherd, dessen Abgase den im Wohnzimmer stehenden Kachelofen durchziehen. Reicht dies bei tieferen Temperaturen nicht aus, so erhält der Kachelofen seine eigene, von der Küche bedienbare Feuerung. An den Kochherd, bzw. den Ofen sind Warmluftkanäle angeschlossen, welche in den im Obergeschoß liegenden Räumen münden. Mit der Koch- bzw. Heizanlage kann auch eine Warmwasserbereitung für Spül- und Badzwecke verbunden werden.

Die aufsteigenden Luftkanäle müssen mit Rücksicht auf hygienische Erwägungen leicht und gut reinigungsfähig sein, gegen welche Forderung meist verstoßen wird. Bei freiliegenden Häusern, die starkem Windanfall ausgesetzt sind, kann die erwähnte Luftheizung des Obergeschosses Schwierigkeiten machen, auch darf die Geräuschübertragung durch die vom Untergeschoß nach oben ziehenden Kanäle nicht übersehen werden. Bei manchen derartigen Ausführungen ist die Erfahrung gemacht worden, daß die Räume wohl an der Decke warm, in Fußbodenhöhe aber kalt sind, was als Nachteil zu bezeichnen ist.

η) Einheit-Kachelofen. (Abb. 11 und 12.)

Die Bauart, die auf Grund verschiedener Studien von mir entworfen wurde, ist z. B. in Abb. 11 als größerer Wohnzimmerofen mit starker Wärmespeicherung dargestellt. Die Rauchgase schlagen zunächst gegen eine Decke und stürzen dann abwärts, wodurch der Ofenunterteil kräftig erwärmt wird (Fußbodenheizung).

Biblioteka
Pol. Wrocl.



Hierauf strömen die Gase durch einen zuglosen Raum (*S*), umspülen eine Wärmeröhre und steigen in einem 3 fachen Zugsystem zum Schornstein.

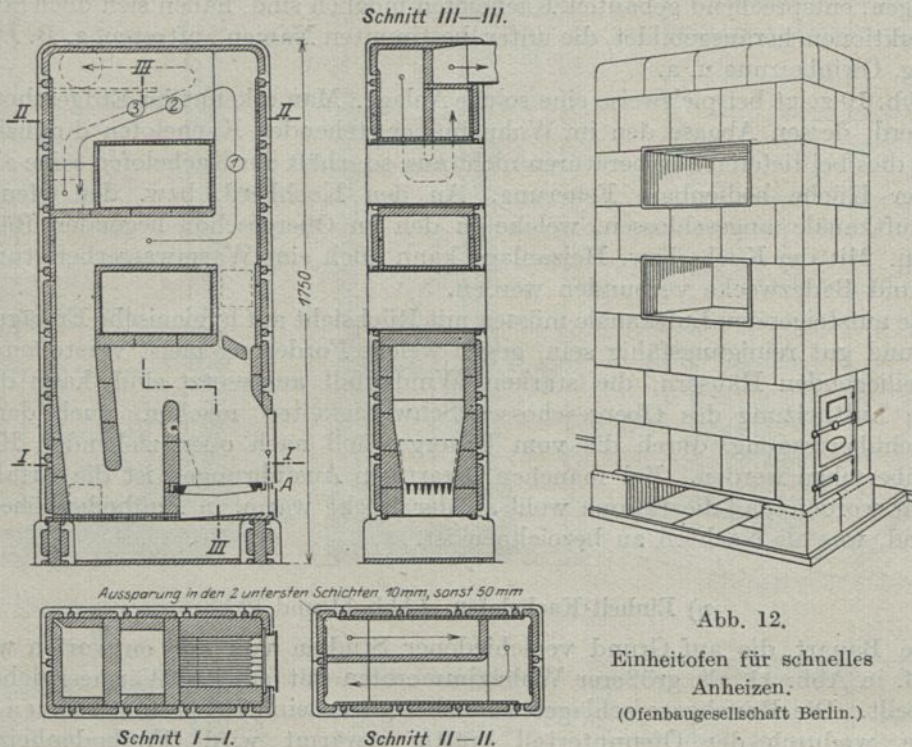


Abb. 12 läßt einen Ofen für rasches Anheizen erkennen. Er ist dem Vorbeschriebenen ähnlich gebaut, enthält jedoch an der Stelle des zuglosen Raumes eine zweite Wärmeröhre, unmittelbar über dem ersten Feuer.

Die neuesten Ausführungen des Ofens zeigen noch einige durch die Erfahrung veranlaßten Änderungen, sowie die Ausbildung der Konstruktion als „Transportablem Ofen“ mit hoher Heizleistung und geringem Brennstoffverbrauch.

e) Die Schornsteinfrage.

Für die Wirkung jedes Ofens sind die Schornsteinverhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung. Deshalb sollen sie nachstehend etwas näher behandelt werden.

Eine einfache theoretische Betrachtung klärt viele bei Hausschornsteinen auftretende Fragen auf¹⁾. In Abb. 13 bedeute:

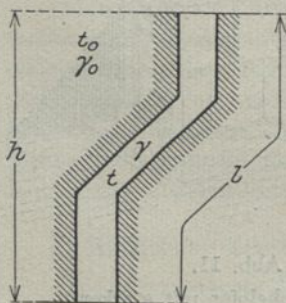


Abb. 13.

- h die lotrechte Schornsteinhöhe in m,
- l die wirkliche Schornsteinlänge in m,
- t die Rauchgastemperatur im Schornstein in $^{\circ}\text{C}$. Sie ist der Einfachheit halber über die ganze Höhe unveränderlich angenommen.
- γ das spezifische Gewicht (die Dichte) der Rauchgase in kg/m^3 ,
- t_0 die Temperatur der Außenluft in $^{\circ}\text{C}$,
- γ_0 das spezifische Gewicht der Außenluft in kg/m^3 ,
- R den Reibungswiderstand des Schornsteins für 1 m Länge in kg/m^2 (mm WS von 4°C),

¹⁾ Eine angenäherte Schornsteinberechnung enthält Bd. II, S. 103 ff.

Z die Einzelwiderstände im Schornstein in kg/m^2 (mm WS von 4°C). Dazu zählen: Richtungsänderungen, Querschnittsverengungen, Einmündung von Rauchzügen usw.,

R und Z wachsen außerordentlich, wenn die Geschwindigkeit der Rauchgase zunimmt. Sie steigen daher rasch bei abnehmendem Schornsteinquerschnitt und zunehmender Zahl der Ofenanschlüsse.

Soll der Schornstein „ziehen“, so muß die Gleichung bestehen:

$$H = h(\gamma_0 - \gamma) = \Sigma(lR + Z),$$

d. h. die Schornsteinkraft H muß gleich sein der Summe aller Reibungs- und Einzelwiderstände. Hieraus folgt:

1. Der Schornstein arbeitet um so besser, je höher er ist.
2. Der Schornstein wirkt am günstigsten, wenn γ_0 am größten ist, also im Winter. Bei warmer Außenluft zieht der Schornstein schlechter.
3. Die Schornsteinleistung steigt, wenn γ kleiner wird, also mit heißer werdenden Abgasen; daher Schornsteine nicht in Außenwände legen. Schornsteine im Dachgeschoß vor Wärmeabgabe schützen. Schornsteinverlängerungen „mauern“. Eiserner Verlängerungsrohre isolieren.
4. Jeder Ofen weist steigende und fallende Züge auf. Letztere arbeiten dem Schornsteinzug entgegen. Durch ihren Einfluß kann der Schornstein versagen. Bei Herden wird vielfach der störende Einfluß fallender Züge durch Umschaltklappen beim Anheizen ausgeschaltet.
5. Wird $\gamma > \gamma_0$, dann zieht der Schornstein nicht. Dies tritt z. B. im Sommer ein, wenn der Schornstein über Nacht stark auskühlt und die Sonne zeitig früh die den Schornstein umgebende Luft erwärmt. Man sagt: „die Sonne sitzt auf dem Schornstein“. Abhilfe: langsames und vorsichtiges Erwärmen des Schornsteins.
6. Steht Wind auf dem Schornsteinende, so kann die Gegenkraft größer werden als H . Auch dann zieht der Schornstein nicht. Abhilfe: Hochführen über den benachbarten First, Aufsetzen von Saugköpfen¹⁾ unter Vermeidung von Querschnittsverengungen. Liegt das Schornsteinende in einem „Druckwinkel“, so nützt kein Saugkopf, sondern nur das Hochführen des Schornsteins über den benachbarten First.
7. Die Schornsteinwirkung nimmt ab, wenn R und Z steigen. Daher versagt der Schornstein bei zu geringen Lichtweiten (starker Verrußung, zu großer Zahl der angeschlossenen Öfen). Schornsteine müssen richtig berechnet werden. „Schornsteinverlängerungen“ sollen den gleichen Querschnitt haben wie die betreffenden Schornsteine. Auch zu weite Schornsteine sind schlecht, da kalte Gegenströmungen auftreten. Im allgemeinen kann angenommen werden: für 2 Öfen lichte Schornsteinweite 20×20 cm, für 3 Öfen 20×27 cm.
8. Der Schornstein wirkt schlechter, wenn l zunimmt. Von gleich hohen Schornsteinen arbeitet der längere schlechter. Daher ist das „Ziehen“ der Rauchkanäle möglichst zu vermeiden.
9. Der Schornstein arbeitet um so besser, je kleiner R wird; d. h.: richtig bemessene Schornsteine können dadurch versagen, daß sie mit sehr rauher Innenfläche (Vorspringen der Steine) gemauert sind. Schornsteine sollen daher glatte Innenwandungen aufweisen.
10. Der Schornstein wirkt um so besser, je kleiner Z ist; d. h.: jede Richtungsänderung, das „Ziehen“ der Schornsteine ist von Übel. So weit als irgendmöglich sollen plötzliche Querschnittsänderungen, zu große Widerstände

¹⁾ S. Bd. I, S. 145.

- (Saugköpfe), und überhaupt alle Strömungshemmnisse vermieden werden. Besonderes Gewicht ist auf richtige Einführung der Ofenrohre in die Schornsteine zu legen.
11. Jede undichte Schornsteinstelle erhöht γ , verringert somit H und kann zum Versagen des Schornsteins führen. Solche Undichtheiten treten auf:
 - α) Durch Offenlassen oder schlechtes Schließen der am Schornsteinfuß angebrachten Reinigungsöffnung,
 - β) durch Offenlassen oder schlechtes Schließen anderer an demselben Schornstein angeschlossener und nicht betriebener Öfen. (Auflassen von Schütt-, Feuer-, Aschtüren),
 - γ) durch schadhafte Schornsteinwangen. Die undichten Wände können gegen den Raum oder gegen benachbarte Schornsteine bzw. Dunstrohre liegen. Aus diesen Gründen versagen oftmals Öfen, die im obersten Geschoß stehen und an tiefgezogene Schornsteine anschließen, während Siedlungsöfen, deren niedrige Schornsteine im gleichen Geschoß enden, meist gute Zugverhältnisse aufweisen.
 12. Es sollen in ein Rauchrohr im allgemeinen nicht mehr als 2 Öfen, unter besonders günstigen Umständen 3 Öfen eingeleitet werden. Gasöfen müssen ihre besonderen Abzugskanäle erhalten¹⁾.

D. Eiserne Öfen.

a) Allgemeines.

Eiserne Öfen sind gegenüber den Kachelöfen wie folgt zu beurteilen.

Vorzüge: Rasche Erwärmung der Räume, gute Regelfähigkeit im Betrieb, geringer Platzbedarf, einfachste Aufstellung.

Nachteile: Höhere Oberflächentemperatur und lästige Strahlungswirkung bei nicht genügender Regelfähigkeit und falscher Bauart; hygienisch ungünstig, wenn nicht emailliert; rascheres Erkalten der Räume nach Aufhören der Heizung. Mit den Kachelöfen haben die eisernen Öfen das Auftreten von Zugscheinungen am Fenster, die Nachteile der Brennstoff- und Ascheförderung, sowie die örtliche Bedienung gemein.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich das **Anwendungsgebiet** eiserner Öfen. Sie werden hauptsächlich für Räume benutzt, die schnelles Anheizen erfordern und im Betriebe stark schwankende Wärmebedürfnisse aufweisen, z. B. seltener benutzte Wohnungen, Schlafzimmer, Verkaufsläden, Gasthäuser, Versammlungsräume auf dem Lande usw. In Westdeutschland und auch anderen Gegenden werden eiserne Öfen vielfach als allgemeine Wohnungsheizung benutzt. Die Ursache hierfür liegt in der geschichtlichen Entwicklung der Wohnhausheizung in diesen Gegenden. Öfen, Herde und Badeanlagen gehören dort nicht zum Haus, sondern zur Wohnungseinrichtung und werden deshalb von den Mietern mitgebracht. Weiter kommt in Betracht, daß in den genannten Gebieten heimische Tonindustrien fehlen, während gerade dort die Eisenindustrie außerordentlich hoch entwickelt ist.

An gute eiserne Öfen sind nachstehende Forderungen zu stellen:

1. Vermeidung glühender Flächen. Dies wird z. B. durch Anwendung besonderer Roste erreicht, bei denen der Brennstoff an den eigentlichen Ofen-Heizflächen nicht anliegt. In anderen Fällen erhalten jene Ofenteile, die sehr heiß werden, eine Ausfütterung aus feuerfesten Stoffen.

¹⁾ S. a. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik für Kachelofensetzer, München 1919; Zwangsinnung für das Schornsteinfegerhandwerk Breslau, Der Schornsteinfeger und sein Berufswissen, Breslau 1913; Schweizerischer Technikerverband (Egli, Furrer, Lier), Die Kohlenoxydgefahren, Zürich 1920.

2. Rasche Wärmeabgabe. Die Ausfütterung darf daher nicht so stark sein, daß die schnelle Wärmeübertragung wesentlich behindert wird.

3. Dauernde Raumheizung ohne zeitraubende Bedienung des Ofens. Da eine derartige Heizwirkung nicht durch Wärmeaufspeicherung erfolgen kann, wird sie durch Aufspeicherung des Brennstoffes erzielt. Dadurch entstanden die Dauerbrand- oder Füllöfen. In Zeiten der Brennstoffnot bzw. hoher Brennstoffpreise kann das Durchheizen in der Nacht unter Umständen unwirtschaftlich sein.

4. Gute Regelung. Diese erfolgt sowohl durch Veränderung der zum Rost zutretenden Luft als auch durch Veränderung des Schornsteinzuges.

5. Leicht reinigbare Außenflächen. Die Öfen sollen jeder unnötigen Verzierung entbehren, soweit als irgend möglich glatt und emailliert sein.

6. Gleichmäßige Raumerwärmung. Sie wird oftmals dadurch zu erreichen versucht, daß zwischen oder um die erhitzten Ofenflächen Kanäle (Öfenmäntel) geschaffen werden, durch die die Raumluft strömt (Ventilationsöfen). Derartige Einrichtungen sind aber nur dann einwandfrei, wenn die Luftkanäle leicht und vollständig gereinigt werden können, eine Bedingung, die nur selten erfüllt wird. Abgesehen hiervon sind die Luftkanäle deshalb zu beanstanden, weil sie die wichtige Strahlungswirkung der Öfen beeinträchtigen und Decken- statt Fußbodenheizung herbeiführen.

7. Geschickte Ausnützung der Wärmestrahlung des Ofens.

b) Ausführungsformen.

a) Kanonenöfen und Abarten.

Der Eisenofen hat seine Entwicklung vom „Kanonenofen“ (Abb. 14) begonnen, der einen einfachen Zylinder mit unten liegender Feueinrichtung darstellt. Diese Ofenart ist zu verwerfen. Die Rauchgase werden nicht ausgenützt und ziehen mit hohen Temperaturen in den Schornstein, so daß mit dem Betrieb solcher Öfen eine große Brennstoffverschwendung verbunden ist.

Man versuchte dem Übelstand in verschiedener Weise abzuwehren. Meidinger wendete Rippenkästen *R* und einen darum liegenden Luftmantel *L* an (Abb. 15), Keidel benutzte innerhalb des Luftmantels glatte Innenflächen, ordnete Züge ein und fütterte späterhin die dem Feuer zunächst gelegenen Eisenteile mit Schamotte aus. In ähnlicher Weise entwickelten sich die Pfälzer Öfen, die Korischen Öfen (die einen besonderen Feuerkorb benutzen), die Demmeröfen usw., wobei damals schon das Bestreben auftrat, die Öfen als „Regulieröfen“ zu bauen. (Regelung der zum Rost strömenden Verbrennungsluft.)

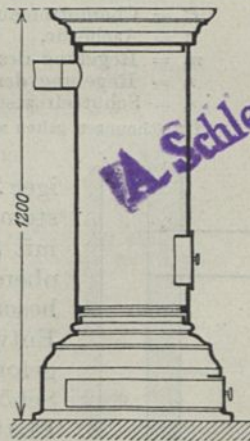


Abb. 14.
Kanonenofen.

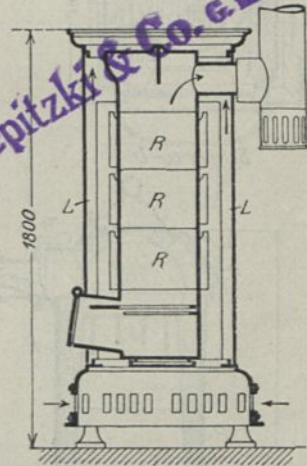


Abb. 15. Meidingerofen.
(Eisenwerk Kaiserslautern.)

β) Irische Öfen und Abarten.

Eine neue Entwicklungsrichtung trat ein, als etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts der Musgrave-Ofen als Dauerbrandofen auf den Markt kam. Er ist der Vorläufer der „Irischen Öfen“ geworden, von denen eine Entwicklungsform in

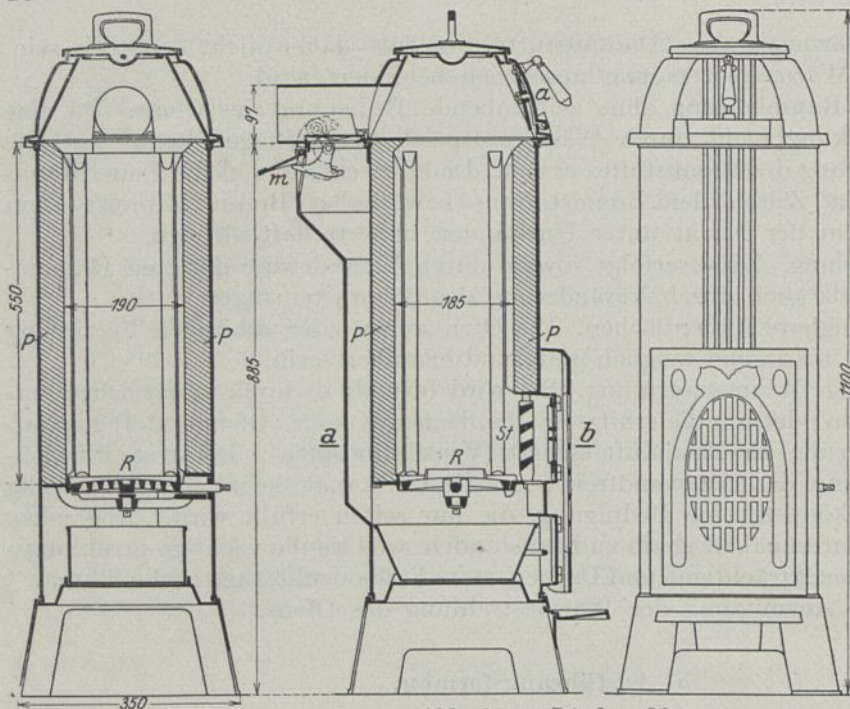
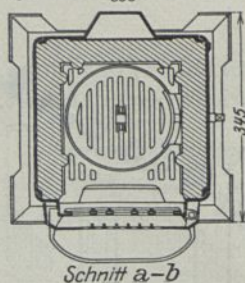


Abb. 16 a. Irischer Ofen.

(F. Küppersbusch & Söhne, Schalke i. W.)



Schnitt a-b

- R* = Schüttelrost,
St, st = Stehrast,
a = Fülltür,
b = Glimmertür,
P = Chamottemauerung,
c = Aschetür,
m = Regelung des Schornsteinzuges,
n = Regelung der Verbrennungsluft,
r = Schüttelroststange.

(Bezeichnungen gelten auch für Abb. 16 b.)

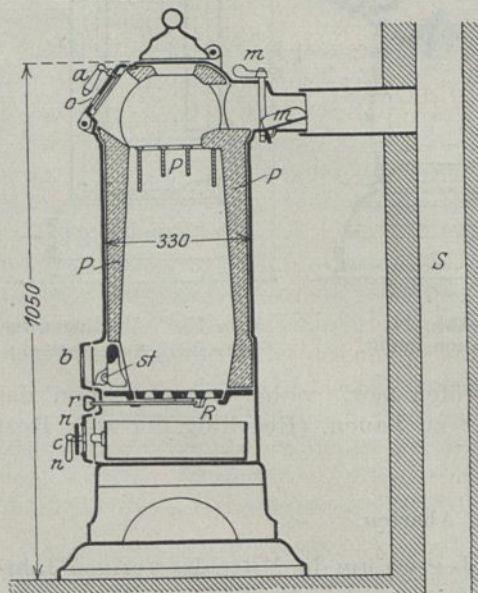
Abb. 16 b. Irischer Ofen.
(Vosswerke, Hannover-Sarstedt.)

Abb. 16 a, eine andere in Abb. 16 b dargestellt ist. In dieselbe Reihe gehören die irischen Bauarten der Burger Eisenwerke, der Carlshütte, der Harzer Werke, des Eisenwerkes Hirzenhain, des Hessen-Nassauischen Hüttenvereines usw.

Bemerkenswert ist bei allen diesen Bauarten die sorgfältige Ausgestaltung der Feuerungseinrichtung mit oft beweglichem Rost *R* (Schüttelrost), die Anwendung eines Stehrostes *St, (st)*, die Regelung der Verbrennungsluft *n*, die Drosselung der Rauchgase (mit etwa-

iger Zuführung von Nebenluft *m* zum Schornstein), die Ausmauerung des Füllschachtes mit Schamottesteinen *P* (Rillensteine), die obere Fülltür *a*, sowie meistens der Wegfall besonderer Züge. Die manchmal nach dem Entwurf bedeutender Künstler (Olbricht) geformten Öfen werden aus hygienischen und Schönheitsgründen emailliert oder auch mit Platten belegt. Als Brennstoff kann Torf, Braunkohle, Preßkohle, Steinkohle, Anthrazit und Koks verwendet werden.

γ) Amerikanische Öfen und Abarten.

Parallel mit dieser Entwicklungsrichtung ging eine andere, die durch den amerikanischen Dauerbrandofen von Perry (Crown Jewel) Abb. 17 etwa um das Jahr 1875 eingeleitet wurde. Diese Öfen sind für die Verwendung von Anthrazit (gutem Koks, Magerkohle) eingerichtet und weisen als Haupt-

merkmale auf: den Planrost *P*, einen verhältnismäßig großen Füllschacht *F*, einen Korbrost *K K*, aus dem die Feuergase zunächst nach unten ziehend (Sturzflamme *S*) die tiefsten Ofenteile und damit den Fußboden erwärmen und dann erst zum Schornstein abströmen. Zum Anheizen wird durch eine Klappe *L* die unmittelbare Verbindung zwischen Feuerraum und Schornstein hergestellt. Diese Ofenbauart ist in Deutschland weiter entwickelt worden und umfaßt den Lönholdt-Ofen (Eisenwerke Hirzenhain), sowie ähnliche Bauarten der Firmen Buderus-Hirzenhain, Junker & Ruh, Karlsruhe, Küppersbusch & Söhne, Gelsenkirchen-Schalke i. W., welche letztere Konstruktion aus Abb. 18 näher ersichtlich ist.

d) Der Cadé-Ofen.

Der aus Frankreich stammende Füllschachtofen zeichnet sich durch ein offen brennendes strahlendes Feuer aus,

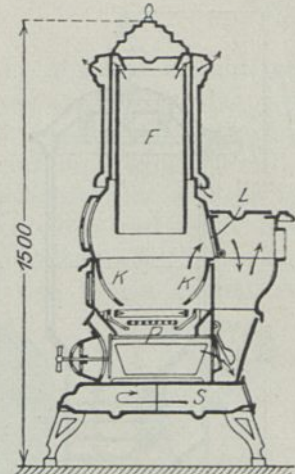


Abb. 17. Amerikanischer Dauerbrandofen.

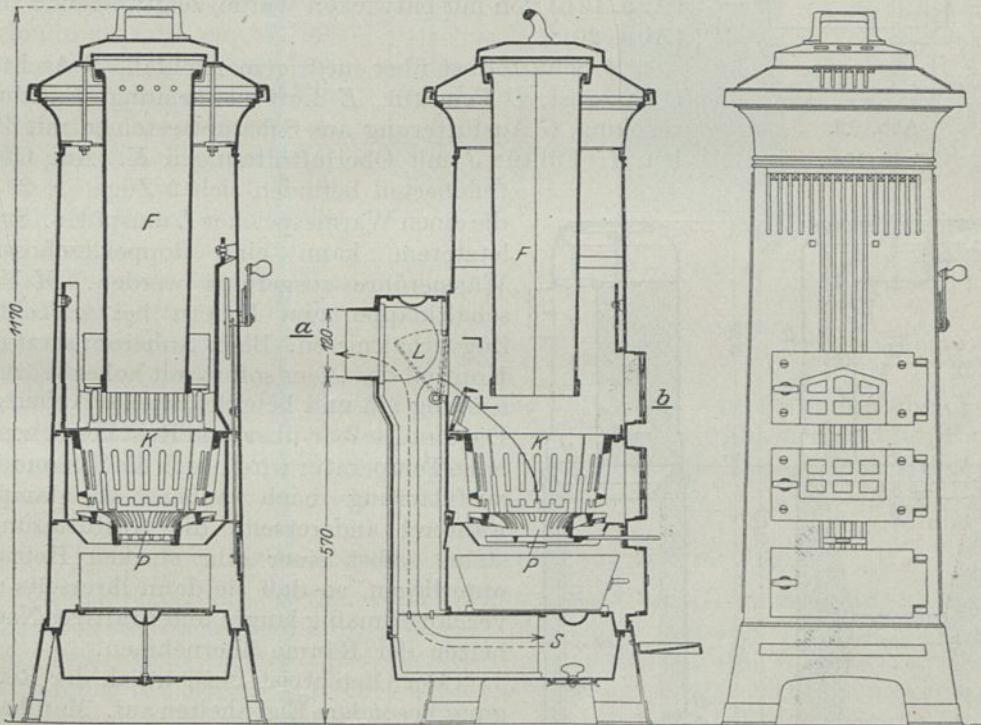


Abb. 18.

Amerikanischer Dauerbrenner.

(F. Küppersbusch & Söhne, Schalke i. W.)

- F* = Füllschacht,
- K* = Korbrost,
- P* = Schüttelrost,
- S* = Führung der Rauchgase im Sturzzug,
- L* = Kurzschlußklappe zum Anheizen.

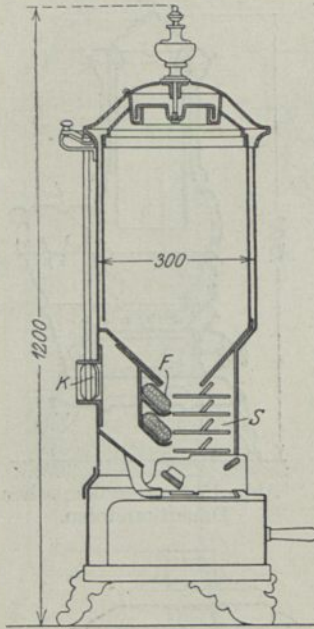


Abb. 19.
Cadé-Ofen.

wobei ein Vorsetzrost *S* das Herausfallen von Brennstoff verhindert (Abb. 19). Rückwärts liegende Schamottesteine *F* sollen die Verbrennung günstig beeinflussen. Die Regelung des Ofens erfolgt durch Drosselung (Klappe *K*), oder durch Einlassen von Nebenluft in den Schornstein. Als Brennstoff wird Anthrazit, allenfalls guter Koks verwendet, dessen Ausnutzung infolge des Fehlens der Züge nicht einwandfrei ist.

Öfters werden diese Öfen vor andere, z. B. schlecht arbeitende Kachelöfen gesetzt. Die baupolizeiliche Erlaubnis hierzu ist mehrfach an bestimmte Bedingungen (Einführung des Cadé-Abzugsrohrs in die Feuertür des Kachelofens, Beseitigung der Nebenluftregelung, Vorhandensein eines guten Schornsteinzugs usw.) geknüpft.

ε) Der Einheit-Eisenofen¹⁾.

Der Ofen, der ausgehend vom Germanenofen (Abb. 16b) von mir entwickelt wurde, zeigt folgende Teile (Abb. 20):

A Schüttelrost über niedrigem Aschfall, *B* Aschtür, *C* Stehrost, *D* Feuertür, *E* Luftvorwärmung, *F* Zuluftregelung, *G* Ausfütterung aus Schamottesteinen mit Rillen *H*, Fülltür *J* mit Oberluftöffnungen *K*. Am Ofenteiloberteil befinden sich 3 Züge (1, 2, 3), die einen Wärmespeicher *L* umspülen. Statt letzterem kann eine doppelgeschossige Wärmeröhre ausgeführt werden. *M* Umschaltklappe zum Feuern bei schlechten Zugverhältnissen. Beim Anheizen setzt der Kopfteil des Ofens sofort mit hoher Wärmeleistung ein und bewirkt rasches Anheizen. Die unmittelbar über dem Rost herrschende hohe Temperatur wird durch die Schamotteausfütterung nach außen abgedämpft, während andererseits die Ausfütterungssteine selbst einer sehr starken Heizung unterliegen, so daß sie dann ihrerseits ein verhältnismäßig langes und kräftiges Nachheizen der Räume übernehmen.

Der Ofen weist hinsichtlich der Reinigung besondere Eigenheiten auf. Man kann alle Züge nach Lösen der Ofendecke und Ausheben zweier Deckel vollkommen nach dem Aschfall durchkehren, so daß die Reinigung schnell und ohne Verschmutzung der Räume durchgeführt werden kann.

Als Brennstoff eignet sich: Holz, Torf, Braunkohle, Briketts, beliebige Kohle, Anthrazit und Koks, wobei letzterer, sowie Magerkohle vorzuziehen ist.

¹⁾ Bei der endgültigen Ausführung hat der Ofen noch einige Änderungen erfahren.

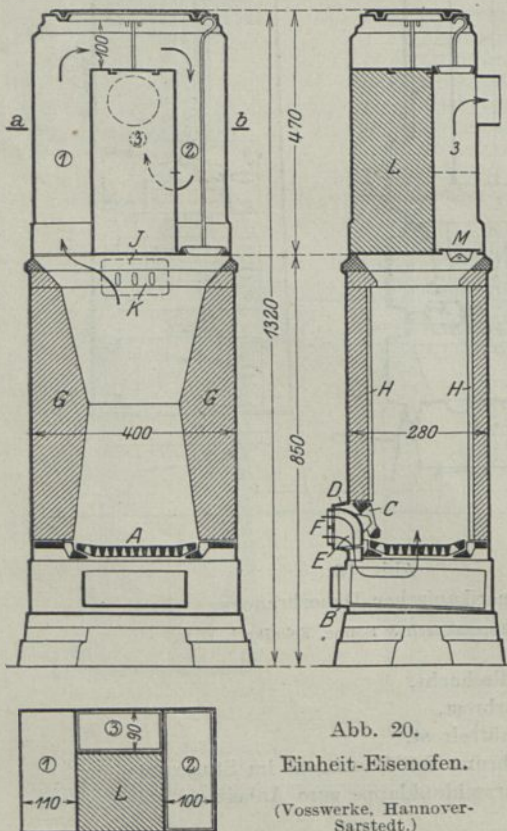


Abb. 20.
Einheit-Eisenofen.
(Vosswerke, Hannover-Sarstedt.)

ζ) Rauchgas-Öfen.

Bei einwandfrei gebauten Kachel- und Eisenöfen ziehen die Abgase mit richtigen Temperaturen in den Schornstein. Bei falsch gebauten Öfen weisen die Gase dagegen Temperaturen auf, die viel zu hoch sind und manchmal 500°C und mehr betragen.

Um in diesen Fällen sofort Abhilfe zu schaffen, bieten einzelne Firmen (Frank'sche Eisenwerke, Vosswerke, Kleiro-Werke usw.) Rauchgasheizkörper an, die in die Rauchrohrleitung eingeschaltet, wirksame Heizflächen darstellen und somit eine Brennstoffersparnis herbeiführen. Alle derartigen Bauarten müssen leicht zerlegbar, gut reinigungsfähig und so konstruiert sein, daß sie den Gasen keinen zu hohen Widerstand bieten. Abb.

21a zeigt den von den Kleirowerken, Karlsruhe i. B., in den Handel gebrachten Apparat, der die Rauchgase in mehrere Einzelröhren verteilt, die eine gute Wärmeleistung aufweisen und durch die Putzdeckel (in Verbindung mit einem hier nicht sichtbaren unteren Rußstutzen) zu reinigen sind. Eine Ausführung in Gußeisen der

Frank'schen Eisenwerke, Adolphshütte, ist in Abb. 21b dargestellt. Bei Anwendung solcher oder ähnlicher Einrichtungen müssen die etwa an den Öfen bzw. Rauchrohren befindlichen „Nebenlufteinlässe“ dicht abgeschlossen werden.

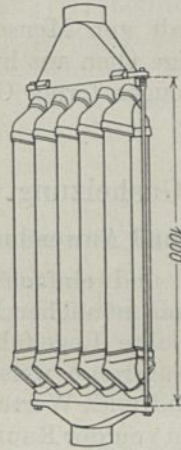


Abb. 21 a.

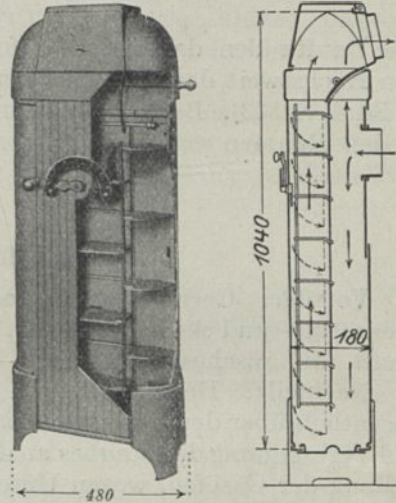
Kleiro-Werke,
Karlsruhe i. B.

Abb. 21 b.

Rauchgasheizkörper.

Frank'sche Eisenwerke
Adolphshütte, Niederscheid.

Die Rauchgasöfen können für jene Fälle vorteilhaft sein, bei denen vom Eisenofen zwei Räume geheizt werden sollen, wobei der zweite Raum dann den Rauchgasofen erhält. Für die Heizung eines Raumes müssen die Eisenöfen so konstruiert sein, daß sie einer solchen Zusatzheizfläche nicht bedürfen.

e) Untersuchung und Berechnung eiserner Öfen.

Die Untersuchung eiserner Öfen auf ihren Nutzwert (Wirkungsgrad) kann sinn gemäß wie bei Kachelöfen erfolgen (s. S. 8). Meist wird es, behufs Abgrenzung der einzelnen Beschickungen, zweckmäßig sein, den ganzen Ofen auf eine Wage zu setzen¹⁾. Die Bestimmung der jeweils verfeuerten Brennstoffmenge erfolgt dann genau wie bei der Untersuchung gußeiserner Gliederkessel (s. d.). Auch für eiserne Öfen wird das bei Kachelöfen angewandte Vergleichsverfahren eine immer wachsende Bedeutung erlangen.

Ist durch die Prüfung der Öfen ihre Wärmeleistung K , bezogen auf 1 qm Heizfläche, für gewöhnliche Verhältnisse bekannt und ist außerdem der Wärmeverlust W eines Raumes gegeben, so bestimmt sich die Ofenfläche F aus der Beziehung $F = \frac{W}{K}$.

Ähnlich wie bei Kachelöfen ist auch für eiserne Öfen eine derartige Berechnung nicht üblich, so daß die Ofengröße zurzeit nach dem zu erwärmenden Rauminhalt geschätzt wird (s. a. Bd. II, S. 25).

¹⁾ Brabbée, Beitrag zur Wärmewirtschaft im Haushalt. Verlag Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1920. — Brandstätter, Die Untersuchung eiserner Öfen. Dissertation, Berlin 1921. Erscheint demnächst als Mitt. der Versuchsanstalt. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1921.

E. Petroleum- und Spiritusöfen.

Diese Öfen kommen nur als Hilfsheizungen in Betracht. Sie können leicht fortgeschafft, einfach aufgestellt und in Betrieb gesetzt werden. Brennstoff- und Ascheförderung entfällt, bis auf das einmalige Füllen der Behälter. Günstig erscheint auch der geringe Platzbedarf. Die Öfen werden ohne Abzugsrohre benutzt und lassen daher alle Verbrennungsgase in den Raum.

Nach eigenen Beobachtungen betrug der Kohlensäuregehalt im Mittel:

nach 2 stündigem Betrieb	3 vT
„ 4 „ „	6 „
„ 6 „ „	8 „

Da für den dauernden Aufenthalt von Menschen 1,5 vT. Kohlensäuregehalt den Höchstwert darstellt, sind derartige Öfen aus hygienischen Gründen abzulehnen (s. Bd. I, S. 133). Beide Ofenarten erzeugen ferner Geruchsstoffe, die den Aufenthalt in den Räumen verleiden.

F. Gasheizung.

a) Beurteilung und Anwendungsgebiete.

Vorzüge: Geringe Anlagekosten und einfachste Ausführung. — Fortfall der Brennstoff- und Ascheförderung, daher reinlicher Betrieb. — Stete Betriebsbereitschaft und rasches Anheizen. — Leichte Regelfähigkeit.

Nachteile: Heizflächen und Abzugsrohre weisen öfters Temperaturen auf, die wesentlich über den hygienisch einwandfreien Werten liegen. — Trockene Destillation und Verbrennung des Staubes an diesen von der Raumluft umspülten Flächen. — Aufstellung der Gasöfen, wegen Unterbringung der Abgasrohre an Innenwänden, daher Zugerscheinungen an den Fenstern. — Keine nachhaltige Erwärmung. — Hohe Betriebskosten für Dauerheizung.

Anwendungsgebiete: Nach vorstehendem kommt die Gasheizung für Ausnahmefälle in Betracht, z. B. für städtische Baulichkeiten mit kurzer Betriebsdauer, wenn das Gaswerk städtisch ist und das Gas somit zum Selbstkostenpreis abgegeben werden kann. — Heizung kleinerer und auch größerer Räume, die nur selten, dann aber rasch erwärmt werden sollen (Wartehallen, Vorsäle usw.). — In Wohnhäusern mit Warmwasserheizung als Hilfsheizung für einige Zimmer bei Krankheitsfällen und in den Übergangszeiten. — Bei Kesselanlagen für Wohngebäude in Form gasgeheizter Warmwasser-Bereiter zur Aushilfe und für plötzlich eintretende kalte Tage, an denen die Wasserheizung noch nicht in Betrieb gesetzt werden soll. Im Anschluß an Kokeereien bzw. Hochöfen (Gichtgase), in denen das Gas als Nebenerzeugnis anfällt, als Gasfernheizung (Preßgas-Fernleitungen), die entweder mittelbar oder unmittelbar ausgeführt werden kann¹⁾.

b) Bauart der Gasöfen.

Der „Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern“ hat sich durch Ausgabe der „Anleitung zur richtigen Konstruktion, Aufstellung und Handhabung von Gasheizapparaten“²⁾ ein wesentliches Verdienst erworben. Das Nachstehende ist zum Teil dieser Arbeit entnommen.

Gasöfen sind an gut wirkende Abzugsvorrichtungen anzuschließen. Die Gasheizöfen sind derart zu bauen, daß selbst bei zeitweisem Versagen der Abzugsvorrichtung weder eine unvollständige Verbrennung der Gase noch ein Verlöschen der

¹⁾ Fr. Schäfer, Dessau: Restlose Kohlevergasung und Gasfernversorgung (Deutsche Allgemeine Zeitung vom 6. März 1921).

²⁾ Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin. 1908.

Flammen eintreten kann. Dazu dienen sogenannte „Zugunterbrechungen“, die bewirken, daß auch bei umgekehrtem Schornsteinzug (drückender Wind auf dem Schornsteinende) ein Auslöschen der Flammen nicht eintreten kann. Die Gasflammen dürfen die Außenflächen der Öfen nicht berühren. Die Brennröhre sind so anzuordnen, daß das Brennen der Flammen unmittelbar beobachtet werden kann. Fallende Züge sind in Gasöfen zu vermeiden, falls nicht vorgeschaltete steigende Züge ein sicheres Abführen der Rauchgase auch bei ungünstiger (höchster) Außentemperatur gewährleisten. Die Heizflächen sind so zu bemessen, daß die Rauchgase nicht unter ihren Taupunkt abkühlen, da sonst starke Wasserausscheidung auftritt. Diese kann in Verbindung mit den Säuren der Verbrennungsgase erhebliche Zerstörungen (z. B. auch an Marmor) herbeiführen. Bei gut ausgeführten und sachgemäß bedienten Gasöfen ist die Explosions- und Vergiftungsgefahr einerseits nicht zu überschätzen, andererseits aber dennoch nicht ausgeschlossen.

Die älteren Bauarten der Öfen nutzen entweder die strahlende Wärme der Flammen, oder die Lufterwärmung durch die Abgase aus. Die neueren Gasöfen suchen beide Wirkungen zu vereinen. Nachstehend sind einige der gebräuchlichen Öfen beschrieben.

a) Gasradiatoren. (Abb. 22a und b.)

Sie werden entweder aus Schmiede- oder Gußeisen hergestellt. Erstere Ausführung zeigt die Gasflammen am Fuße des Ofens, manchmal hinter Glimmerscheiben (Abb. 22 a). Die Rauchgase ziehen durch die ovalen Blechrohre hoch und münden in einen gemeinsamen Kopf, der Schornsteinanschluß erhält. Die Röhre (Radiatoren) sind

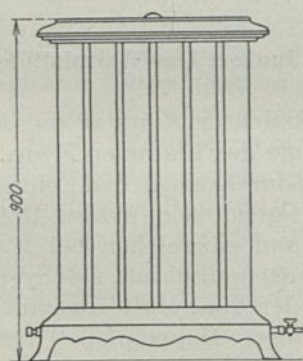


Abb. 22a. Gasradiator.
(Vosswerke, Hannover-Sarstedt.)

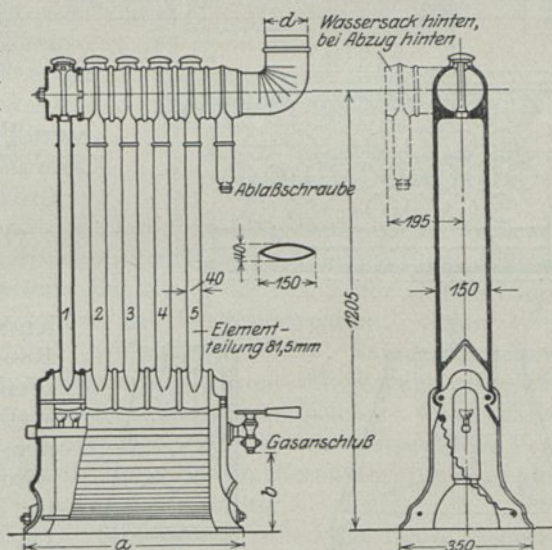


Abb. 22b. Gasradiator.
(Eisenwerk C. Meurer A.-G., Cossebaude bei Dresden.)

gegen die Gasaustrittsöffnungen so versetzt, daß auch bei umgekehrtem Schornsteinzug ein Auslöschen der Flammen unmöglich ist.

Eine ähnliche Ausführung (Prometheus-Heizöfen), jedoch in Gußeisen nach Art der Zentralheizungs-Radiatoren, zeigt Abb. 22 b. Die Flammen brennen unten vor einem Strahlungsblech, ziehen durch die linsenförmigen Elemente nach der oberen Kopfverbindung, die kurz vor dem Rauchrohranschluß einen Wassersack mit Ablaßschraube trägt.

β) Gasheizkamine. (Abb. 23.)

Ein Reflektor *R* nutzt zunächst die strahlende Wärme der Flammen aus. Die Rauchgase ziehen hoch, durchströmen im Sinn der „einfachen Pfeile“ den Kanal *K*,

umspülen ferner die Kanäle *L* und ziehen zum Schornstein ab. Durch *L* strömt im Sinne der „doppelten Pfeile“ die Raumluft, die durch den Ofenkopf ins Zimmer tritt.

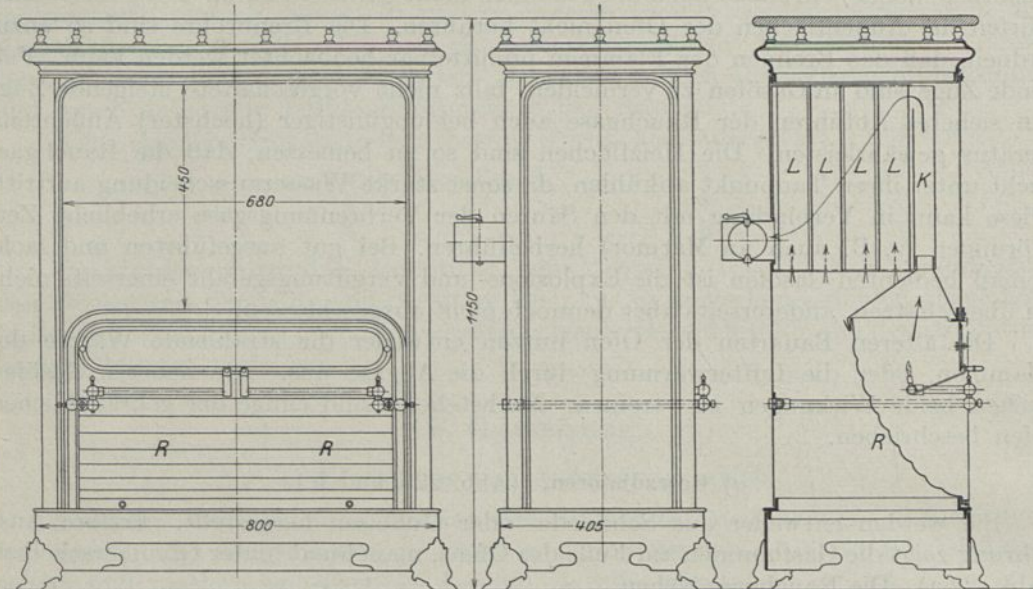
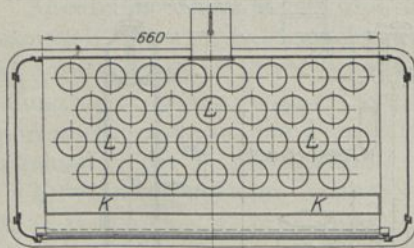


Abb. 23. Gasheizkamin.
(Zentralwerkstatt, Dessau.)

→ Heizgase, *R* = Strahlungsblech,
→ Raumluft, *K* = Steigender Zug,
 L = Heizröhren.



γ) Prof. Junkers Gas-Warmluftöfen.
(Abb. 24.)

Ein Reflektor *R* nutzt die strahlende Wärme der Flammen *F* aus. Die Rauchgase durchziehen, den „einfachen Pfeilen“ folgend, ein ovales Röhrensystem *S* und entweichen bei *A* nach dem Schornsteinanschluß. Das System *S* wird von der Raumluft umspült, die im Sinne der „Doppelpfeile“ strömt. Die Öfen sind mit „Zugunterbrechung“ versehen, so daß eine gesundheitschädliche Verschlechterung der Zimmerluft verhütet ist. *M* Gasanschlußstutzen.

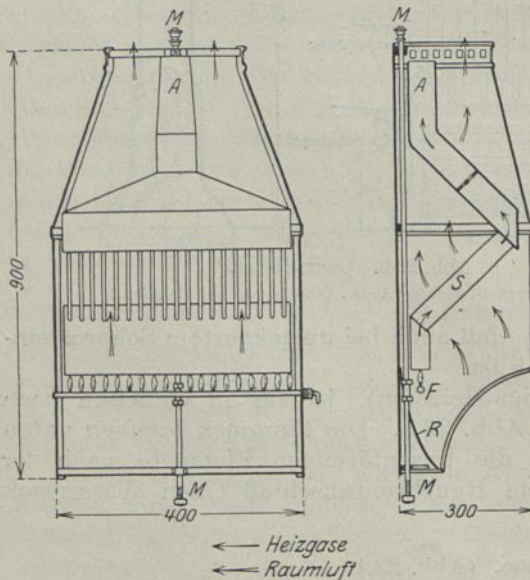


Abb. 24. Gas-Warmluftofen.
(Junkers & Co., Dessau.)

← Heizgase
← Raumluft

d) Glühkörper-Gaseinsätze.
(Abb. 25.)

Die im Unterbau sitzenden Glühkörper *G* werden durch Gasheizung zur Weißglut gebracht und wirken hauptsächlich durch Strahlung (Strahlungsfläche *S* aus Schamotte). Die Rauchgase ziehen hierauf durch den radiatorartigen Blechkörper, der ihre Wärme weiter aus-

nutzt. Beim Anheizen sind die Gruppen I und II in Tätigkeit, im Dauerbetrieb arbeitet in der Regel nur die Gruppe I.

ε) Gaskachelofen.

(S. Abb. 9a u. b, Bd. I, S. 11/12.)

ζ) Gas-Zentralheizkörper.

(S. Abb. 104, Bd. I, S. 59.)

c) Abzugsrohre und Schornsteinfrage.

Wie erwähnt, sollen alle Gasöfen Abzugsrohre erhalten. Eine Ausnahme ist nur für ganz kleine Öfen, die in Nebenräumen stehen, zulässig. Die Abzugsrohre und die Schornsteine müssen so gelegt werden, daß sie auch unter ungünstigsten Bedingungen (hohe Außentemperaturen) sicher arbeiten. Daher sollen diese Leitungen niemals in Außenwänden, sondern in Zwischen- oder Innenwänden angeordnet werden. Damit ist allerdings auch die vorteilhafte Aufstellung der Öfen unter den Fenstern meist ausgeschlossen. Infolge der etwa möglichen Wasserausscheidung der Abgase sollen die Abzugsrohre aus innen glasierten Tonrohren bestehen. Aus dem gleichen Grunde dürfen die Rohre nicht im Dachgeschoß ausmünden, da sonst das Gebälk zerstört wird.

Bei Fehlen geregelter Abzugsrohre werden Gasöfen öfters an die Hauskamine angeschlossen. Dies kann zu großen Übelständen führen. Wie erwähnt, müssen alle Gasöfen „Zugunterbrechungen“ erhalten. Bei Nichtbenutzung der Öfen strömt nun durch diese „Unterbrechungen“ Kaltluft in den Schornstein. Seine Wirkung wird dadurch wesentlich geschwächt. Auf diese Weise kann der Anschluß eines Gasofens an Hausschornsteine, namentlich wenn sie schon stark belastet sind, ein Versagen der an den Schornstein angeschlossenen Kachel- bzw. Eisenöfen herbeiführen. Andererseits ist nicht zu übersehen, daß bei unvollkommener Verbrennung in letzteren Öfen Kohlenoxyd durch die „Zugunterbrechung“ der am gleichen Kamin hängenden Gasöfen in die Räume eintreten kann.

Aus diesen Gründen ist zu fordern, daß Gasöfen unbedingt ihren gesonderten, entsprechend ausgeführten Rauchabzug erhalten müssen. Nach der oben erwähnten „Anleitung“ sollen die Querschnitte der Abzugsrohre für Gasöfen betragen:

Stündlicher Gasverbrauch in cbm	Lichte Weite des Gasrohres mm	Lichte Weite des Abzugsrohres mm
0,2	10	50
0,6	12	60
1,2	16	80
2,0	19	90
3,8	25	120
7,5	32	150
12,0	38	170
27,0	51	220

d) Berechnung der Gasöfen. (S. Bd. II, S. 25.)

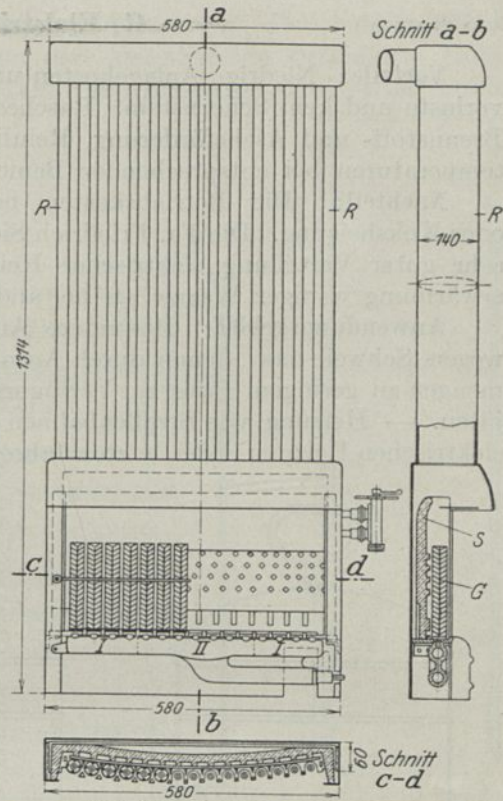


Abb. 25. Glühkörper-Gaseinsätze.
(Gasbetriebsgesellschaft, Berlin.)

G. Elektrische Heizung.

Vorteile: Niedrige Anlagekosten und einfachste Ausführung. Keine Abwärmeverluste und kein Schornstein. Rasches Anheizen und gute Regelung. Wegfall der Brennstoff- und Ascheförderung, Reinlichkeit des Betriebes. Geringe Oberflächentemperaturen bei entsprechender Bemessung der Heizflächen.

Nachteil: Die Betriebskosten betragen ein Vielfaches der Gas-, Kohlen- oder Koksheizung. Die Fa. Friedrich Siemens, Dresden, führt glaubhaft an, daß bei sehr guter Verteilung elektrischer Heizkörper im Raum zur genügenden Raumwärmerzeugung weniger Wärme als bei anderen Heizarten gebraucht wird.

Anwendungsgebiet: Besondere Ausnahmefälle: z. B. Fremdenhäuser in Norwegen, Schweiz usw., denen durch Ausnutzung der Wasserkräfte große Elektrizitätsmengen zu geringem Preis zur Verfügung stehen. — Schiffsheizung in einzelnen Kabinen. — Heizung von Straßenbahnen usw. Zweifelsohne sind auf dem Gebiet der elektrischen Heizung in den letzten Jahren sehr wesentliche Fortschritte erzielt worden.

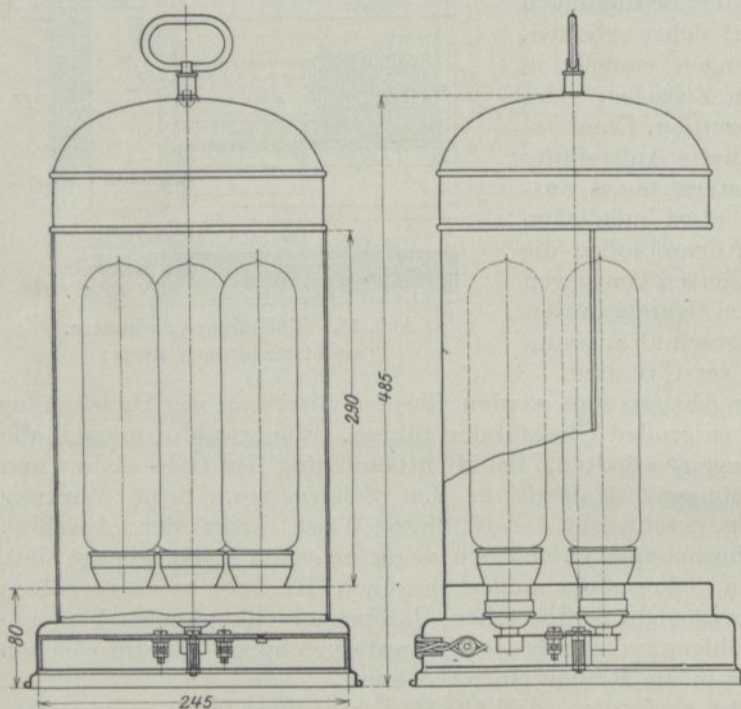


Abb. 26. Lampenofen.
(Siemens-Schuckert-Werke, Berlin.)

denen je nach der Stöpselung eine oder mehrere benutzt werden können. Wie bei jedem Heizkörper wird auch hier durch Vorsetzen des perforierten Bleches die Wärmeabgabe wesentlich beeinträchtigt. Letzteres ist bei dem Plattenheizkörper Abb. 28 nicht der Fall, da hier die Heizplatten, ohne Verkleidung, ungehindert in den Raum strahlen. Derartige Widerstandsöfen werden zu den verschiedensten Zwecken — elektrische Heizkissen, Fußwärmer, medizinische Technik usw. — gebraucht.

γ) Mittelbarer elektrischer Ofen. (Abb. 29.)

Von der Firma Friedrich Siemens, Dresden, wird der in Abb. 29 dargestellte Radiophor in den Handel gebracht. Der Heizkörper besteht aus einzelnen, zu einem

a) Ausführungsformen.

α) Lampenöfen.

(Abb. 26.)

Der Heizkörper ist unmittelbar aus der Zeichnung zu erkennen. Es wäre nur zu bemerken, daß selbstverständlich Kohlefaden- und nicht Metallfadenslampen verwendet werden müssen.

β) Widerstandsöfen.

(Abb. 27, 28.)

Der Widerstand ist entweder in Form von Drähten oder Platten angeordnet. Ersteren Fall zeigt Abb. 27, in welchem (hinter einer perforierten Verkleidung) 3 Widerstandsspulen angeordnet erscheinen, von

Ganzen zusammengesetzten doppelhohlelliptischen Elementen. Der innerste Hohlraum dient zum Luftumlauf. Der zwischen den Metallflächen befindliche Hohlkörper nimmt unten das Widerstandsband W auf, das vom elektrischen Strom durch-

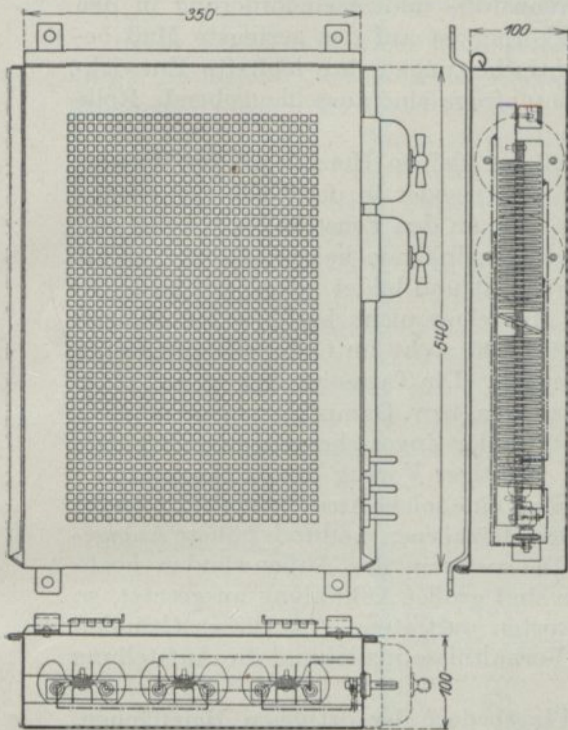


Abb. 27.
Widerstandsofen.
(Prometheus, Frankfurt a. M.)

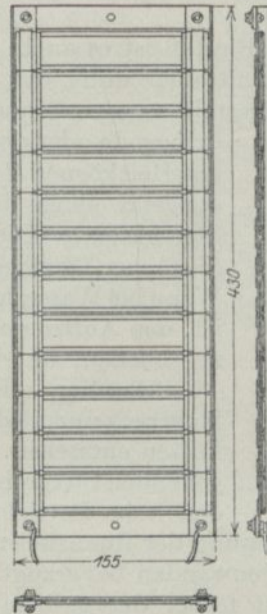


Abb. 28.
Elektrischer Plattenheizkörper.
(Prometheus, Frankfurt a. M.)

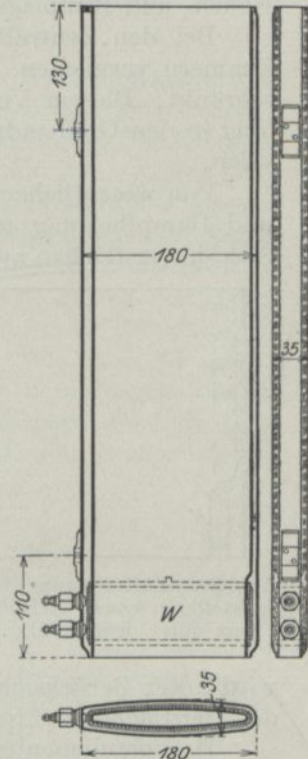


Abb. 29.
Radiophor.
(Friedrich Siemens, Dresden.)

strömt wird und eine Füllflüssigkeit heizt. Bei neueren Ausführungen wird auf die Füllflüssigkeit verzichtet.

Berechnung der Öfen: Ist die dem elektrischen Heizkörper zugehörige Spannung und Stromstärke bekannt, so läßt sich daraus seine Wärmeabgabe einfach errechnen (s. Bd. II, S. 25).

3. Abschnitt.

Zentralheizungen.

Allgemeines.

Unter Zentralheizungen (Sammelheizungen)¹⁾ versteht man die Warmwasser-, Dampf- und Luftheizung. In allen 3 Fällen wird die für die Beheizung vieler Räume nötige Wärmemenge an einem Ort (Zentrale) erzeugt und durch das Heizmittel (Wasser, Dampf, Luft) in die einzelnen Räume getragen.

Hieraus ergeben sich für alle 3 Heizarten nachstehende gemeinsame Vorteile:

Die Erzeugung der Wärme erfolgt in entsprechend eingerichteten Kesselanlagen, so daß die Feuerbedienung auf eine einzige Stelle beschränkt ist. In den Kesseln

¹⁾ S. Fußnote Bd. I, S. 3.

wird hauptsächlich Koks verbrannt, wodurch eine rauch- und rußlose Verbrennung erreicht wird. Dieser Umstand ist besonders beachtenswert, da festgestellt wurde, daß in zahlreichen Großstädten gerade die Hausfeuerungen die Hauptschuld an der Rauch- und Rußplage tragen.

Bei den Zentralheizungen wird jede Brennstoff- und Ascheförderung in den Zimmern vermieden, die Bedienung der Heizkörper ist auf das geringste Maß beschränkt. Diesem Vorzug verdanken die Zentralheizungen ihre lebhaft entwickelte Entwicklung in den Großstädten, da dort die Dienstbotenfrage eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Von wesentlichem Einfluß ist es auch, daß die kleinen Heizkörper, der Wasser- und Dampfheizung unmittelbar unter den Fenstern oder in der Nähe der großen Abkühlungsflächen aufgestellt werden können. Die an den Fenstern F (Abb. 30) ein-

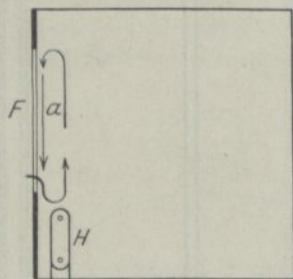


Abb. 30. Luftströmung bei Aufstellung eines Heizkörpers unter dem Fenster.

dringende oder dort niedersinkende kalte Luft wird sofort am Heizkörper H erwärmt und bildet, gleich wieder hochsteigend, einen die Menschen nicht berührenden kleinen Stromkreis a . Die Abb. 30 steht im Gegensatz zu Abb. 4 (S. 6) bei Ofenheizungen. Die Tatsache, daß es auf diese Weise bei Wasserheizungen (bzw. Dampfheizungen) möglich ist, das Auftreten störender Zugserscheinungen sicher auszuschließen, ist ein wichtiger Vorzug dieser Heizarten.

Allerdings erfordert eine solche Ausführung ein längeres Rohrnetz und niedrige Heizkörper, wodurch höhere Anlagekosten entstehen. Die meist in den Außenwänden hochgehenden Steigrohre sind großer Abkühlung ausgesetzt, so daß hohe Betriebskosten auftreten. Aus diesen Gründen

wird unter Berücksichtigung der finanziellen Verhältnisse manchmal die Aufstellung der Heizflächen an Innenwänden bevorzugt.

Hervorzuheben ist ferner der geringe Platzbedarf der örtlichen Heizflächen, sowie der Ausschluß der Feuersgefahr. Angenehm empfunden wird die Möglichkeit Treppen, Vorräume, Badezimmer usw. mit Heizung versehen zu können. Schließlich muß erwähnt werden, daß es leicht ist, mit Zentralheizungen kräftige Lüftungsanlagen zu verbinden.

Naturgemäß bedingen alle diese Vorzüge die Aufwendung entsprechender Anlagemittel. Nichts ist verfehlter als falsches Sparen bei Schaffung derartiger Einrichtungen. Zentralheizungen sind auch heute noch in vieler Hinsicht Vertrauenssache, und die Vergebung der Anlagen an den billigsten Anbietenden hat sich schon oft schwer gerächt.

Als Ausführungsformen der Zentralheizungen kommen in Betracht:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| I. Niederdruck-Warmwasserheizungen. | V. Niederdruck-Dampfheizungen. |
| II. Mitteldruck-Warmwasserheizungen. | VI. Mischheizungen |
| III. Heißwasserheizungen. | VII. Luftheizungen. |
| IV. Hochdruck-Dampfheizungen. | VIII. Fernheizungen. |

I. Niederdruck-Warmwasserheizungen.

Niederdruck-Warmwasserheizungen sind solche, die auch bei tiefsten Außentemperaturen mit Wassertemperaturen unter 100°C arbeiten. Äußerlich erscheinen sie dadurch gekennzeichnet, daß der Wasserinhalt der Anlage mit der Atmosphäre in freier Verbindung steht. Zu dieser Heizart zählen folgende Ausführungen:

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| A. Schwerkraftsheizung. | D. Stockwerksheizung. |
| B. Schnellumlaufheizung. | E. Pumpenheizung. |
| C. Gewächshausheizung. | |

A. Schwerkraftsheizungen (Auftriebsheizungen).

1. Allgemeines.

a) Zweirohrsystem, obere Verteilung. (Abb. 31.)

Vom Kessel *K* wird das heiße Wasser durch den Steigstrang *S* zur Vorlaufverteilung *V* geführt, an die das Ausdehnungsgefäß *A* anschließt. Dieses nimmt jene Wassermenge auf, die bei der Erwärmung der Anlage infolge der Ausdehnung des Wassers in Erscheinung tritt. Durch *A* ist die freie Verbindung mit der Atmosphäre hergestellt. Würde die Wassertemperatur in *A* 100° C betragen, so müßte das Wasser kochen. Im gewöhnlichen Betrieb der Niederdruck-Warmwasserheizungen wird dieser Grenzwert nicht erreicht; im Gegenteil werden wesentlich niedrigere Temperaturen benutzt¹⁾. Von *V* gelangt das heiße Wasser in die Fallstränge *F*, die zu den Heizkörpern *H* führen. Aus ihnen strömt das abgekühlte Wasser durch die Rückläufe *R* zum gemeinsamen Rücklauf *G* und aus diesem zum Kessel. Wie Abb. 31 zeigt, müssen alle Leitungen, vom tiefsten Punkt beginnend, gegen *A* ansteigen, damit beim Füllen des Systems aus Kessel, Rohrleitung und Heizkörpern die Luft entweichen kann. Jeder Heizflächengruppe sind 2 Rohrstränge *F* und *R* zugeordnet, daher der Name Zweirohrsystem.

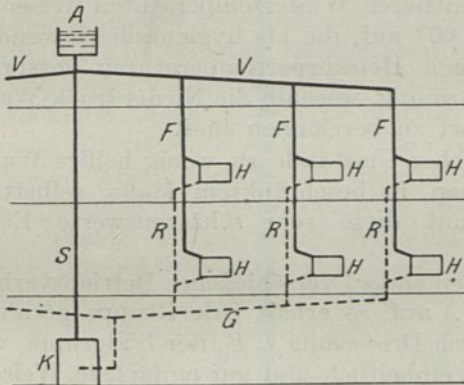


Abb. 31. Zweirohrsystem, obere Verteilung.

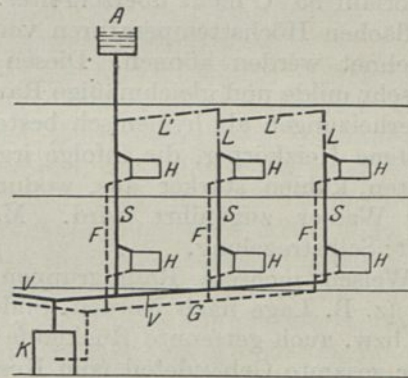


Abb. 32. Zweirohrsystem, untere Verteilung.

b) Zweirohrsystem, untere Verteilung. (Abb. 32.)

Die Anordnung ist sinngemäß dieselbe wie in Abb. 31. Nur erfolgt die Wasser- und Luftverteilung durch die Vorlaufleitungen *V* „unten“ im Keller. Von *V* steigt das heiße Wasser durch die Steigstränge *S* hoch, tritt aus den Heizkörpern *H* abgekühlt in die Fallstränge *F*, kommt aus ihnen in die gemeinsame Rückleitung *G* und von dort in den Kessel. Auch hier sind alle Leitungen einschl. der Luftleitungen *L* mit Steigung gegen *A* verlegt. Eine Ausnahme bilden die verbindenden Luftleitungen *L'*, die in beheizten Räumen mit Gegenfalle, im unbeheizten Dachgeschoß wasserleer oberhalb des Ausdehnungsgefäßes *A* verlegt werden.

c) Einrohrsystem. (Abb. 33.)

Das heiße Wasser gelangt vom Kessel durch den Steigstrang *S* zu den Vorlaufverteilungen *V* und strömt von dort durch die Fallstränge *F* zu den Heiz-

¹⁾ Früher rechnete man mit einer Höchsttemperatur von 90° C, jetzt wird meist als Grenze 95° zugelassen.

körpern H . Das in diesen abgekühlte Wasser tritt in dieselben Stränge F wieder zurück, strömt von dort zum gemeinsamen Rücklauf G und von da zum Kessel. Hier ist jeder Heizflächengruppe nur ein Strang F zugeteilt, daher der Name: Einrohrsystem.

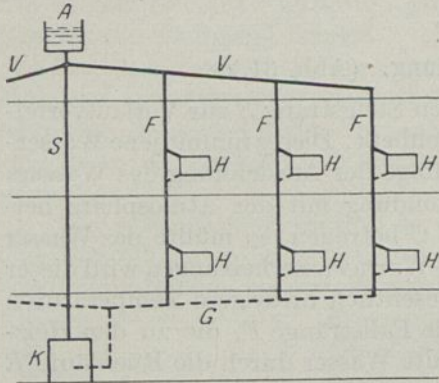


Abb. 33. Einrohrsystem.

2. Gemeinsame Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiete.

Die Auftriebsheizungen arbeiten nur durch Schwerkraftswirkung, indem das abgekühlte (schwere) Fallstrangwasser das heiße (leichtere) Steigstrangwasser hochdrückt. Die Anlagen sind daher unbedingt betriebssicher. Die Wassertemperatur des Vorlaufes läßt sich durch Beeinflussung der Kesselleistung in einfacher Weise verändern. Dadurch ist die Möglichkeit geschaffen, die Wärmeabgabe sämtlicher Raum-

heizflächen durch Regelung von einer Stelle der jeweils herrschenden Außentemperatur anzupassen (generelle Regelung). Einwandfrei ausgeführte Anlagen sind so beschaffen, daß auch bei tiefster Außentemperatur die Wassertemperatur im Vorlauf 95°C nicht überschreitet. Bei mittleren Wintertemperaturen weisen die Heizflächen Höchsttemperaturen von etwa 60° auf, die als hygienisch einwandfrei bezeichnet werden können. Diesen niedrigen Heizkörpertemperaturen entspricht eine sehr milde und gleichmäßige Raumerwärmung, weshalb die Niederdruck-Warmwasserheizungen als hygienisch beste Heizart zu bezeichnen sind.

Jene Heizkörper, die infolge irgendwelcher Umstände zu wenig heißes Wasser erhalten, kühlen stärker aus, wodurch ihnen, in beschränktem Maße, selbsttätig mehr Wasser zugeführt wird. Man nennt diese sehr schätzenswerte Eigenschaft: Selbstregelung.

Weisen mehrere Raumgruppen untereinander verschiedene Betriebsverhältnisse (z. B. Lage nach Norden, Süden usw.) auf, so erhält jede Gruppe getrennte Vor- bzw. auch getrennte Rückläufe¹⁾. Durch Drosselung z. B. der Südgruppe wird dieser gesamte Gebäudeteil vom Kessel aus einheitlich und auf einfachste Weise in seiner Erwärmung geregelt.

Die durch die Rauminsassen vorzunehmende örtliche Regelung der Heizkörper erfolgt unter geringstem Zeitaufwand durch Betätigung des Heizkörperventils. Der Betrieb der in Rede stehenden Heizarten vollzieht sich vollkommen geräuschlos. Das in den Heizkörpern enthaltene heiße Wasser gibt auch nach Abstellen der Heizung noch Wärme an den Raum ab, so daß diesen Ausführungen eine nachhaltige Wirkung zuzuschreiben ist. Im übrigen sorgt der im Füllschacht der Kessel aufgespeicherte Brennstoff für einen ununterbrochenen Heizbetrieb.

Das in die Anlage ursprünglich eingefüllte Wasser wird erstmalig aufgeköcht und soll unverändert im System belassen werden. Die geringen, durch das Ausdehnungsgefäß verdampfenden Mengen werden durch reines Regenwasser oder abgekochtes Wasser ersetzt. Der gesamte Wasserinhalt ist daher sauerstofffrei, so daß kein Rosten der Rohre auftreten kann. In der Tat haben gut betriebene Warmwasserheizungen eine unbegrenzte Lebensdauer. Sie sind nur dann der Zerstörung ausgesetzt, wenn das Wasser der Anlage aus irgendwelchen Gründen oftmals entleert wird.

Die Wasserheizungen weisen 3 Nachteile auf. Zunächst besteht zweifelsohne die Gefahr des Einfrierens. Dies kann bei unsachgemäßer Bedienung, z. B. Abstellen der Heizkörper bei strenger Kälte und gleichzeitigem Öffnen der Fenster, zu erheb-

¹⁾ J. Schmitz: „Über Heizgruppen bei Warmwasserheizungen.“ Ges.-Ing. 1920, Heft 47.

lichen Beschädigungen der Anlage führen. Es platzen nämlich Heizkörper oder Rohre, so daß Überschwemmungen auftreten können. Bei einigermaßen vernünftiger Bedienung der Anlage kommen derartige Betriebsfehler aber nicht vor. Ein gutes Schutzmittel gegen das Einfrieren ist das Durchbohren der Heizkörperventile derart, daß durch dieselben stets eine geringe Wasserbewegung stattfindet. Naturgemäß ist dann eine vollkommene Abstellung der Heizung in den betreffenden Räumen nicht mehr möglich. Nachteilig ist ferner, daß der Wasserheizung eine gewisse Trägheit innewohnt. Sie eignet sich daher nicht zur Heizung von Räumen, die schnell erwärmt werden sollen oder ein sehr schwankendes Wärmebedürfnis aufweisen. In diesen Fällen wird die Warmwasserheizung durch Niederdruckdampfheizung zu ersetzen sein (s. S. 80). Schließlich ist zu erwähnen, daß die Anlagekosten der Warmwasserheizungen verhältnismäßig hoch sind. Diese Nachteile werden aber durch die technischen Vorzüge dieser Heizart mehr als ausgeglichen.

Aus allen diesen Erwägungen ergibt sich das Anwendungsgebiet der Niederdruck-Warmwasserheizung. Sie steht überall dann an erster Stelle, wenn es sich um eine angenehme und gleichmäßige Erwärmung vieler Räume handelt. Mittlere und größere Wohnungen, Villen, Krankenhäuser, Verwaltungsgebäude, Gewächshäuser usw. werden sonach mit Warmwasserheizung zu versehen sein. Es ist meines Erachtens durchaus zweckmäßig, auch bei dieser Heizart in den Wohnungen gesunder Menschen einige Räume vernünftig kühl zu halten. Dadurch wird der Körper hinsichtlich der im täglichen Leben nicht zu vermeidenden Temperaturschwankungen widerstandsfähiger gegen Erkältungskrankheiten.

Die außerordentliche Höhe der Kokspreise, die Nichtzuteilung ausreichender Koksmengen an die Hausbesitzer und die vielen infolge dieser Tatsachen aufgetretenen Mißstände haben der Verbreitung der Zentralheizung in Wohnhäusern geschadet. Der Vermieter will unter allen Umständen der Schwierigkeit der Brennstoffversorgung entbunden sein, der Mieter will sich notgedrungen auf die Benutzung einzelner Räume seiner Wohnung beschränken, diese aber unter allen Umständen gut geheizt haben, ohne die hohen Kosten für die Zentralheizung des ganzen Hauses tragen zu müssen. Unbestreitbar ist es auch, daß bei Zentralanlagen durch Abschaltung einzelner Räume der Brennstoffverbrauch nicht im gleichen Verhältnis abnimmt, ganz abgesehen davon, daß die Einfriergefahr das Abschalten mancher Stränge der Heizkörper verbietet.

Diese Umstände lassen es erklärlich scheinen, daß man die Mietskosten von den Heizungskosten getrennt hat. Letztere können namentlich bei noch weiteren Brennstoffpreis-Erhöhungen so hoch werden, daß der Betrieb der Zentralheizungen unverhältnismäßig große Ausgaben erheischt. Damit werden manche Mieter von der Zentralheizung zur Ofenheizung übergehen (falls Schornsteine vorhanden sind), und auf die Benutzung einzelner Räume im Winter verzichten.

Solche Zustände sind unnatürlich und volkswirtschaftswidrig, denn es ist zweifellos verkehrt, z. B. eine 6-Zimmerwohnung zu bauen oder zu mieten oder einzurichten, wenn man an 200 von den 365 Jahrestagen nur 1 oder 2 Zimmer benutzen kann.

Die dadurch eingeleitete Entwicklung der Dinge läßt sich zur Zeit, da diese Zeilen geschrieben werden, noch nicht klar übersehen. Zweifellos wird die Zentralheizungstechnik bestrebt sein müssen, in jeder nur denkbaren Weise Ersparnisse an Anlage- und vor allem an Betriebskosten zu erzielen. Vielleicht kommen auch andere Brennstoffe in Frage. Endlich darf nicht übersehen werden, daß mit einer allmählichen Besserung der Brennstoffwirtschaft zu rechnen ist, und daß Neubauten eben in diese kommende Zeit übergreifen werden. In allen Fällen wird die zentrale Warmwasserheizung als Wohnungsheizung jeder anderen Heizart überlegen bleiben, wenn für den Betrieb der Zentralheizung Abwärme benutzt werden kann (s. den Abschnitt über Abwärmeverwertung Bd. I, S. 113).

3. Anwendung „oberer“ oder „unterer“ Verteilung; Zweirohr- oder Einrohrsystem?

Aus der im Bd. II, S. 43 durchgeführten Berechnung ergibt sich, daß die Wasserbewegung bei „oberer“ Verteilung schneller und kräftiger als bei „unterer“ Verteilung eintritt. Dagegen kommen bei „unterer“ Verteilung die Wärmeverluste der Vorlaufleitung dem Haus zugute, während die „obere“ Verteilung wärmetechnisch ungünstiger zu beurteilen ist. Obere Verteilung erleichtert die Erwärmung des Dachgeschosses, dafür begünstigt sie die Kühllhaltung der Kellerräume, beides Umstände, die manchmal wesentlich erscheinen. Die Anlagekosten sind bei „unterer Verteilung“ niedriger. Hieraus ergeben sich eine ganze Reihe von Überlegungen, die nach dem jeweils vorliegenden Fall die Entscheidung beeinflussen werden. Unter sonst gleichen Umständen wird „untere“ Verteilung bei kleinen und mittleren Anlagen, „obere“ Verteilung hingegen bei wagrecht ausgedehnten Bauten mit schlechten Umtriebsverhältnissen angewendet.

In der Regel kommt das Zweirohrsystem zur Ausführung. Das Einrohrsystem hat folgende Nachteile: Beeinflussung der im gleichen Strang angeordneten Heizkörper untereinander — Notwendigkeit der Vergrößerung der unteren Heizflächen — Überwärmung der unteren Räume bei Abstellen der oberen Geschosse — langsames Hochheizen der Anlage. Vorteilhaft ist hingegen die außerordentlich einfache Rohrführung, welcher Umstand dann besonders hervortritt, wenn die Rohrleitungen sichtbar vor den Wänden liegen. Einrohrausführung kann bei Anwendung großer Wassergeschwindigkeiten in den Fallsträngen (Pumpenheizung)¹⁾ und bei Heizung vielgeschossiger, gleichmäßig benutzter Räume vorteilhaft sein. Zu beachten ist, daß

- a) an jeden Fallstrang nur einrohrig oder nur zweirohrig angeschlossen werden soll,
- b) daß die einrohrigen und die zweirohrigen Fallstränge getrennte Rückläufe, besser auch getrennte Vorläufe erhalten.

Die endgültige Entscheidung muß von der richtigen Beurteilung des jeweils vorliegenden Falles, sowie von der Durchrechnung des Rohrnetzes abhängig gemacht werden.

4. Die Kessel der Warmwasserheizung.

a) Schmiedeeiserne Kessel.

α) Großkessel.

Für umfangreiche Warmwasserheizungen werden schmiedeeiserne Großkessel benutzt. Bevorzugt sind die Ein- oder Zweiflammrohrkessel, weil diese Bauarten einen großen Wasserinhalt besitzen. Dies ist besonders für jene Anlagen wichtig, die Abwärmeverwertung aufweisen. Die Kessel dienen dann unmittelbar als Speicher für zeitlich nicht ausnutzbare Abdampfmengen. Nach Einstellung des Kesselbetriebes wird die Heizung des gesamten Gebäudes durch die in den Kesseln gespeicherten Wärmemengen bewirkt. Naturgemäß haben diese Anlagen den Nachteil langsamen Anheizens. Müssen daher die Kessel aus irgendwelchen Gründen schnell hochgeheizt werden, so wird Wasserrohrkesseln der Vorzug zu geben sein. Sollen größere Heizflächen auf kleinen Räumen untergebracht werden, so führen „Verbundkessel“ (z. B. unterer Flammrohr- und oberer Siederrohrkessel) zur Lösung. Bei tiefen Wintertemperaturen wird meistens Dauerbetrieb der Anlage eingerichtet, wobei die Feuer „abgedeckt“ und nur bei strengster Kälte auch nachts bedient werden.

¹⁾ Damit steigt allerdings der Kraftverbrauch der Pumpen, was aber z. B. bei Abwärmeverwertung ohne wesentliche Bedeutung ist.

Die Bauart aller Kessel ist sinngemäß die gleiche wie bei Dampfkesseln, weshalb auf das entsprechende Sondergebiet des allgemeinen Maschinenbaues verwiesen werden kann. Grundsätzlich anders, und zwar viel einfacher ist die Kesselausrüstung. Die Überhitzer und Dampf Räume entfallen, die Kessel sind in allen Teilen nur mit Wasser gefüllt. Demnach fehlen auch: obere Aufbauten, Sicherheitsventile, Wasserstandsanzeiger, Probierhähne, Speisevorrichtungen usw. Gleichartig wie bei Dampfkesseln sind hingegen alle Anordnungen zur Erzielung einer wirtschaftlich einwandfreien rauchschwachen Verbrennung. Es kommen daher, insbesondere bei größeren Einheiten, selbsttätige Beschicker (Wurff Feuerungen, Wanderoste, Unterwindfeuerungen, Saugzuganlagen usw.) und unter Umständen selbsttätige Bekohlungs- und Ascheförderanlagen zur Anwendung. Auch betreffs dieser Einrichtungen muß auf den allgemeinen Kesselbau Bezug genommen werden.

Über Sicherheitsvorrichtungen für Warmwasserkessel s. S. 41.

β) Kleinkessel.

Für die Beheizung kleinerer und mittlerer Gebäude benutzte man früher vielfach schmiedeeiserne kleine Kessel, die aber durch die gußeisernen Gliederkessel nahezu vollständig verdrängt worden sind.

b) Gußeiserne Gliederkessel.

a) Mittelkessel.

Der erste und sehr zweckmäßig eingerichtete Kessel dieser Art ist durch Ingenieur Strebel († 1898) gebaut worden. Seine Leitgedanken waren: Anwendung

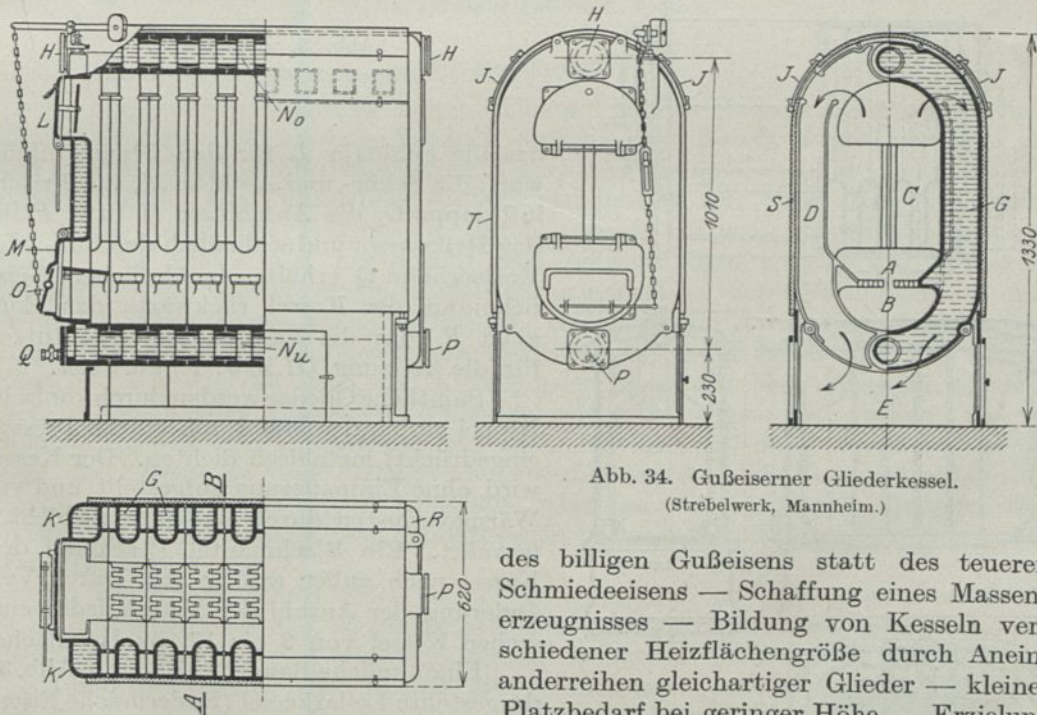


Abb. 34. Gußeiserner Gliederkessel.

(Strebelwerk, Mannheim.)

des billigen Gußeisens statt des teuren Schmiedeeisens — Schaffung eines Massenerzeugnisses — Bildung von Kesseln verschiedener Heizflächengröße durch Aneinanderreihen gleichartiger Glieder — kleiner Platzbedarf bei geringer Höhe — Erzielung eines Dauerbetriebes bei möglichst seltener

und einfacher Bedienung — Vermeidung der Kesseleinmauerung und Erzwingung eines wirtschaftlichen, rauch- und rußlosen Betriebes. Tatsächlich brachte der in Abb. 34 dargestellte Strebelkessel die Erfüllung aller dieser Forderungen. Er besteht hier z. B. aus 8 gleichartigen Mittelgliedern. Jedes dieser Glieder weist alle Teile eines Kessels in sich

auf, und zwar: *A* Rost, *B* Aschfall, *C* Füllschacht, *D* Rauchzüge, *E* Abgasammelraum, von dem der Fuchs entweder links, rechts oder unten abgeht. Das Kaltwasser strömt durch die untere Nippelreihe *N_u* zu, gelangt durch die hohlen Kesselglieder *G* im Gegenstrom zu den durch *D* streichenden Abgasen nach der oberen Nippelreihe *N_o*, und von dieser bei *H* (entweder am Vorder- oder am Endglied) in den Vorlauf der Heizung. Der Kessel weist bei *J* zwei Öffnungen auf, durch die die Reinigung der Rauchzüge *D*, selbst im Betriebe, möglich ist. Die Mittelglieder erhalten ein Vorderglied *K* angesetzt,

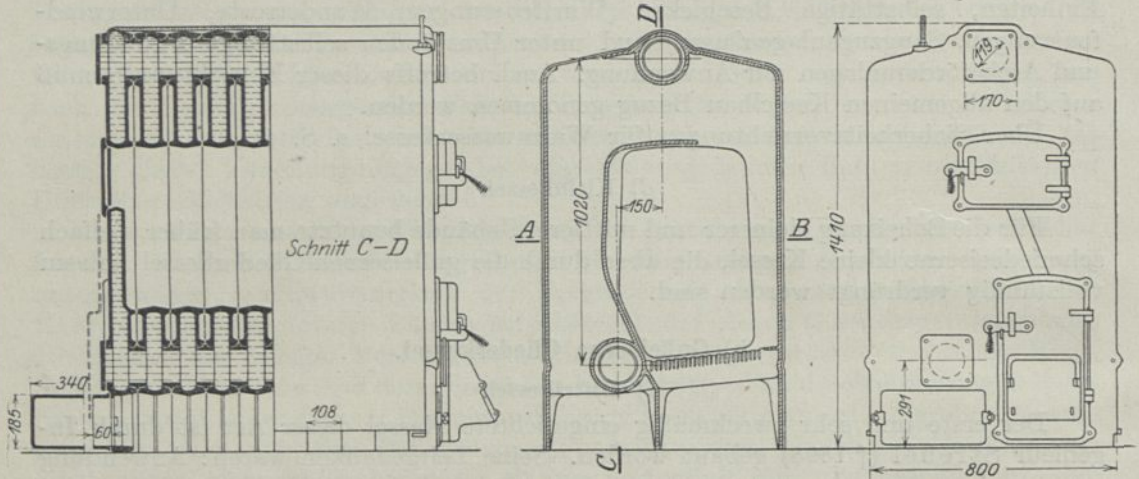


Abb. 35. Lollarkessel.
(Buderussche Eisenwerke, Wetzlar.)

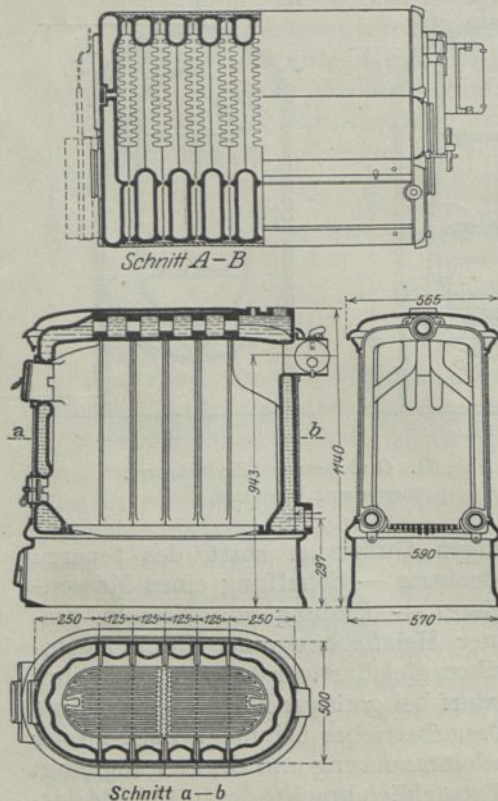


Abb. 36. Kleinkessel.
(Strebelwerk, Mannheim.)

das die Schüttür *L* für den Brennstoffeinfuhr, die Schür- und Aschtür *M*, die Frischluftklappe *O*, die Anschlüsse *H* bzw. *P* für das Heizwasser und schließlich den Füll- oder Entleerhahn *Q* erhält. In ähnlicher Weise bekommt der Kessel rückwärts das Endglied *R*, das die zweiten Anschlußstutzen für die Heizung (*H* bzw. *P*) aufweist.

Sämtliche Glieder werden durch konische Nippel verbunden, die durch starke Pressen eingedrückt, metallisch dichten. Der Kessel wird ohne Einmauerung aufgestellt und vor Wärmeverlusten durch eine Schutzschicht *S* bewahrt. Ein Blechmantel *T* schließt den Kessel nach außen sauber ab. Durch Veränderung der Anzahl der Mittelglieder entstehen Kessel von 3 bis 17 qm Heizfläche.

Eine ähnliche Bauart weist der in Abb. 35 dargestellte Lollarkessel (Buderussche Eisenwerke, Wetzlar) auf. Bei ihm ziehen jedoch die Rauchgase nicht wie vorher gleichseitig, sondern einseitig nach dem Fuchs ab. Alles übrige ist nach dem Vorstehenden ohne weiteres verständlich.

In den bisher besprochenen Kesseln streichen die Rauchgase durch den Füllschacht und machen den Koksinhalt glühend. Man spricht von „oberem Abbrand“.

β) Kleinkessel.

Für kleine Heizanlagen, Warmwasserbereitungen, Gewächshäuser usw. werden Kleinkessel von rund 0,5 bis 3,0 qm Heizfläche ausgeführt. Der allgemeine Grundgedanke ist der gleiche geblieben. Die Einzeldurchbildung paßt sich sinngemäß den kleinen Verhältnissen an. Einen derartigen Kleinkessel mit oberem Abbrand zeigt Abb. 36.

Bei Heizanlagen, die vom Küchenherd betrieben werden (Stockwerksheizungen s. d.) erhält der Kessel (Herdkessel) wieder eine andere Form. Eine Bauart desselben ist in Abb. 37 zur Darstellung gebracht.

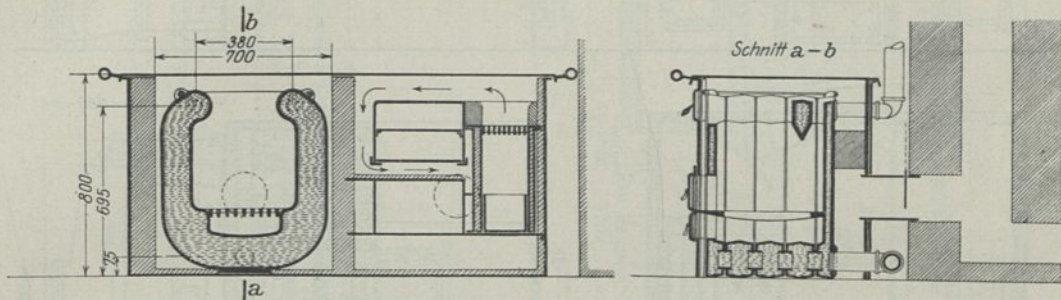


Abb. 37. Herdkessel.
(Nationale Radiator-Gesellschaft, Berlin.)

γ) Großkessel.

In umgekehrter Richtung sich ausbildend hat die Industrie die gußeisernen Gliederkessel zu Großkesseln entwickelt, die von rund 20 bis 50 qm Heizfläche gebaut werden. Wie die Abb. 38 zeigt, sind auch hier die ursprünglichen Leitgedanken wiederzufinden. Ein auffallender Unterschied besteht nur darin, daß die Rauchgase nicht mehr den Füllschacht durchströmen, sondern seitwärts nach oben ziehen. Der Füllschacht bleibt kalt und schwarz, man spricht von „unterem Abbrand“. Die Kessel erhalten meistens auch obere Schüttöffnungen, so daß die Beschickung durch kleine Rollwagen erfolgen kann, die über den Kesseln laufen. Einen neuen Gedanken suchte das Strebelwerk zur Ausführung zu bringen, indem es, wie Abb. 39 zeigt, die Kesselglieder nicht nur hintereinander, sondern auch nebeneinander anordnete (Catenakessel). Im allgemeinen sollen, zwecks größerer Sicherheit des Betriebes und leichter Zugänglichkeit der Kessel, nicht mehr als 2 Roste in einer Kesselgruppe vereinigt werden. Die Gruppen selbst sind durch entsprechend weit groß bemessene Abstände voneinander zu trennen. Das Strebelwerk führt neben diesen Sonderkesseln normale Großkessel mit unterem Abbrand (Eckkessel) aus.

Ist der Wärmebedarf einer Anlage so groß, daß zu viele gußeiserne Großkessel erforderlich werden, so dürfte es in den meisten Fällen zweckmäßig sein, auf die unter a) besprochenen schmiedeeisernen Großkessel überzugehen.

Außer den besprochenen Kesseln gibt es noch eine ganze Reihe guter Bauarten. Für ihre Beurteilung ist das Verhalten auf Prüfständen und im praktischen Betriebe maßgebend¹⁾. Über die Berechnung der Kessel findet sich das Nötigste auf S. 25 des II. Bandes. Alle angeführten Kessel sind für die Verfeuerung von Koks ein-

¹⁾ Untersuchung eines Strebelkessels, Heft 2 der Mitteilungen der Prüfungsanstalt; Untersuchung eines Lollarkessels, 17. Mitteilung der Prüfungsanstalt. Beide Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin.

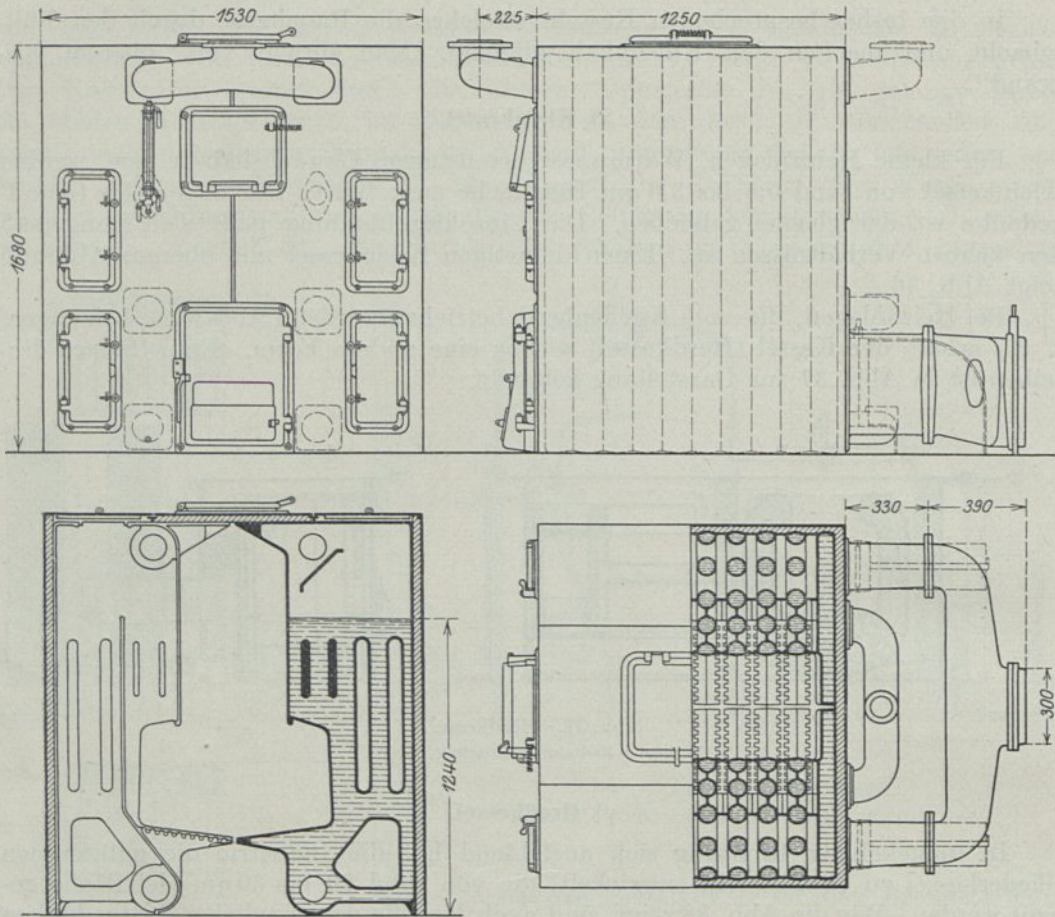


Abb. 38. Großkessel.
(Nationale Radiator-Gesellschaft, Berlin.)

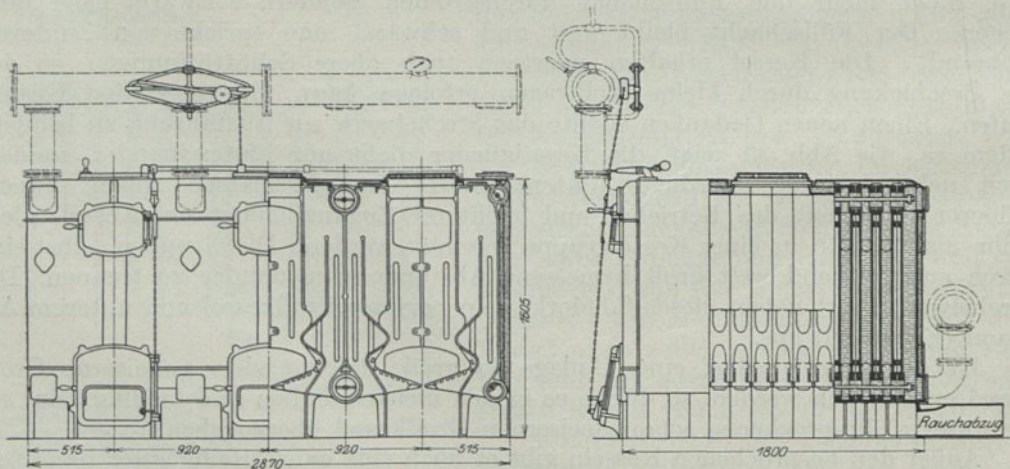


Abb. 39. Catenakessel.
(Strebelwerk, Mannheim.)

gerichtet. In den letzten Jahren sind die Kessel auch für die Verfeuerung von Gemischen aus Koks und Braunkohlen verwendet worden. Man benutzt hierzu trockenen Koks, dem etwa bis $\frac{1}{3}$ Braunkohlenbriketts beigemischt werden. Die in

den Schüttüren befindlichen Öffnungen sind bis zum Durchbrennen der Schicht (oberer Abbrand) offenzuhalten und dann langsam zu schließen.

Für die Verfeuerung von Braunkohlenbriketts sowie minderwertiger Brennstoffe (Rohbraunkohlen, Torf usw.) werden andere Kessel benutzt, von denen Abb. 40a eine Bauart darstellt. Besonders bemerkenswert sind dabei folgende Einzelheiten: Der

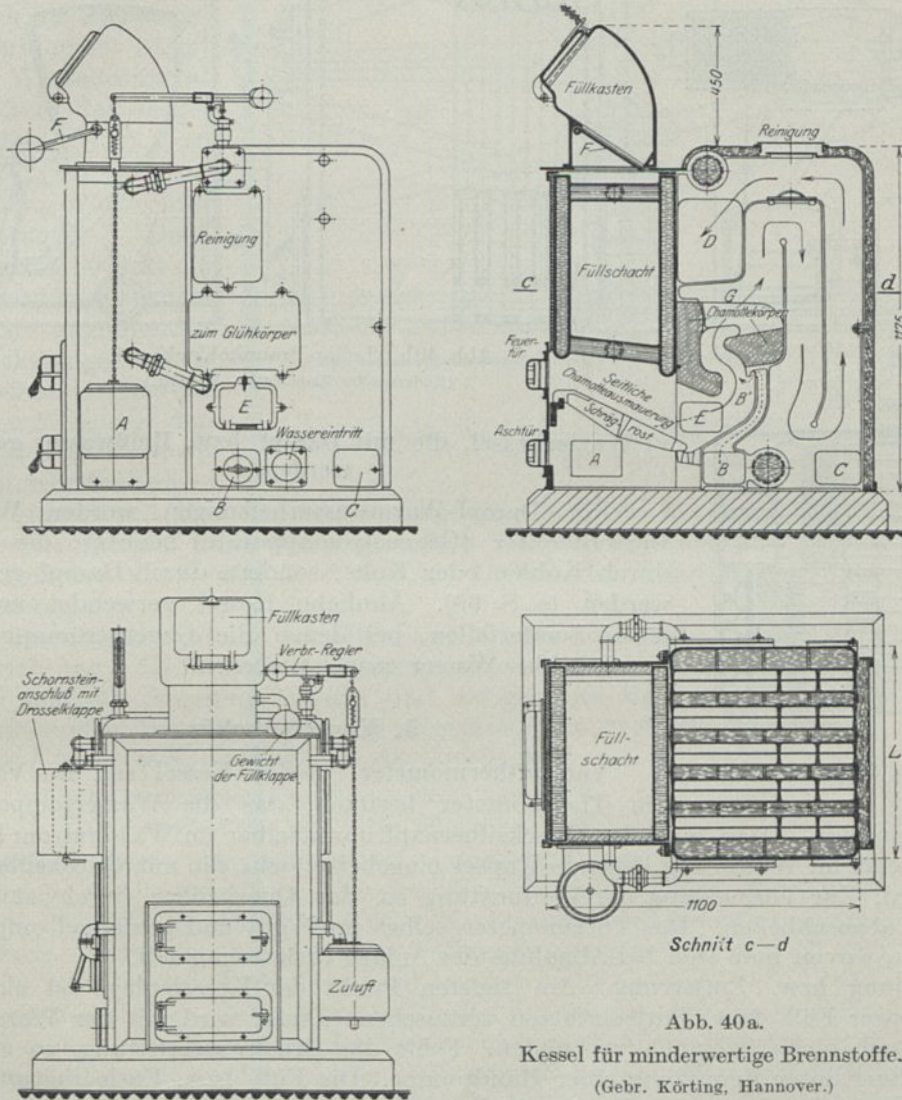


Abb. 40a.

Kessel für minderwertige Brennstoffe.

(Gebr. Körting, Hannover.)

schrägliegende Rost (Luftzufuhr *A*). Die Oberluft *B* bzw. *B'*, der Glühkörper *G*, die steigenden, fallenden und steigenden Rauchzüge, der Füllkasten mit Klappenverschluß. Die Glieder sind hier nicht hintereinander, sondern nebeneinander angereiht¹⁾. Bei größeren Kesseln tritt Zweiteilung auf (s. Abb. 154, S. 83). Eine andere Ausführung, die ähnlichen Zwecken dient, zeigt Abb. 40b: Man erkennt den schrägliegenden Rost *R*, die sekundäre Luftzufuhr bei *L*, und das Schutzsieb *S*, das vor Öffnen der Fülltür *F* eingeschoben wird, um das Herausschlagen von Stichflammen zu verhindern.

¹⁾ Das Maß *L* ist, je nach Kesselgröße verschieden, aus dem Fabrikcatalog zu entnehmen.

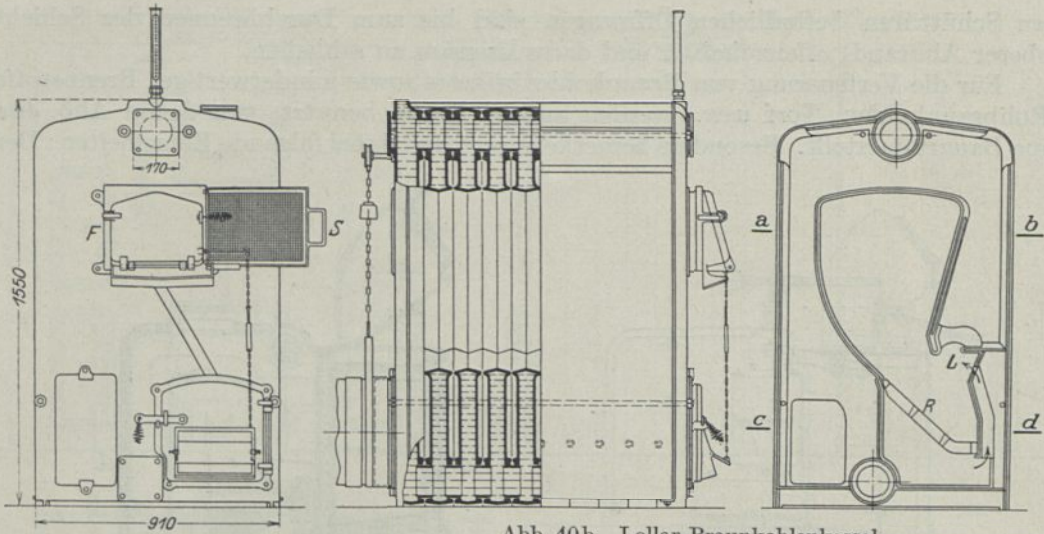
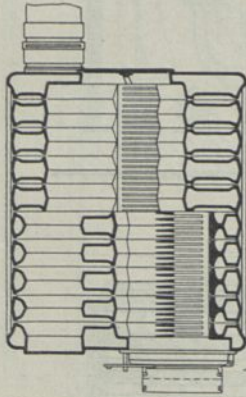


Abb. 40 b. Lollar-Braunkohlenkessel.
(Buderussche Eisenwerke, Wetzlar.)



Teilweiser Schnitt a-b, c-d

c) Wasserkessel, die mit Dampf bzw. Heißwasser geheizt werden.

Für Dampf-Warmwasserheizungen werden Warmwasserbereiter (Gegenstromapparate) benutzt, die nicht durch Kohlen oder Koks, sondern durch Dampf geheizt werden (s. S. 95). Ähnliche Kessel verwendet man in jenen Sonderfällen, bei denen die Gegenstromapparate durch heißes Wasser gespeist werden.

5. Kesselzubehör.

Vorlaufthermometer. Jeder Kessel soll im Vorlauf ein Thermometer besitzen, das die Wassertemperatur richtig anzeigt. Dazu muß der Quecksilbernafp unmittelbar im Wasserstrom liegen oder in eine im Wasserweg liegende Kapsel eingebettet sein, die mit Quecksilber gefüllt wird. Zur Vermeidung der Verdunstung ist das Quecksilber durch eine Ölschicht abzuschließen. Das Thermometer selbst muß gut und genügend empfindlich sein, wovon man sich bei Abnahme der Anlage überzeugen soll.

Füllung bzw. Entleerung. Am tiefsten Punkt der Kesselanlage ist ein abschließbarer Füll- bzw. Entleerstutzen vorzusehen. Dieser wird mit der Wasserleitung durch einen Schlauch verbunden. Fehlt die Druckwasserleitung, so erfolgt die Füllung unter Benutzung einer Handpumpe. Die Füll- bzw. Entleerleitung soll abnehmbar sein, damit der Heizer die Dichtigkeit der Abschlußvorrichtungen überprüfen kann und vor falschen Handgriffen bewahrt bleibt.

Wasserstand. Es ist üblich, den Wasserstand der Anlage durch ein im Heizraum angeordnetes, empfindliches Manometer (mit Normalmarke) anzuzeigen. Betriebssicherer ist folgende Anordnung: An das Ausdehnungsgefäß (s. S. 55) wird in der Höhe des richtigen Wasserstandes eine dünne Rohrleitung (Melderohr) angeschlossen, die nach dem Heizraum führt und absperrbar über einem Becken mündet. Der Heizer öffnet von Zeit zu Zeit dieses Wasserstandsrohr. Es fließt zunächst die in dem Rohr etwa stehengebliebene Wassermenge ab. Nach Ablauf dieser verhältnismäßig geringen Menge füllt der Heizer so lange nach, bis dem Rohr wieder Wasser entströmt.

Verbrennungsregler. Jeder gußeiserne Gliederkessel erhält einen Verbrennungsregler. Er besteht z. B. wie Abb. 41 zeigt, aus einer Stahlrohranordnung *A*, die vom Vorlaufwasser von *B* her durchflossen wird. Die Querdehnung ist durch die Zugstange *C* verhindert. Steigt die Wassertemperatur über den eingestellten Wert, so dehnt sich die Anordnung in lotrechter Richtung. Diese Dehnung bewirkt ein Entfernen der exzentrisch angreifenden Druckstangen *D D* voneinander. Das Gewicht *F* bewegt den Hebel *G* mit seinem rechten Ende abwärts und steuert mit Hilfe einer dort eingehängten Kette die Zuluftklappe. Fällt die Wassertemperatur unter den eingestellten Wert, so bewirken die Druckstangen *D D* ein Anheben des Gewichtes *F* und ein Drehen des Hebels *G* in entgegengesetzter Richtung.

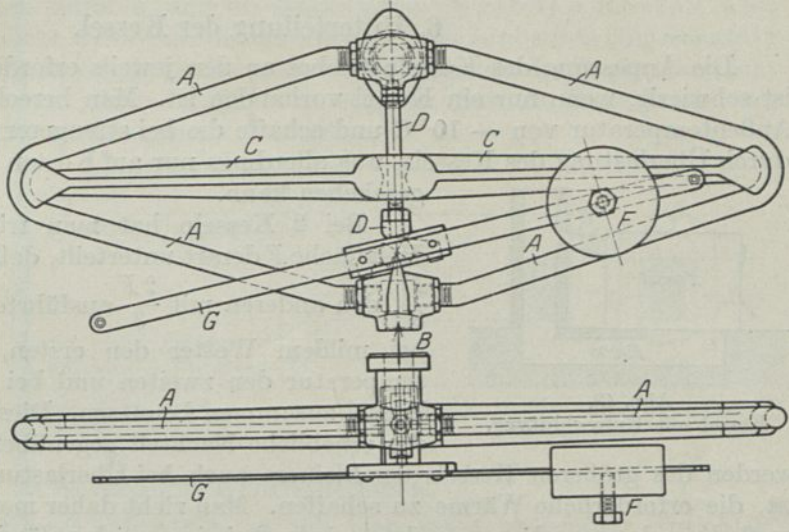


Abb. 41. Verbrennungsregler für Warmwasserkessel.
(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

Der Regler wird nun von Hand aus dadurch eingestellt, daß der Heizer die Stellvorrichtung *J* der Kette *H* in ein bestimmtes Loch einhängt (Abb. 42¹). Dadurch wird eine generelle Regelung bewirkt und die gesamte Heizung den jeweils herrschenden Außentemperaturen angepaßt. Die Stellung der Vorrichtung *J* ist so auszuprobieren, daß die Anlage bei:

Außentemperaturen von	-20	-10	±0	+10	+15° C
Vorlauftemperaturen von	rd. 90	75	60	45	35° C

aufweist. Diese Angaben haben naturgemäß nur angenäherte Bedeutung, da alle Eigenheiten des jeweils vorliegenden Falles, Einfluß der Lage, der Wände, Abkühlung über Nacht usw. berücksichtigt werden müssen. Außer dem besprochenen Verbrennungsregler gibt es noch eine große Anzahl anderer Vorrichtungen dieser Art, die demselben Zweck dienen.

Rauchschieber. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß durch richtige und sachgemäße Bedienung der Rauchschieber erhebliche Ersparnisse an Brennstoff erzielt werden. Andererseits ist nicht zu bestreiten, daß die Rauchschieber eine bedeutsame Gefahrmöglichkeit in die Anlage bringen²). Die Durchbrechung des Rauchschiebers mit einer unveränderlichen Öffnung schafft keine Abhilfe. Entweder ist die Öffnung zu klein, dann bewirkt sie ein gefahrbringendes Drosseln des Rauchgasweges, oder die Öffnung ist zu groß, dann wird sie unwirksam. Die richtige Größe der Öffnung ist nicht nur von der Kesselfläche, sondern bei gleicher Fläche wesentlich vom Betriebszustand (Außentemperatur, Betriebsunterbrechung, Windverhältnisse usw.) abhängig. Rauchschieber im Hauptfuchs sind zu vermeiden. Hinter jedem Kessel sind sie zuzulassen, wenn eine zuverlässige Bedienung der Anlage ge-

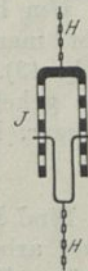


Abb. 42. Stellvorrichtung.

¹) Abb. 42 ist absichtlich verzerrt gezeichnet.

²) Marx, Gesundheits-Ingenieur 1917, Nr. 12 u. 13.

sichert erscheint. Der Seilzug (Kettenzug) für die Bedienung des Schiebers ist über Rollen so zu führen, daß der Schieber vom Kesselstand bedient werden kann.

6. Unterteilung der Kessel.

Die Anpassung des Kesselbetriebes an den jeweils erforderlichen Wärmebedarf ist schwierig, wenn nur ein Kessel vorhanden ist. Man berechne ihn dann für eine Außentemperatur von -10°C und schaffe die bei strengerer Kälte nötige Leistung durch Überlastung des Kessels, was allerdings nur auf Kosten der Wirtschaftlichkeit geschehen kann.

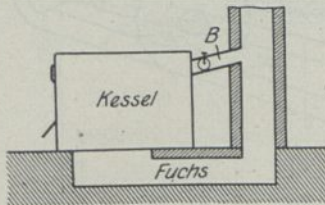


Abb. 43.
Kessel mit Kurzschlußzug.

Bei 2 Kesseln hat man früher die erforderliche Heizfläche F derart unterteilt, daß man einen Kessel mit $\frac{F}{3}$, den anderen mit $\frac{2F}{3}$ ausführte. Man konnte dadurch bei mildem Wetter den ersten, bei tieferer Außentemperatur den zweiten und bei strenger Kälte beide Kessel zusammen benutzen. Diesem Vorteil steht aber der erhebliche Nachteil gegenüber, daß bei Schadhaf-

werden des größeren Kessels der kleinere auch bei Überlastung nicht in der Lage ist, die erforderliche Wärme zu schaffen. Man zieht daher meistens vor, zwei gleich große Kessel vorzusehen, von denen jeder bei einer noch zulässigen Überanstrengung ausreicht, den gesamten Betrieb aufrecht zu erhalten.

Die beste Unterteilung der Kessel erfolgt bei größeren Anlagen derart, daß mindestens 3 gleich große Einheiten vorgesehen werden. Zwei von diesen sind dann bei noch annehmbarer Überlastung imstande, die insgesamt nötige Wärmeleistung zu erreichen. Andererseits ist zu bedenken, daß mit der fortschreitenden Unterteilung der Kessel die Bedienung der Anlage zunimmt. Man soll daher bei umfangreichen Anlagen zu Großkesseln übergehen und für noch größere Wärmeleistungen, wie erwähnt, schmiedeeiserne Kessel anwenden.

Um bei schlechtem Schornsteinzug den Kessel gut anheizen zu können, versieht man ihn mit einem durch eine Drosselklappe sperrbaren Beipafrohr B (Abb. 43). Hierdurch werden die Kesselzüge auf die Hälfte verkürzt, die Rauchgase gehen oben sehr heiß ab, der Schornsteinzug wird besser, die Heizleistung geringer. Naturgemäß wird dadurch die Ausnutzung des Brennstoffes herabgedrückt.

7. Kokssparer für Zentralheizkessel.

Sind Kesselanlagen derart eingerichtet, daß sie bei mildem Wetter mit flauem Feuer arbeiten, so wird der Betrieb unwirtschaftlich. In manchen Fällen haben schräge Abmauerungen des rückwärtigen Rostteiles Besserung schaffen können. Die Verhältnisse sind zur Zeit dadurch verschärft, daß an vielen Stellen infolge der hohen Kokspreise eine starke Einschränkung des Heizbetriebes eintreten muß, der die Kessel nicht genügend angepaßt werden können.

Eine interessante Lösung der vorliegenden Aufgabe hat Ing. Zuppinger gebracht, indem er nach Abb. 44 Formsteine mit Feder und Nut anordnete, die im Kessel, je nach Bedarf, zu einer oder mehreren Mäuerchen zusammengesetzt werden können. Abb. 45 zeigt skizzenhaft eine solche Ausführung für einen Strebelkessel. Die seitlichen Schlitzes S dienen als Rauchgaswege, wodurch auch die abgeschalteten Kesselglieder so genügend erwärmt werden, daß übermäßige Spannungen in ihnen nicht auftreten.

Zweifellos ist, daß solche Einbauten in vielen Fällen günstig gewirkt haben und ausschlaggebende Kokssparnisse erzielt worden sind¹⁾. Jedoch bedarf jeder Fall der individuellen Beurteilung.

¹⁾ 26. Mitteilung der Versuchsanstalt, Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1920. — S. a. Fichtl, Kokssparer bei Zentralheizkesseln, Ges.-Ing. 1921.

Die Ersparnisse sind nicht allein — wie meist irrtümlich angenommen wird — auf eine erhebliche Verbesserung des Feuerwirkungsgrades des Kessels zurückzuführen. Sie ergeben sich einfach dadurch, daß bei Kesseln mit zu großen Rosten und Feuerräumen die übliche Koksverschleuderung durch die Einbauten eingeschränkt bzw. unmöglich gemacht wird. Deshalb kann die Wirksamkeit der Einbauten nicht durch Stundenversuche an kleinen Kesseln, sondern nur im Dauerbetrieb an Kesseln der oben erwähnten Art geprüft werden.

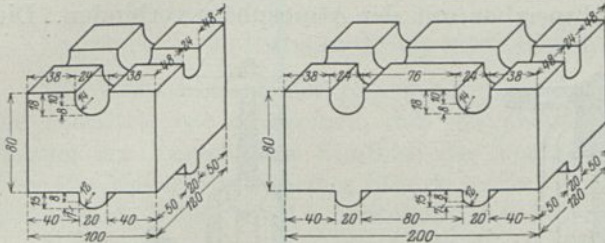


Abb. 44. Zuppinger-Formsteine.
(Deutsche Evaporator-Gesellschaft, Berlin.)

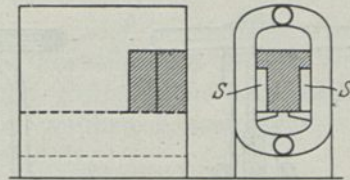


Abb. 45. Einbau eines Zuppinger-Koksparers.

8. Sicherheitsvorrichtungen.

Werden mehrere Kessel aufgestellt, so will man jeden absperrbar einrichten. Dies Verlangen ist nur in geringem Maß dadurch begründet, daß die nicht gefeuerten, am Wasserumlauf teilnehmenden Kessel Wärmeverluste herbeiführen. Vielmehr werden Absperrvorrichtungen deshalb gewünscht, weil man damit in der Lage ist, bei Schadhafwerden eines Kessels diesen ohne Unterbrechung des Heizbetriebes ausschalten zu können.

Die in dieser Hinsicht vorteilhaften Sperrvorrichtungen können aber andererseits zu Kesselexplosionen führen, wenn die Kessel mit geschlossenen Absperrungen durch unachtsame Heizer angeheizt werden. Einzelne auf diese Weise entstandene Unglücksfälle haben gesetzliche Bestimmungen zur Folge gehabt, deren wichtigste Einzelheiten kurz erläutert werden sollen. Die betreffenden amtlichen für Preußen geltenden Vorschriften¹⁾ befinden sich im Anhang, S. 165, an welcher Stelle auch die vorgeschriebenen Abmessungen der Sicherheitsvorrichtungen angegeben erscheinen.

Sind 2 Kessel K_1 und K_2 (s. Skizze Abb. 46) im Vorlauf V und im Rücklauf R durch die Sperrvorrichtungen S_1 und S_2 , sowie S'_1 und S'_2 absperrbar, so müssen diese Vorrichtungen Umgehungsleitungen U, U' erhalten, in die Wechselvorrichtungen W, W' eingebaut werden. Diese öffnen entweder die Umgehungsleitungen oder sie verbinden die Kessel durch die Ausblasleitungen A mit der Atmosphäre. Zwischenstellungen sind ausgeschlossen.

Die Umgehung kann baulich mit dem Absperrschieber verbunden werden, wodurch die in Abb. 47 dargestellte Ausführung des „Schmidtschen Sicherheits-Wechselschiebers“ entsteht²⁾. Hier ist der Hauptweg H , der durch den Schieber S gesperrt

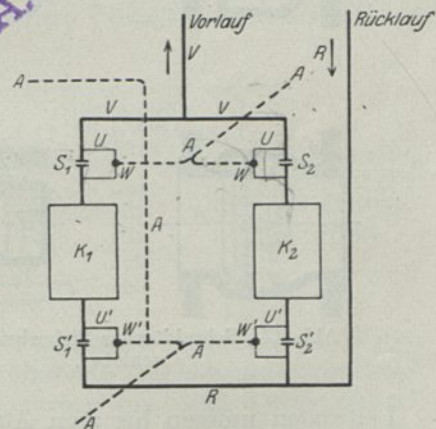


Abb. 46. Einbau von Sicherheitsvorrichtungen bei Warmwasserkesseln.

¹⁾ Erläuterungen betr. Sicherheitsvorrichtungen für Warmwasserkessel, 3. Aufl. 1921, Selbstverlag des Verbandes der Zentralheizungs-Industrie E. V., Berlin.

²⁾ K. Schmidt, Sicherheitsvorrichtungen für Warmwasserheizungen. Ges.-Ing. 1914, Nr. 3, und 1917, Nr. 11. Sicherheits-Wechselventil als Hauptabsperrventil für Warmwasserkessel. Haustechnische Rundschau 1921, Nr. 20.

werden kann, ohne weiteres mit der Umgehung u in eine bestimmte Abhängigkeit gebracht. Diese Lösung ergibt eine einfache Sicherheitsvorrichtung, ermöglicht eine übersichtliche Rohrführung und schränkt die unvermeidbaren Wasserverluste ein. Statt eines Wechselschiebers kann auch ein Wechselventil verwendet werden. (Abb. 48. Die Leitfläche b soll zur Verringerung des Krümmungswiderstandes beitragen.)

Statt der Umgehungen U der Vorläufe V können auch Sicherheitsleitungen verwendet werden, die die Kessel unabsperbar mit der Atmosphäre verbinden. Diese

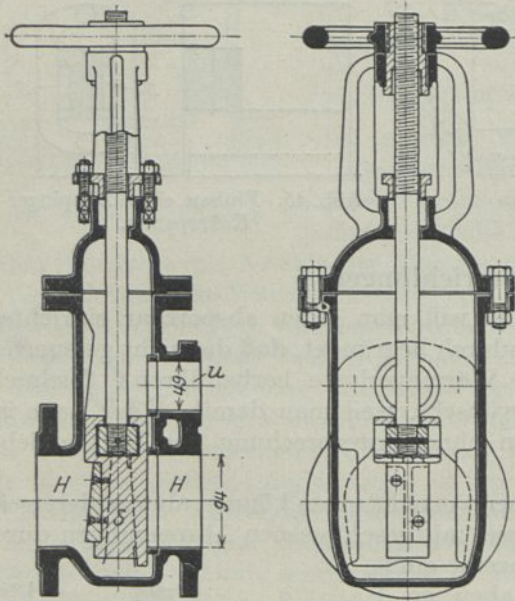


Abb. 47. Schmittscher Sicherheitswechselschieber.

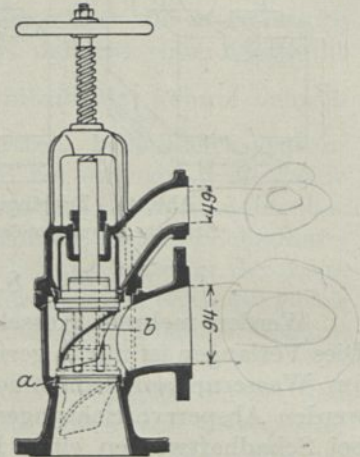


Abb. 48. Schmittsches Sicherheitswechselventil.

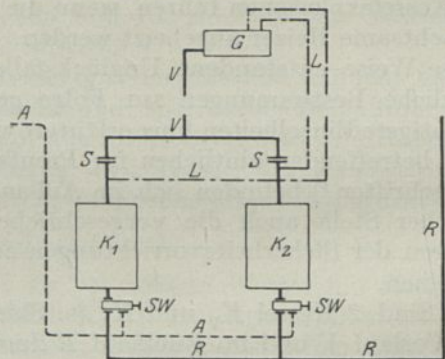


Abb. 49. Anordnung von Sicherheitsleistungen.

Leitungen müssen bis zum Ausdehnungsgefäß hochgeführt werden und zwar derart, daß sie über dem höchsten Wasserstand von oben ins Gefäß ausgießen können. Abb. 49 zeigt eine derartige Anordnung, wobei die Umgehungen der Rücklaufsperrungen als Sicherheitswechselschieber SW nach Abb. 47 ausgebildet sind.

Die Abmessungen der Wechselauslässe und Leitungen wurden durch Versuche bestimmt. Diese sind im Strebelwerk, Mannheim, in der Versuchsanstalt für Heiz- und Lüftungswesen der Technischen Hochschule Berlin und an einer im Betrieb befindlichen größeren Schwerkraftheizung durchgeführt worden¹⁾.

Die Bestimmungen gelten zunächst nur für Schwerkraftheizungen und enthalten die Bemerkung: „Andere Sicherheitsvorrichtungen können zugelassen werden.“

¹⁾ 20. und 22. Mitteilung der Versuchsanstalt.

wenn ihre genügende Wirksamkeit durch Versuche vor den zuständigen Zentralbehörden nachgewiesen wird.“

Auf Grund neuerer Untersuchungen des Verbandes der Centralheizungs-Industrie e. V., Berlin, ist durch Erlaß vom 15. März 1921 eine vereinfachte Sicherheitsvorrichtung für Niederdruck-Warmwasserheizanlagen in Preußen zugelassen worden¹⁾. Der betreffende Erlaß ist im Anhang S. 168 aufgeführt.

9. Untersuchung und Berechnung der Kessel.

Die Untersuchung der Kessel kann auf Prüfständen und im Betrieb erfolgen. Die Industrie hat eingesehen, daß ein zielbewußtes Fortschreiten in der Weiterbildung der Kessel ohne Studium des Verhaltens auf Prüfständen unmöglich ist. Über die Einrichtung solcher Stände sowie über durchgeführte Kesselprüfungen berichtet Heft 2 und die 17. Mitteilung der Versuchsanstalt.

Untersuchungen im Betriebe sind erforderlich, wenn es sich darum handelt, die Bewährung eines Kessels mit Rücksicht auf die im praktischen Gebrauch auftretenden Erfordernisse zu verfolgen. Manchmal gelingt es durch solche Untersuchungen, Fehler der Kesselanlage (Fuchs, Schornstein) aufzudecken. Eine Reihe derartiger Prüfungen sind von Baurat de Grahl²⁾ veröffentlicht worden.

Auf solche und ähnliche Studien ist die Berechnung der erforderlichen Kesselheizfläche aufgebaut, worüber Näheres im Bd. II, S. 25 u. f. zu finden ist. Für überschlägige Ermittlung der Kesselgröße und zur Bestimmung des Kesselraumes gibt Ministerialdirektor Dr.-Ing. Uber³⁾, auf Grund amtlicher Erhebungen für Staatsgebäude Preußens (Lehranstalten, Verwaltungsgebäude, Gerichte und Gefängnisse), folgenden Weg an: Man errechne den umbauten Raum R . Hieraus ergibt sich durch Anwendung bestimmter Verhältniszahlen der zu heizende Rauminhalt H . Jedem Kubikmeter H ist unter gewöhnlichen Verhältnissen ein mittlerer Wärmebedarf w zugehörig.

Umbauter Raum R cbm	Zu beheizender Raum H cbm	Wärmebedarf w für 1 cbm H WE/St
bis 5000	0,50 R	30
5000—10 000	0,60 R	27
10 000—20 000	0,65 R	24
20 000—50 000	0,70 R	22
über 50 000	0,75 R	20

} Auszug aus der unter ³⁾ erwähnten Abhandlung.

Aus der Tafel ergibt sich die für die ganze Baulichkeit erforderliche stündliche Wärmemenge W (gute Bauweise und gewöhnliche Verhältnisse vorausgesetzt) zu $W = H \cdot w$. Nimmt man nach Uber ferner an, daß 1 qm Kesselheizfläche unter ungünstigen Umständen und mit Rücksicht auf spätere Erweiterungen 4000 WE/st nutzbar leistet, so erhält man die erforderliche Kesselheizfläche F aus der Beziehung:

$$F = \frac{W}{4000} \text{ qm.}$$

¹⁾ Niederdruck-Warmwasserheizanlagen und Sicherheitsrohre für Niederdruck-Wasserheizkessel. Ges.-Ing. 1921, S. 235 u. f. S. a. Fußnote 1, S. 41.

²⁾ de Grahl, Wirtschaftlichkeit der Zentralheizungen. 2. Aufl. R. Oldenbourg, München-Berlin 1920.

³⁾ Uber, Bau- und Betriebstechnisches für Zentralheizungen in preußischen Staatsgebäuden. Ernst & Sohn, Berlin 1915.

Als **Heizfläche** ist bei schmiedeeisernen Kesseln die „wasser- und feuerberührte“, bei Gußkesseln die gesamte „feuerberührte Fläche“ zu rechnen. Vom Kessellieferer kann verlangt werden, daß er den Wirkungsgrad¹⁾ des Kessels für bestimmte Belastungsverhältnisse zusichere. Trotzdem wird man von ihm das Eingehen einer Verpflichtung für den Brennstoffbedarf einer Anlage nicht fordern können, da dieser Wert viel zu sehr von der Bauausführung, den in Frage kommenden Witterungsverhältnissen und vor allem von der Art der Kesselbedienung abhängt. Im allgemeinen dürften auf Prüfständen Wirkungsgrade bis 80 vH erreicht werden, während als durchschnittliches Jahresmittel im praktischen Betrieb nicht mehr als 50 vH angenommen werden kann.

10. Kesselhaus.

Nach der überschlägigen Ermittlung der Kesselheizfläche lassen sich annähernd auch die Abmessungen des Kesselhauses festlegen. Hierüber wird der erwähnten Übersichten Abhandlung das Nachstehende auszugsweise entnommen. Bezeichne B die Kesselbreite und L die Kessellänge, so kann für gußeiserne Gliederkessel geschätzt werden:

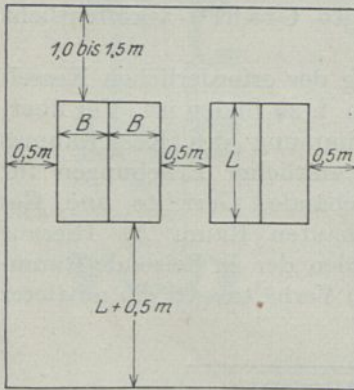


Abb. 50. Größenverhältnisse eines Kesselraumes.

Kesselheizfläche m ²	B m	L m
3 bis 10	0,8	0,7 bis 1,40
11 „ 20	1,0	0,9 „ 1,60
21 „ 45	1,5	1,2 „ 2,0

Kleine Kessel bis 3 qm Heizfläche benötigen etwa 1 qm Grundfläche und ebensoviel als Vorplatz zum Schüren. Für mittlere und große Gußkessel ergibt sich nach Maßgabe der Abb. 50 die **Mindestgröße** des allein für die Kessel erforderlichen Raumes.

Der **Koksraum** liegt bei kleineren Kesseln, die vorn beschickt werden, in der gleichen Höhe wie der Kesselraum. Bei größeren Anlagen hat sich, infolge ihrer Einfachheit, die Beschickung von oben eingebürgert. Dann wird die Sohle des Koksraumes meist in der Höhe der Kesseloberkante angeordnet. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß die Beschickung von oben, insbesondere bei schlechten Zugverhältnissen, für die Bedienung gewisse Gefährlichkeiten in sich birgt. Die Schüttlochöffnungen müssen daher gegen Hineinfallen der Leute, gegen deren Beschädigung durch Stichflammen und Gasaustritt genügend gesichert werden. Oftmals ist es durch Anwendung einfacher Hängebahnen möglich, einwandfreie Verhältnisse zu schaffen. Gute Lösungen lassen sich, insbesondere bei größeren Anlagen, dadurch erzielen, daß über dem Kesselraum ein Koksunker angeordnet wird, aus dem der Brennstoff durch blecherne Schlauchleitungen zu den Kesseln gelangt (Abb. 51).

Die **Größe des Brennstoffraumes** ist so zu bemessen, daß etwa die Hälfte des jährlichen Bedarfs gelagert werden kann. Die hierfür erforderlichen Kosten machen sich dadurch reichlich bezahlt, daß erhebliche Koksmengen im Sommer trocken eingekauft werden können. Bei großen Anlagen wird der zu lagernde Brennstoffvorrat für einen etwa 2 monatlichen Bedarf zu bemessen sein. Der Lager-

¹⁾ Man versteht darunter das Verhältnis der an das Heizwasser nutzbar übertragenen zu den theoretisch im verfeuerten Brennstoff enthaltenen Wärmemengen. Ersterer Wert wird durch Versuche ermittelt. Letztere Zahl ergibt sich durch Multiplikation des verfeuerten Gewichts mit dem Heizwert.

raum soll für eine Schütthöhe von rund 1,0 m vorgesehen und durch Verschläge so abgeteilt sein, daß gleiche und bekannte Raummaße entstehen. Dies ist in doppelter Hinsicht vorteilhaft. Zunächst ist stets anzuraten, Koks nach Raummaß und nicht nach Gewicht zu kaufen, da insbesondere Gaskoks reichlich Wasser ansaugt¹⁾. Die Raumteilung des Kokslagers bietet daher ein Mittel zur Nachprüfung der angelieferten Mengen. Ferner kann der Benutzer der Anlage, falls Raumteil um Raumteil entleert wird, mit einem Blick die noch vorhandenen Brennstoffmengen abschätzen. Bei 1 m Schütthöhe ist für je 100 cbm zu heizenden Raum eine Lagerfläche von etwa 1,25 qm zu rechnen, falls die Speicherung des halben Jahresbedarfes in Frage kommt.

Um bei Entleerungen der Anlage das heiße Wasser nicht unmittelbar in die Kanalanlage leiten zu müssen (oft polizeilich verboten), sind am besten Kühlgruben

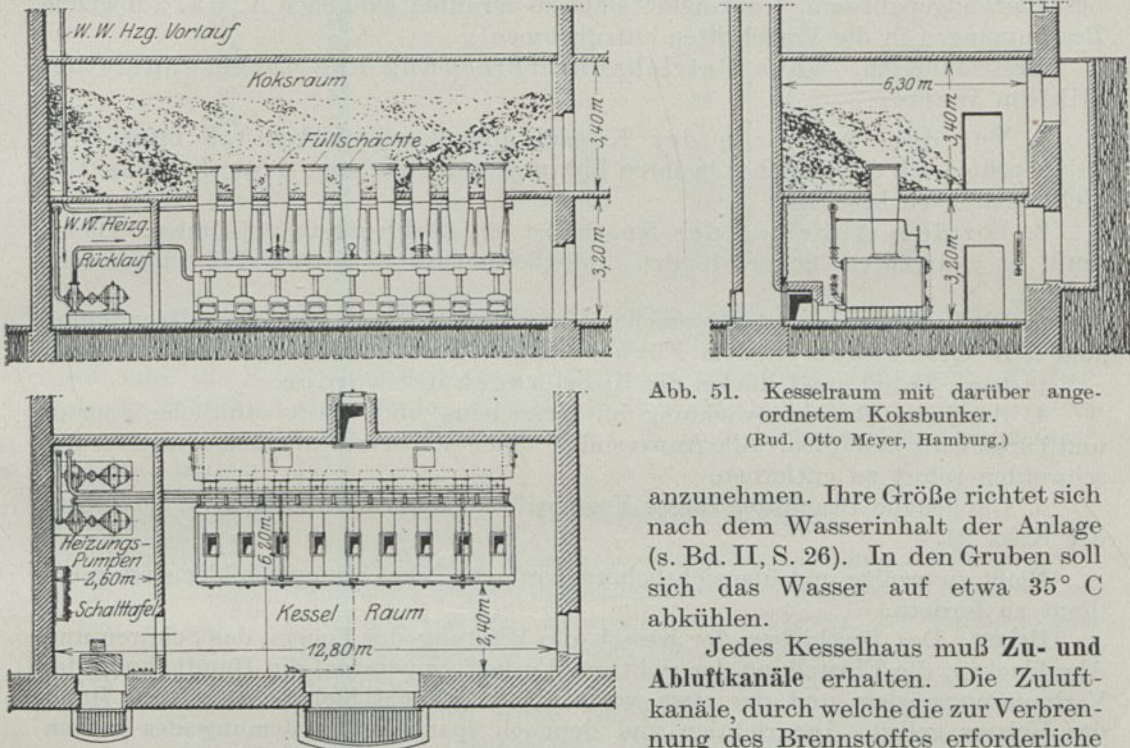


Abb. 51. Kesselraum mit darüber angeordnetem Koksbunker.
(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

anzunehmen. Ihre Größe richtet sich nach dem Wasserinhalt der Anlage (s. Bd. II, S. 26). In den Gruben soll sich das Wasser auf etwa 35° C abkühlen.

Jedes Kesselhaus muß **Zu- und Abluftkanäle** erhalten. Die Zuluftkanäle, durch welche die zur Verbrennung des Brennstoffes erforderliche Luftmenge strömt, sind etwa mit der

doppelten Größe des Schornsteinquerschnittes anzulegen. Für die Ablüftung des Kesselraumes werden am besten 2 Kanäle vorgesehen, von denen einer in der Nähe der Decke, der andere am Fußboden ausmündet. Beide Kanäle können nach etwa 2 m getrennter Hochführung vereinigt werden. Die Abluftkanäle sind zwischen geheizte Räume (also warm) zu legen und sollen mit etwa $\frac{1}{3}$ des Schornsteinquerschnittes bemessen sein. Das Ende der Abluftrohre ist vom Einfluß des Windes unabhängig zu machen, was am besten durch Ausmündung in entgegengesetzter Richtung erfolgt²⁾.

Der **Schornstein** ist naturgemäß für den ungünstigsten Fall zu berechnen. Hierdurch können aber zu weite Schornsteine entstehen, die sich schwer anwärmen, Rückströmungen und Eintritt von Fehlluft zulassen. Sind daher viele Kessel vor-

¹⁾ 1 Zentner* (50 kg) Gaskoks kann rd. 13 kg, das gleiche Gewicht Hüttenkoks rd. 4 kg Wasser aufnehmen.

²⁾ Über, Bau- und Betriebstechnisches für Zentralheizungen. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1916.

handen, so sollen mindestens 2 Schornsteine angelegt und die Kessel auf die Schornsteine richtig verteilt werden. Fremde Abgase dürfen in den Heizungsschornstein nicht eingeleitet werden. Lange wagrechte Füchse sind unbedingt zu vermeiden, da sie bei unterbrochenem Betrieb und insbesondere bei milden Außentemperaturen den Eintritt gefährlicher Verhältnisse stark begünstigen. Am Fuß des Schornsteins, aber in seinem lotrechten Teile, ist eine leicht zugängliche Öffnung zwecks Reinigung bzw. Anbringung eines Lockfeuers vorzusehen (s. hierüber auch Bedienungsvorschriften). Gegen begründete Sicherheitsforderungen müssen architektonische Bedenken zurücktreten. Über Schornsteinberechnung s. Bd. II, S. 106.

Bedienungsvorschriften. Im Kesselhaus sind die wichtigsten Bedienungsvorschriften so anzubringen, daß sie auffallen. Diese Vorschriften dürfen nicht nur allgemeine Hinweise enthalten, sondern müssen im Gegenteil dem jeweiligen Fall besonders angepaßt sein. Um Unglücksfälle zu verhüten, sind nach A. Marx folgende Bestimmungen in die Vorschriften aufzunehmen¹⁾:

Kesselanheizen. Nach Betriebsunterbrechung und insbesondere bei mildem Wetter:

1. Vor dem Anheizen der Kessel alle Rauchschieber voll öffnen. Es ist zu prüfen, ob die Schieber in ihren Führungen dicht sitzen, sonst sind diese Undichtigkeiten zu beseitigen.

2. Vor dem Anheizen der Kessel ist ein Lockfeuer zu entzünden. Dieses muß im lotrechten Schornsteinteil, möglichst am Schornsteinfuß angemacht werden.

3. Die Lockfeuerung ist entsprechend lange fortzusetzen. Nach ihrer Beendigung sind alle Öffnungen in den Füchsen und im Schornstein sorgfältig zu schließen. Jetzt erst dürfen die Kessel angeheizt werden.

4. Bei jeder Rauchentwicklung im Kesselhaus sind sofort sämtliche Fenster und Türen ganz zu öffnen. Alle Anwesenden haben sich beim Auftreten geringster Beschwerden sofort zu entfernen.

5. Die genaue Beachtung dieser Vorschriften ist um so wichtiger, je schlechter der Koks ist.

Nicht zu wenige und übersichtlich angeordnete Bezeichnungsschilder sind unbedingt zu fordern.

Heizer. Das Beschieken der Kessel, die Wartung des Feuers, das Schüren und Abschlacken, die Einstellung der richtigen Vorlauftemperatur, die Handhabung des Verbrennungsreglers und des etwa vorhandenen Rauchschiebers ist in die Hand des Heizers gelegt. Die richtige und dennoch sparsame Erwärmung des ganzen Hauses, der Brennstoffverbrauch, die Vermeidung von Unglücksfällen hängt von der Geschicklichkeit, Erfahrung, dem Pflichtbewußtsein und nicht zuletzt von der körperlichen Befähigung der Heizer ab.

Man sollte daher die Heizer sorgfältig auswählen und sie in geeigneten Lehrgängen gut ausbilden und prüfen. Selbstverständlich werden solche Leute höher entlohnt werden müssen, jedoch dürfen diese Kosten in Anbetracht der hier in Frage kommenden Umstände keine ausschlaggebende Rolle spielen. Über die von den Heizern zu befolgenden Betriebsvorschriften s. vorstehenden Absatz.

Schaltplatz. Bei größeren Anlagen ist im oder in der Nähe des Kesselhauses ein Schaltplatz vorzusehen, der enthalten soll: Die Vorlauf- und Rücklaufverteiler, die Fern- und gewöhnlichen Thermometer, die Anlasser und Fernsteller für die Lüftung und alle sonstigen, für die übersichtliche Betriebsführung von Fall zu Fall erforderlichen Einrichtungen (s. a. Fernheizungen).

¹⁾ Marx, Über neuere Unglücksfälle beim Betrieb zentraler Feuerungsanlagen. Ges.-Ing. 1917. Nr. 12, 13.

11. Rohrleitungen.

a) Rohre.

Für die Ausführung von Warmwasserheizungen kommen nur schmiedeeiserne Rohre in Betracht. Man unterscheidet nach folgender Zusammenstellung gezogene, stumpfgeschweißte Gasrohre (Muffenrohre) (11—65 mm l. W.) und überlappt geschweißte Siederohre (Flanschenrohre) (von 57—303 mm l. W.).

α) Muffenrohre.

Durchmesser	
innen	außen
d mm	D mm
11	16
14	20
20	26
25	33
34	42
39	48
49	59
65	76

β) Flanschenrohre.

Durchmesser			
innen		außen	
d mm	D mm	d mm	D mm
57	63	119	127
64	70	131	140
70	76	143	152
76	83	156	165
82	89	169	178
88	95	192	203
94	102	216	229
100	108	241	254
106	114	264	279
113	121	290	305

Der Normenausschuß der deutschen Industrie (DIN) hat nach jahrelangem Bemühen und im gegenseitigen Einverständnis aller in Betracht kommenden Rohrwerke sowie aller die Rohre verarbeitenden Industrien Normalrohre aufgestellt. Für die Heizungstechnik ist zu bemerken, daß die Rohre bis 150 mm l. W. von obigen Werten nicht wesentlich abweichen. Über 150 mm l. W. sind nachstehende Abmessungen festgelegt (Zahlent. γ):

γ) Flanschenrohre.

Durchmesser	
innen	außen
150	159
162	171
180	191
203	216
228	241
253	267
277	292
303	318

12. Rohrverbindungen.

Die Art der Rohrverbindung und Lagerung ist für den einwandfreien Betrieb der Anlagen von Wichtigkeit. Schlechte Verbindungsarten oder mangelhafte Ausführung der Verbindungen führen zu außerordentlichen Unzuträglichkeiten und verursachen oft erhebliche Kosten. Im Verbinden und Verlegen der Rohre, dem Aufstellen sowie Anschließen der Heizkörper und Kessel besteht die Hauptarbeit der Monteure und Helfer. Von ihrer Tüchtigkeit hängt das Wohl und Wehe jeder Anlage wesentlich ab. Der Architekt ist oft geneigt die besondere Wichtigkeit solcher Arbeiten zu unterschätzen. Diese Überlegungen veran-

laßten mich, die nachfolgenden Abschnitte eingehender zu behandeln als dies bisher üblich war.

α) Muffenrohre.

Die einfachste Verbindung erfolgt durch die Muffe, Abb. 52¹⁾. Sie besteht aus Temperguß (Weichguß) und weist nur Rechtsgewinde auf. Muffe M wird unter Verwendung von Hanf und Dichtungskitt (Mangankitt) auf Rohr A aufgeschraubt und in gleicher Weise das Rohr B in M gedichtet. Die Verbindung setzt voraus, daß mindestens das Rohr B freibeweglich ist. Andererseits erlaubt die Muffenverbindung kein Lösen eines fertig verlegten und befestigten Rohrstranges.

¹⁾ Das „Rohrbogenwerk“ Hamburg stellt gezogene Rohrbogen mit Schweißverbindung her, auf die an dieser Stelle hingewiesen werden soll.

Liegen jedoch beide Rohre fest, oder will man in langen Rohrstrecken eine leicht lösbare Verbindung schaffen, so wird das Langgewinde (Abb. 53 a, b, c) benutzt.

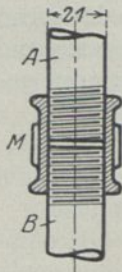


Abb. 52.
Muffen-
verbindung.

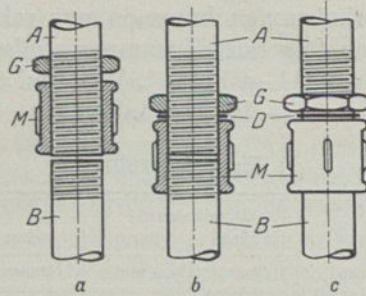


Abb. 53.
Langgewinde.

Die Rohre A und B werden in die richtige Lage gebracht, A trägt auf sich die Muffe M und den Gegenring G. Zur Rohrverbindung wird (Abb. 53 a) M auf B herunterschraubt (Abb. 53 b) und gedichtet. Hierauf wird auf das Rohr A bei D Hanf gewickelt, Kitt gestrichen und nunmehr die Dichtung durch Nachziehen des Gegenringes G bewirkt. Die Außenansicht zeigt Abb. 53 c. Die Lösung der Verbindung ist höchst einfach. G wird auf A bis zur höchsten Stelle hinaufgeschraubt, die Dichtung D entfernt, M wie in Abb. 53 a völlig auf A zurückgezogen, wodurch beide Rohrenden freiwerden.

Eine andere gleichen Zwecken dienende Verbindung ist die „Verschraubung“, die entweder als „zylindrische“ (Abb. 54 a und b) oder als „konische Verschraubung“ (Abb. 55) angewendet werden kann. Die Abb. 54 a und b zeigen eine bewährte Sonderausführung (Rud. Otto Meyer, Hamburg), wobei ein doppelter Luft-ring nach Art der bekannten Labyrinthdichtungen wirkt.

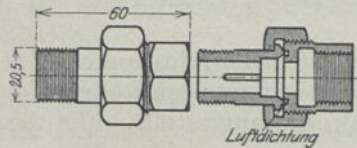


Abb. 54 a.
Gerade zylindrische Verschraubung.

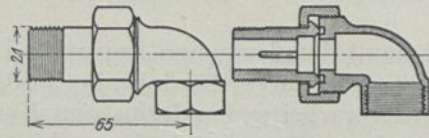


Abb. 54 b.
Winkelverschraubung.

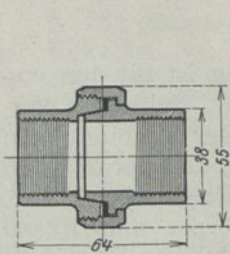


Abb. 55.
Konische
Verschraubung.

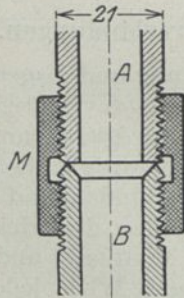


Abb. 56.
Muffenverbindung
mit Rechts- und
Linksgewinde.

Bei hohen Drucken in Heißwasserheizungen gelangt eine besondere Art der Muffenverbindung zur Anwendung (Abb. 56). Rohr A wird stumpf, Rohr B spitz zugereicht. Die Muffe M erhält Rechts- und Linksgewinde. Die Dichtung erfolgt bei scharfem Anziehen von M metallisch, und zwar durch Einbeißen von B in A. Ein Dichtmittel ist nicht erforderlich, das Einlegen von Kupferscheiben zwischen A und B ist wegen elektrolytischer Wirkungen zu vermeiden. Dauerhafte Dichtung ist bei dieser Verbindungsart nur durch äußerst sorgfältige Arbeit zu erzielen.

In den letzten Jahren hat sich das Schweißen der Rohre eingebürgert. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß „gute Schweißung“ eine sehr verlässliche Verbindung darstellt. Alles hängt jedoch von der gewissenhaften Arbeit des Schweißers ab, weshalb besondere Vorsicht nötig erscheint. Auch ist diese Art der Rohrverbindung nicht zu weit zu treiben. Es sollen sowohl bei Gebäude- als auch bei Fernleitungen durch Anwendung leicht lösbarer Verbindungen „Rohrstrecken“ abgegrenzt werden, die im Bedarfsfalle auswechselbar und genügend handlich erscheinen.

Die Abb. 57—65 bringen eine Reihe weicheiserner Formstücke (Temperguß), die für das Verbinden und Abzweigen von Muffenrohren verwendet werden und nach Maßgabe des Vorstehenden ohne weiteres verständlich sein dürften.

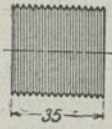


Abb. 57.

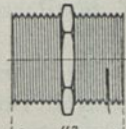


Abb. 58.

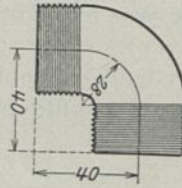


Abb. 59.

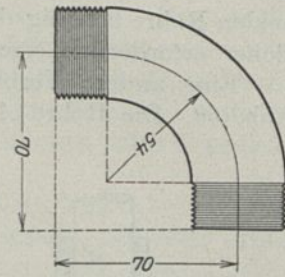


Abb. 60.

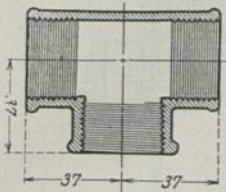


Abb. 61.

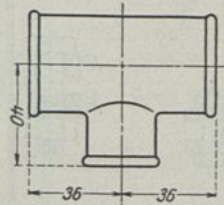


Abb. 62.

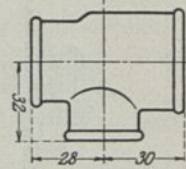


Abb. 63.

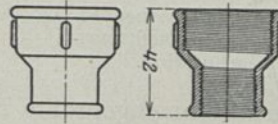


Abb. 65.

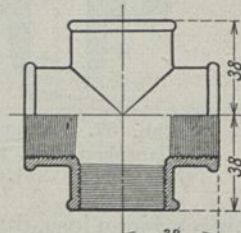


Abb. 64.

- Abb. 57. Nippel.
Abb. 58. Doppelnippel.
Abb. 59. Knie.
Abb. 60. Bogen.

- Abb. 61. T-Stück (gleichseitig).
Abb. 62. T-Stück (reduzierter Abzweig).
Abb. 63. T-Stück (reduzierter Abzweig und exzentrischer Durchgang).
Abb. 64. Kreuzstück.
Abb. 65. Reduktionsmuffe.

β) Flanschenverbindung.

Die auf S. 47 aufgeführten Flanschenrohre werden durch Flanschen verbunden. Diese Verbindungsart kann auch für Rohre kleineren Durchmessers bei Anwendung hoher Drucke benutzt werden.

Eine gute und einfache Verbindung ist folgende (Abb. 66):

Auf die Rohre *A B* werden bei *C* feste schmiedeeiserne runde Flanschen *F* aufgelötet oder aufgedrillt. Letztere Verbindung erfolgt durch Drillmaschinen, wobei kleine, mehr und mehr nach außen drückende Rollen das Rohr in Rillen der Flanschen einpressen. Die Flanschen werden durch Schrauben *S* zusammengezogen, die Dichtung bewirkt eine bei *D* eingelegte Scheibe. Die Scheibe *D* drückt sich gegen Rillen in den vorstehenden Flanschenenden. Für Warmwasserheizungen werden Gummischeiben mit Hanf- oder Drahteinlage bzw. Klingeritscheiben benutzt.

Für große Drucke reicht die einfache Drillung bei *C* nicht aus. Die Flanschen werden dann als Winkelflanschen *W* (Abb. 67) ausgebildet und erhalten manchmal Feder *F* und Nut *N*. Letztere Einrichtung soll das Ausschleudern der Dichtung verhindern. Naturgemäß hat diese Anordnung den Nachteil, daß die Rohre auch nach Entfernung der Schrauben nicht gelöst werden können, da die vorstehenden Flanschteile hinderlich sind. In manchen Fällen kann daher die Ausführung nach Abb. 68 vorteilhaft erscheinen, wobei das Ausschleudern der Dichtung durch einen vorgesetzten Ring *R* verhindert wird. Trotzdem bleibt die Rohrleitung bei dieser Anordnung leicht lösbar. Die bisher besprochenen Verbindungen setzen naturgemäß voraus, daß mindestens eins der

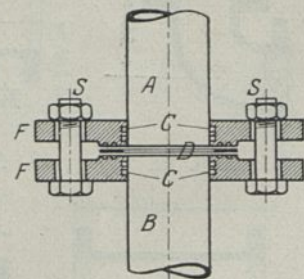


Abb. 66. Rohrverbindung mit aufgelöteten oder aufgedrillten Flanschen.

beiden Rohre beliebig drehbar ist, was mit Rücksicht auf das Passen der Schraubenlöcher erforderlich erscheint.

Eine andere Verbindungsart mit beliebiger Lage der Schraubenlöcher zeigt Abb. 69. Die Rohre *A* und *C* werden aufgebördelt, wodurch Bunde *B* entstehen,

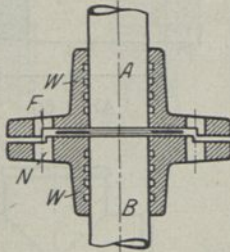


Abb. 67. Aufgedrillte Flanschen mit Federn und Nut.

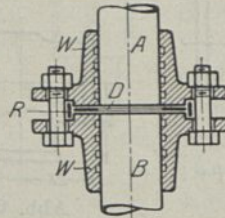


Abb. 68. Flanschenverbindung mit Dichtungsschutzring.

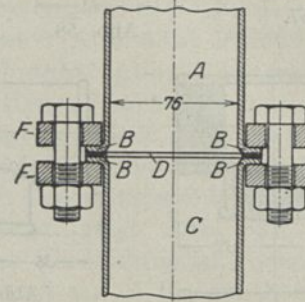


Abb. 69. Aufgebördelte Bordringe mit Überwurfflanschen.

hinter denen lose, durch Schrauben zusammengepreßte Flanschen *F* sitzen. Zwischen den Bunden *B* befindet sich die Dichtung *D*. Eine andere Ausführung zeigt Abb. 70. Auf die Rohre *A* und *C* werden Bunde *B* entweder hart aufgelötet oder aufgewalzt. Hinter den Bunden sitzen wieder lose Flanschen *F*, die durch die Schrauben *S* zusammengezogen werden.

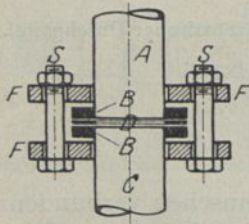


Abb. 70. Hart aufgelötete oder aufgewalzte Bunde mit Überwurfflanschen.

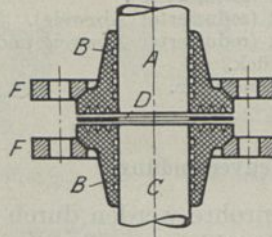


Abb. 71. Flanschenverbindung für hohen Druck.

Zwischen den Bunden liegt die Dichtscheibe *D*. Bei hohen Drucken wird diese Verbindungsart nach Abb. 71 abgeändert. Die Bunde *B* haben Winkelform, erhalten längs des Rohres Drillnuten und quer zum Rohr Dichtungsnuten. Hierbei können die Winkelbunde Feder und Nut nach Abb. 67 oder einen Ring nach Abb. 68 erhalten.

Die Abb. 72—79 bringen eine Reihe gußeiserner Formstücke, die für die Verbindung von Flanschenrohren angewendet werden und nach dem Vorstehenden ohne weiteres verständlich erscheinen.

Nach Fertigstellung aller Rohrverbindungen ist die ganze Anlage, einschließlich Kessel und Heizkörper zunächst mit kaltem Wasser unter einem Druck zu prüfen, der 2 at mehr beträgt als der höchste Betriebsdruck. Hierbei ist anzunehmen, daß Undichtigkeiten nicht vorhanden sind, wenn das empfindliche Manometer der Druckpumpe innerhalb 15 Minuten keinen Rückgang zeigt. Alsdann sind unter kräftigem Heizen

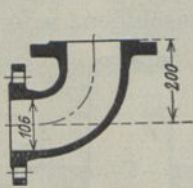


Abb. 72.

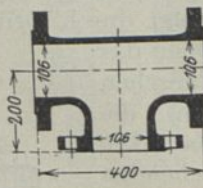


Abb. 73.

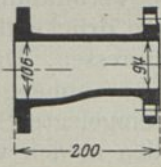


Abb. 74.

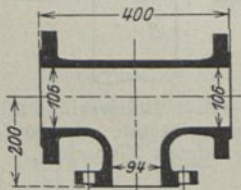


Abb. 75.

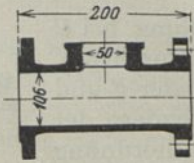


Abb. 76.

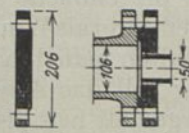


Abb. 77.

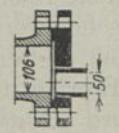


Abb. 78.

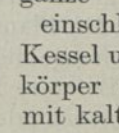


Abb. 79.

Abb. 72—79. Gußeiserne Formstücke für Niederdruckleitungen.

beträgt als der höchste Betriebsdruck. Hierbei ist anzunehmen, daß Undichtigkeiten nicht vorhanden sind, wenn das empfindliche Manometer der Druckpumpe innerhalb 15 Minuten keinen Rückgang zeigt. Alsdann sind unter kräftigem Heizen

nicht nur die tropfenden, sondern sämtliche Flanschen nachzuziehen. Nach mehr-
tägiger einwandfreier Probeheizung können die Mauerschlitze hohl zugemauert
werden. Es empfiehlt sich über die geschlossenen Schlitze ein grobmaschiges Draht-
gewebe zu legen und hierauf erst den Putz aufzutragen. Flanschen sind stets zu-
gänglich zu belassen, was unter Verwendung von Schlitzblechen oder Gipsdielen
zu erreichen ist.

Alle Mauerschlitze, Decken- und Wanddurchbrüche sollen schon bei der Aus-
führung des Gebäudes berücksichtigt werden. Hierdurch lassen sich sehr erheb-
liche Ersparnisse an Maurerarbeiten erzielen. Naturgemäß ist dies nur bei recht-
zeitiger Vergebung der Heiz- und Lüftungsanlagen möglich.

13. Rohrhülsen, Rohrlagerung, Ausdehnung.

Bei Durchführung der Rohre durch Mauern oder Decken sind fest einzumauernde
schmiede- oder gußeiserne Rohrhülsen (Abb. 80—82) anzuwenden, in denen sich die Rohre
mit genügendem Spiel freibewegen können.

Der Wand- oder Deckenaustritt kann zweckmäßig durch einen einfachen Wand-
verschluß verkleidet werden, der meist einteilig, wenn nötig zweiteilig geliefert
wird. Bei der Anbringung dieser Einrich-
tungen ist große Sorgfalt darauf zu ver-
wenden, daß das Rohr unter keinen Um-
ständen an den Hülsen oder Verschlüssen
anliegt. Ist dies der Fall, so treten — so-
wohl beim Anheizen als auch beim Ab-
kühlen der Rohre — äußerst unangenehme
Geräusche auf, die infolge des Vorbei-
schiebens des Rohres an den festsitzenden

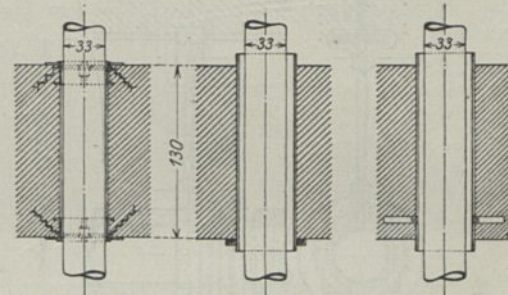


Abb. 80.

Abb. 81.

Abb. 82.

Abb. 80—82. Rohrdurchführungen durch Mauern und Decken.

Hülsen entstehen. Ebenso ist zu beachten, daß durch unsachgemäßes Anbringen der
Wandanschlüsse der anliegende Putz von der Wand abplatzen kann. Zum Halten
der Rohre werden Rohrschellen (Abb. 83 und 84) verwendet, die ebenfalls Anlaß zu
Geräuschbildung geben können. Die Festschellen sind weiter unten besprochen.

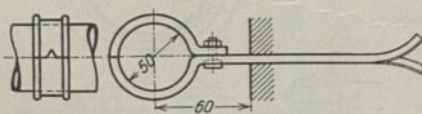


Abb. 83. Rohrschelle für kleine Rohrdurchmesser.

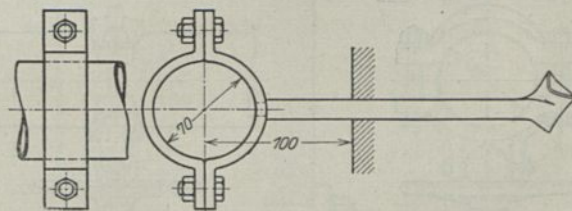


Abb. 84. Rohrschelle für größere Rohrdurchmesser.

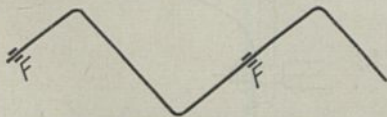


Abb. 85. Zickzackführung zum Ausgleich der Wärmeausdehnung.

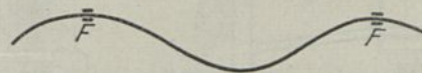


Abb. 86. Schlangenartige Führung der Rohrleitung.

Besondere Maßregeln sind erforderlich, um die durch die Wärme entstehende
Längenausdehnung der Rohre auszugleichen. Bei Wasserheizungen ist mit einer Deh-
nung von rund 1 mm für 1 m Rohr zu rechnen. In natürlichster Weise wird der
Ausgleich durch Zickzackführung der Rohre erreicht. (Abb. 85). Man legt hierbei

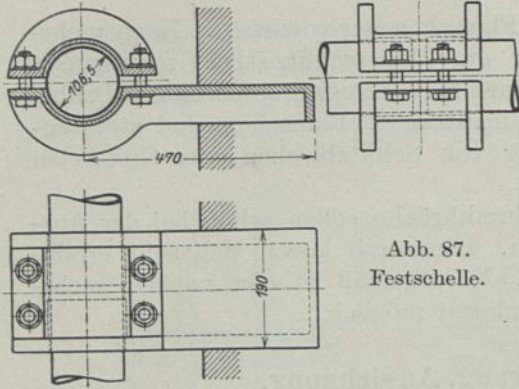


Abb. 87.
Festschelle.

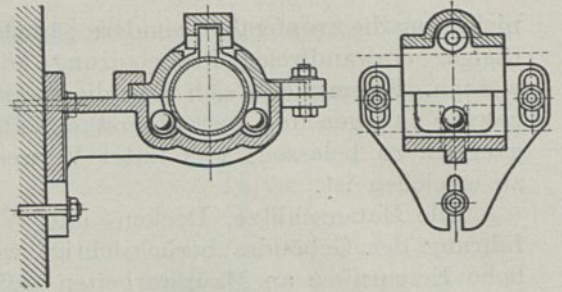


Abb. 88. Schelle in Kugellagern für größere Längsbewegung.
(Nicht einwandfrei wegen Unterbrechung der Isolierung.)

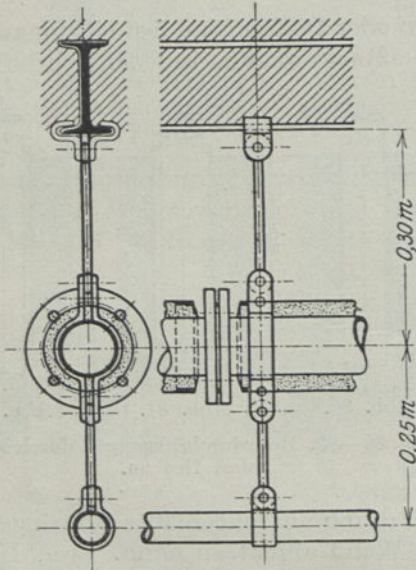


Abb. 88 a.

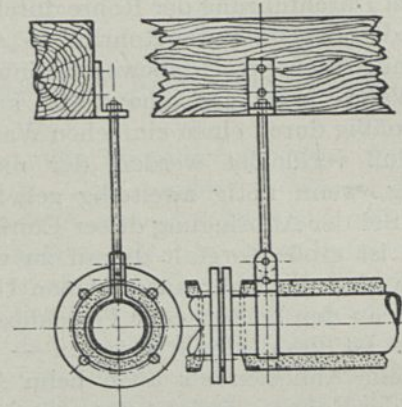


Abb. 88 b.

Abb. 88a u. b.
Hängeschellen.

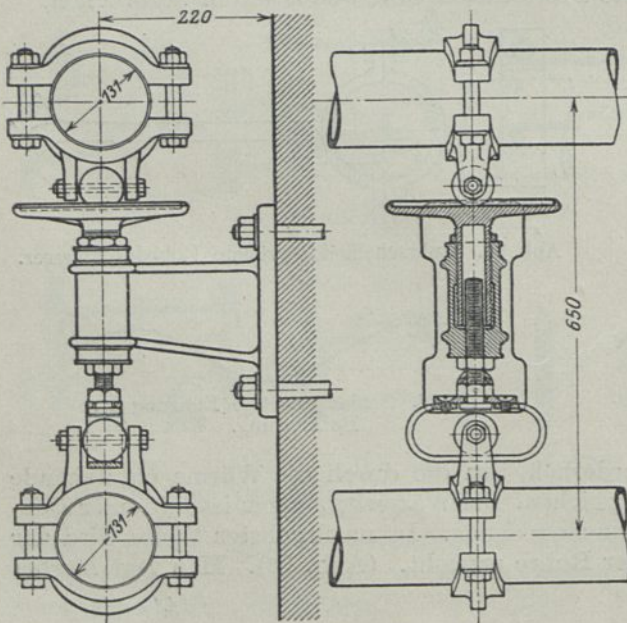


Abb. 89. Schellenanordnung für größere Längsbewegung.

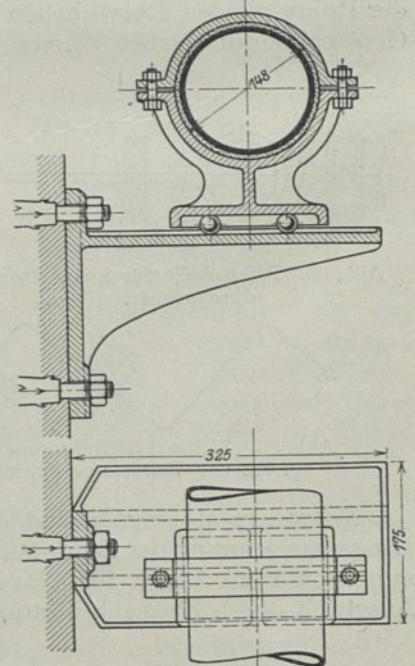


Abb. 90. Nach allen Seiten bewegliche Kugelschelle.

einige Punkte der Rohrleitung fest (Festschellen F s. a. Abb. 87) und hängt die übrige Leitung so auf, daß sie sich bewegen kann. Hierzu dienen z. B. für geringe Dehnungen die in Abb. 88 a und b dargestellten Hänagschellen. Für größere Längsbewegung sind die Formen nach Abb. 88 und 89 üblich, auch schlangenartige Führung der Rohrleitung (Abb. 86) ist möglich. (Fernheizwerk Dresden.) Hierbei ist es nötig, die Rohrleitung nach allen Richtungen frei beweglich zu lagern, wozu Kugelschellen nach Abb. 90 dienen.

Sind bei langen geradlinigen Rohrstrecken größere Schübe aufzunehmen, so werden „Rohrausgleicher“ benutzt (Abb. 91). Die dabei verwendete Festschelle zeigt Abb. 87. Eine andere Ausführung (Rohrbogenwerk G. m. b. H., Hamburg) bringt Abb. 92.

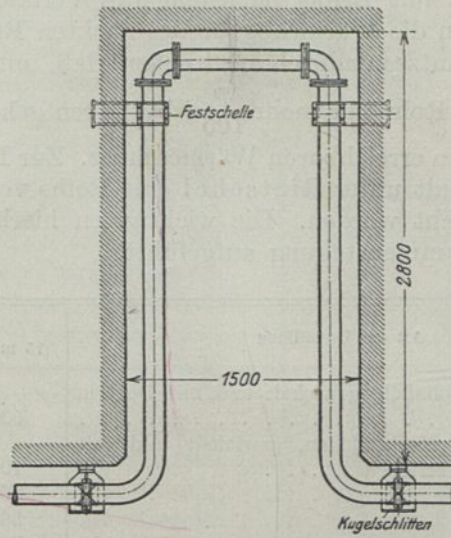


Abb. 91. Ausgleicher aus Rohren zusammengebaut.

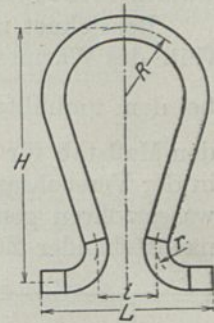


Abb. 92.

Fabrikmäßig hergestellter Rohrausgleicher.

(Rohrbogenwerk G. m. b. H., Hamburg.)

z. B. $r = 106$,
 $R = 450$, $i = 260$,
 $L = 950$, $H = 1550$.

(S. a. nachst. Zahlent.)

Rohrdurchmesser		Abmessungen					Rohrdurchmesser		Abmessungen				
äuß. mm	licht. mm	H mm	L mm	i mm	R mm	r mm	äuß. mm	licht. mm	H mm	L mm	i mm	R mm	r mm
38	33,5	1200	500	150	300	50	121	113	1575	1000	280	450	140
44,5	40	1220	550	160	300	60	127	119	1600	1000	280	450	180
51	46	1240	550	160	325	70	133	125	1625	1050	300	500	190
54	49	1260	600	170	325	75	140	131	1650	1050	320	500	200
57	51,5	1280	600	170	350	80	146	137	1675	1100	340	500	210
60	54	1360	650	180	350	85	152	143	1700	1100	340	500	220
63,5	57,5	1325	700	190	375	90	159	150	1725	1150	350	525	230
70	64	1350	700	200	375	100	165	156	1750	1150	350	525	235
76	70	1375	750	210	375	105	171	162	1775	1200	360	525	245
83	76,5	1400	750	220	400	115	178	169	1800	1200	360	550	255
89	82,5	1450	800	230	400	125	191	180	1850	1250	380	550	270
95	88,5	1475	900	240	400	135	203	192	1900	1150	400	550	290
102	94,5	1500	900	250	400	145	216	203	1950	1300	420	600	310
108	100,5	1525	950	260	450	155	229	216	2000	1350	450	650	325
114	106,5	1550	950	260	450	160							

14. Wärmeschutz.

Für Warmwasserheizungen ist die Ausführung eines guten Wärmeschutzes wichtig. Zunächst werden dadurch die Wärmeverluste der Rohrleitung an sich herabgedrückt und somit die Betriebskosten der Anlage verringert. Weiters beeinflussen diese Verluste aber die Strömungsverhältnisse in der Anlage und sind sonach für das einwandfreie Arbeiten des gesamten Rohrnetzes von erheblicher Bedeutung. Vor der Ausführung billigen und schlechten Rohrschutzes ist daher zu warnen.

Zur physikalischen Beurteilung der Wärmeschutzstoffe dient die Wärmeleitfähigkeit. Die betreffenden Untersuchungen wurden zum größten Teil im Laboratorium

für technische Physik der Technischen Hochschule München von Knoblauch¹⁾ und seinen Mitarbeitern durchgeführt. (Siehe auch Seite 76, 77.) Zur praktischen Beurteilung des Wärmeschutzes hinsichtlich der Berechnung von Heizleitungen wählte Rietschel mit Erfolg nachstehendes Verfahren.

Bezeichnet man die Wärmeabgabe des nackten Rohres mit W , so läßt sich die Güte des Wärmeschutzes dadurch ausdrücken, daß, unter sonst gleichen Umständen, bei dem umhüllten Rohr nur mehr $\frac{p}{100} W$ verloren gehen. Der Wert p bildet daher den Maßstab für den erreichbaren Wärmeschutz. Zur Feststellung des Wertes p sind in der Versuchsanstalt unter Rietschel eine Reihe von Untersuchungen an Warmwasserrohren gemacht worden. Die wichtigsten hierher gehörigen Zahlen sind in nachstehender Zusammenstellung aufgeführt.

Nr.	Art der Umhüllung	p für eine Schichtstärke von			
		15 mm	20 mm	25 mm	30 mm
1	Kieselgur, gewöhnlich, gewickelt und mit Dextrin gestrichen	53	61	67	72
2	Kieselgur mit Korkteilchen, gewickelt und mit Dextrin gestrichen	70	74	76	79
3	Kieselgurschalen	66	70	73	75
4	Korkschalen	56	65	71	76
5	Seidenzöpfe	75	78	80	81
6	Filz	81	84	86	87

Alle diese Stoffe können bei Warmwasserheizungen ohne weiteres auf die Rohrleitung aufgebracht werden. Bei Verwendung von Kieselgurmasse müssen die Rohrleitungen entsprechend angewärmt sein. Kieselgur ist wärmetechnisch recht gut und auch billig, es hat nur den Nachteil, daß die Umhüllung leicht beschädigt (abgestoßen) werden kann. Korkschalen sind teurer, aber viel haltbarer. Filz ist in seiner Wirkung ausgezeichnet, aber nicht ungezieferfrei. Asbest wird überall dort (als Unterstrich) angewendet, wo es sich um haltbare Ausführungen bei hohen Temperaturen handelt.

Durch Umhüllung der Flanschen wird der Wärmeschutz der Rohrleitung um rund 25 vH erhöht²⁾. Die Umhüllung soll jedoch abnehmbar sein, damit die Flanschen einschließlich der Schrauben zugänglich bleiben. Ist die Rohrumhüllung fertig, so soll sie spiralförmig mit gutem, festem Stoff (Nesselstoff) umwickelt und dann mit Dextrin oder heller Ölfarbe (mehrfach) gestrichen werden.

15. Rohrnetz, Strangabspernung, Ausdehnungsgefäß.

Die gebräuchlichen Rohrführungen sind bereits auf S. 51 besprochen worden. Das Rohrnetz einer Niederdruck-Schwerkraftsheizung umfaßt: Die Vorlaufkesselanschlüsse (Kesselwiderstand), den Hauptvorlauf (Vorlaufverteiler) den oder die Steigstränge, die Fallstränge, die Heizkörperanschlüsse (Heizkörperwiderstände), die Rückläufe, die Rücklaufsammelleitungen, den Rücklaufverteiler, die Rücklaufkesselanschlüsse. Die richtige Berechnung dieses Rohrnetzes ist grundlegend für die Wirkung der Anlage. Mit Rücksicht hierauf ist die „Rohrnetz Berechnung“ ganz eingehend behandelt, jedoch der Gesamteinteilung des Stoffes entsprechend (s. Einleitung zum Bd. I), in den II. Band gesetzt worden. Die dort niedergelegten Behelfe

¹⁾ Nußelt, Die Wärmeleitfähigkeit von Isolierstoffen, Berlin 1908. — Knoblauch, Raisch, Reiber „Die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Isolierstoffen und die Wärmedurchlässigkeitzahl neuer Bauweisen, Ges. Ing. 1920, Heft 52. S. a. die in der unter ¹⁾ erwähnten Arbeit aufgeführte Literatur.

²⁾ Eberle, Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1908, 1909.

sind auf umfangreichen Untersuchungen aufgebaut und haben sich tausendfältig, bei kleinsten und größten Anlagen bewährt. Die gegebenen Rechenverfahren gehen von theoretischen Betrachtungen aus und erscheinen so durchgebildet, daß sie der entwerfende Ingenieur unmittelbar für die Praxis gebrauchen kann. Sie ermöglichen in einfachster Weise die „Annahme der Rohrleitung“ für den Kostenanschlag und die „Nachrechnung der Rohrleitung“ für die Ausführung der Anlage. Alles Weitere geht aus den betreffenden Abhandlungen des II. Bandes hervor.

Es erscheint wichtig, das Rohrnetz so auszubilden, daß bei etwaiger Beschädigung eines Heizkörpers alle übrigen Heizflächen im Betriebe bleiben können. Dies läßt sich dadurch erreichen, daß jeder Heizkörper im Vor- und Rücklaufanschluß eine Absperrvorrichtung erhält, wovon die eine gleich zur „Voreinstellung“ (s. S. 64 u. f.) benutzt werden kann. Eine solche Ausführung ist infolge der großen Zahl der erforderlichen Ventile (Hähne) teuer. In den meisten Fällen wird daher von der Möglichkeit der Ausschaltung eines jeden Heizkörpers Abstand genommen und dafür Strangabspernung vorgesehen. Zu diesem Zwecke erhält jeder Strang (Abb. 93) 2 Absperrvorrichtungen S_1 und S_2 , die mit Luft bzw. Entleerstützen versehen sind. Bei Beschädigung eines Heizkörpers wird der betreffende Strang entleert, während die ganze übrige Anlage ungestört im Betriebe bleibt. Als Strangabspernungen werden statt Ventile, die einen sehr großen Strömungswiderstand aufweisen, mit Vorteil Strangschieber benutzt.

Das Ausdehnungsgefäß einer Niederdruck-Schwerkraftsheizung ist in Abb. 94 dargestellt. Es wird etwa 10 cm (a) vom Boden durch das Rohr A mit der Anlage verbunden. Rohr A muß, falls kein besonderes Sicherheitsrohr vorhanden ist, als solches bemessen werden (s. S. 42, 166). 15 cm (b) über der Einmündung von A setzt das Melderohr M (s. S. 38) an. Die Entfernung c ist etwa doppelt so groß zu nehmen, als der Ausdehnung des gesamten Wasserinhaltes der Anlage entspricht. Hierbei kann auf je 1 m² Radiatoren-Heizfläche 1 l Inhalt des Ausdehnungsgefäßes gerechnet werden¹⁾. In der Höhe $a + b + c$ erhält das Gefäß einen Überlauf \bar{U} . Die Entfernung d wird mit 10 bis 20 cm bemessen. Der Deckel des Ausdehnungsgefäßes liegt lose auf oder erhält bei dichtem Abschluß ein kurzes Entlüftungsrohr. Unter dem Gefäß befindet sich ein Teller T , der das bei etwaigem Überkochen ausschäumende Wasser in die Überlaufleitung abführt. Nach dem Erlaß über Sicherheitsvorrichtungen vom 15. März 1921 (S. 43 u. Anhang, S. 168) mündet in das Ausdehnungsgefäß oberhalb des höchsten Wasserstandes die „Sicherheits-Ausdehnungsleitung“. Die Sicherheits-Rücklaufleitung schließt im tiefsten Punkt des Ausdehnungsgefäßes an.

Bei Anwendung eines Manometers im Kesselraum wird das Ausdehnungsgefäß mit geringer Grundfläche und größerer Höhe gewählt.

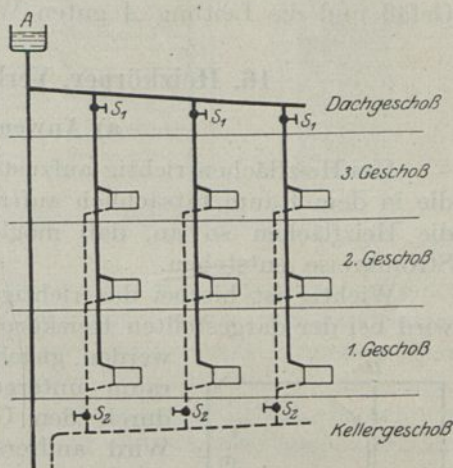


Abb. 93. Anordnung von Strangabspernvorrichtungen bei Warmwasserheizungen.

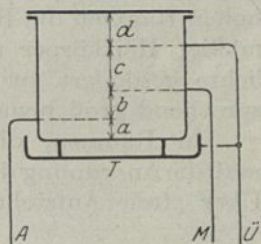


Abb. 94. Ausdehnungsgefäß einer Warmwasserheizung.

¹⁾ Über die Berechnung des Ausdehnungsgefäßes s. a. Zaruba, Ges.-Ing., Juli 1920.

Nach den Bestimmungen über „Sicherheitsvorrichtungen“ ist das Ausdehnungsgefäß samt der Zuleitung *A* frostsicher anzuordnen. Dies wird nicht immer dadurch erreicht, daß das Gefäß in unmittelbarer Nähe des Schornsteins angebracht ist. Die Rauchgase des Schornsteins sind so hoch oben schon erheblich abgekühlt und vermögen den oft sehr luftdurchlässigen Dachraum nicht genügend zu erwärmen. Es empfiehlt sich daher, das Ausdehnungsgefäß in das Treppenhaus zu verlegen, das hierzu allerdings erweitert und überhöht werden muß. In jedem Fall muß das Gefäß und die Leitung *A* guten Wärmeschutz erhalten.

16. Heizkörper, Verkleidungen, Regelvorrichtungen.

a) Anwendung der Heizflächen.

Um Heizflächen richtig aufzustellen, ist folgendes zu beachten. Man suche sich die in dem Raum tatsächlich auftretenden Luftstromkreise vorzustellen und ordne die Heizflächen so an, daß möglichst kleine, die Menschen nicht belästigende Stromkreise entstehen.

Wichtig ist hierbei das richtige Erkennen der Stromkreise. Z. B.: In Abb. 95 wird bei der dargestellten Heizkörperanordnung der Erker niemals richtig erwärmt werden, gleichgültig wieviel Heizfläche im anstoßenden Wohnraum untergebracht ist. Der entstehende Stromkreis wird, durch den Unterzug *U* behindert, den Erker nicht fassen. Wird andererseits die gesamte Heizfläche im Erker angeordnet, so wird dieser aus ähnlichen Gründen überheizt, das Zimmer aber kalt sein. Es muß daher die Heizfläche geteilt, dem Erker nur die ihm zugehörige, dem Wohnraum die übrige Heizfläche gegeben werden.

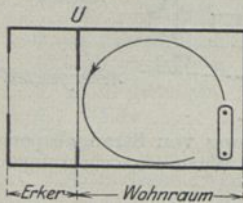


Abb. 95. Luftweg bei unsachgemäßer Erkerheizung.

Ganz allgemein führt die Forderung „kleine Stromkreise“ dazu, die Heizkörper in wagrechter Richtung so zu verteilen, daß jeder Abkühlungsfläche die entsprechende Heizfläche zugeordnet wird. (S. a. Abb. 30.) Die gleiche Forderung zwingt aber auch dazu bei sehr hohen Räumen die Heizkörper lotrecht zu unterteilen. Es ist daher durchaus zweckmäßig, Heizkörper unmittelbar unter großen Kirchenfenstern anzuordnen, Oberlichte gesondert zu heizen, unter Glas- oder Wellblechdächern, Kuppeln usw. entsprechend groß bemessene Heizkörper aufzustellen.

In Räumen, die späterhin durch Zwischenwände unterteilt werden sollen, muß die Anordnung der Heizflächen mit Rücksicht auf die Fensterachsteilung erfolgen. Über „freie Aufstellung der Heizkörper“ oder ihre „Verkleidung“ s. S. 60.

b) Heizkörperformen.

Im nachstehenden sollen nur die in der heutigen Praxis verwendeten Heizflächen behandelt werden.

1. Rohrschlangen. Eine gute Heizfläche ist die ein- oder mehrfach in der Nähe des Fußbodens herumgeführte Rohrleitung (Abb. 96). Durch sie erfolgt zunächst eine gute Erwärmung des Fußbodens, was bei jeder Heizflächenart anzustreben ist. Der Heizkörper ist sehr wirksam, da der Unterschied zwischen der Heizflächen- und Raumtemperatur groß ist. Die Rohre haben eine gute Strahlungswirkung und weisen hohe Wärmeleistungen der Flächeneinheit auf. Die Heizfläche ist hygienisch einwandfrei, denn die Rohre lassen sich in einfachster Weise und sicher reinigen. Nachteile dieser Anordnung sind: Große Platzbeanspruchung, geringe Gesamtleistung, hoher Preis. Eine Abart dieser Ausführungsform ist das „Rohrregister“ (Abb. 97), bei dem mehrere Rohre durch Endkästen zu einer Einheit verbunden werden. Die Wärmeabgabe dieser Heizkörperart ist geringer

als die eines einzelnen Rohres, da sich die Röhren gegenseitig hindernd beeinflussen. Die gute Reinigungsfähigkeit ist geblieben; sie wird erhöht durch eine hinter der Heizfläche angebrachte Kachel- oder Fliesenverkleidung. Zur gleichmäßigen Erwärmung der Rohre erhalten diese am Wasser-(Dampf)-eintritt Drosselscheiben.

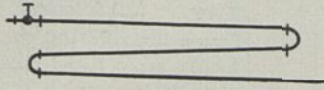


Abb. 96. Rohrheizschlange.

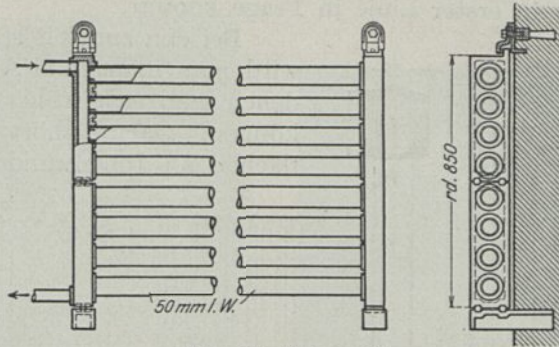


Abb. 97. Rohrregister.

2. Rippenrohre. Sie entstanden aus dem Bestreben, die Heizfläche auf einen kleinen Grundrißraum zu beschränken, sie auf engen Raum zusammenzudrängen und den Preis durch Anwendung von Guß- statt Schmiedeeisen herabzusetzen. Man erkennt aus Abb. 98a sofort den Hauptnachteil dieser Heizkörper. Sie sind nicht oder nur schwer reinigungsfähig und daher aus hygienischen Gründen abzulehnen. Das gleiche gilt von allen anderen Heizflächen dieser Bauart, also auch z. B. für die in Abb. 98b dargestellten Rippenkästen.

3. Gußeiserne Radiatoren¹⁾. Die Leitgedanken bei ihrer Erfindung waren: Schaffung eines Massenerzeugnisses, das durch Aneinanderfügen gleicher Glieder Heizkörper beliebig großer Fläche ergibt — Anordnung möglichst wenig wagrechter und vorwiegend lotrechter Flächen zwecks Erschwerung der Staubablage — unauffällige Form — gute Reinigungsfähigkeit — große Heizwirkung — Verwendung dünnwandigen billigen Graugusses. In der Tat erfüllt der beispiels-

weise in Abb. 99 dargestellte „2säulige Radiator“ alle diese Forderungen. Die Glieder werden glatt und verziert hergestellt, jedoch ist die letztere Form aus hygienischen

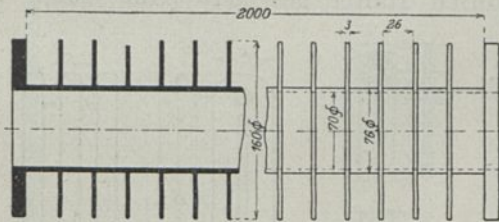


Abb. 98a. Rippenrohr.

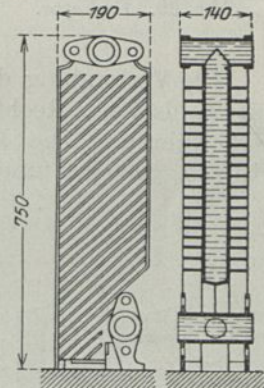


Abb. 98b. Rippenkasten.

Gründen abzulehnen. Radiatoren werden 1 säulig bis 4 säulig (Abb. 100 a—d) und in verschiedenen Größen von etwa 500 bis 1200 mm „Gesamthöhe“ (s. S. 58) ausgeführt.

Bedenkt man, daß die hohen Formen das Zusammendrängen der Heizflächen auf kleinen Raum begünstigen, so erkennt man als heiztechnisch beste Form die niedrige Ausführung. Diese ist aber bei gleicher Heizfläche die teuerste, so daß darin nicht zu weit gegangen werden soll. Aus dem gleichen Grunde ist es zweckmäßig, die Fenster hoch zu legen (das Licht kommt oben in den Raum) und größere Brüstungshöhen anzuwenden.

Da auch die 3 und 4 säuligen Heizkörper zu einer starken Zusammendrängung der Heizfläche führen und auch weniger reinigungsfähig erscheinen, stehen sie

¹⁾ Die Bezeichnung „Radiator“ (Strahler) ist unrichtig, denn die Wirkung der Heizkörper beruht nur zum Teil auf „Strahlung“.

den 1 säuligen und 2 säuligen Heizflächen nach. Am besten, aber auch am teuersten ist die nicht zu hohe 1 säulige Ausführung, die z. B. für Krankenhäuser in erster Linie in Frage kommt.

Bei den zur Zeit sehr hohen Preisen der Heizflächen wird man manchmal Ausführungen zulassen müssen, mit denen man sich früher nicht hat einverstanden erklären können. Dazu gehört auch die Aufstellung der Heizflächen an Innenwänden, statt unter den Fenstern.

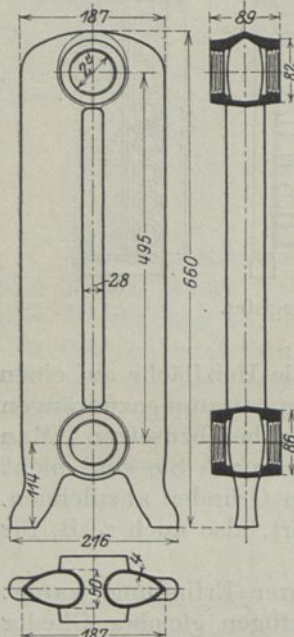


Abb. 99. Radiator.

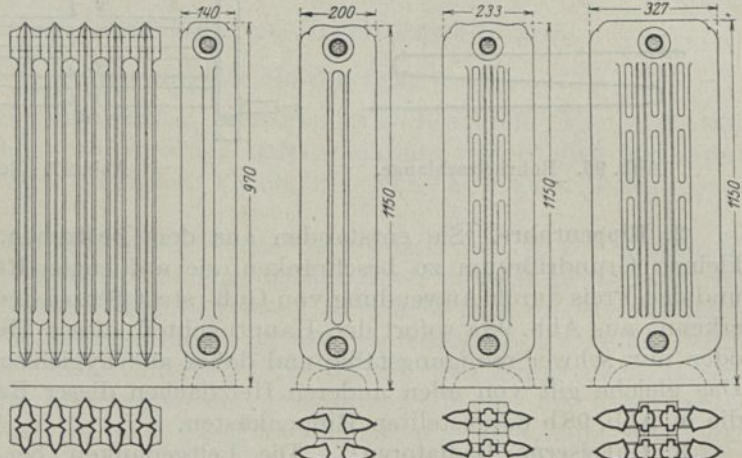


Abb. 100 a.

Abb. 100 b.

Abb. 100 c.

Abb. 100 d.

Abb. 100 a—d. 1—4 säulige Radiatoren.

Die Verbindung der einzelnen Glieder erfolgt nach Abb. 101 durch Nippel, die mit konischem Rechts- und Linksgewinde versehen, die Abdichtung metallisch herbeiführen. Die Radiatoren werden am besten auf entsprechend geformte Stützen gelagert und durch Halter gesichert (Abb. 102). Die Aufstellung auf

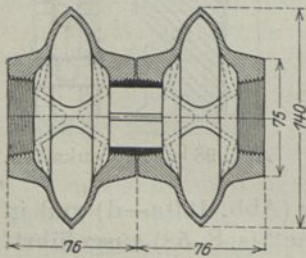


Abb. 101. Radiator-Nippelverbindung.

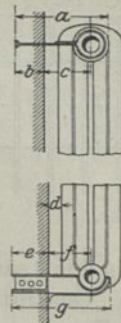


Abb. 102. Radiator auf Stützen.

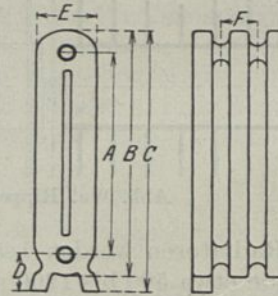


Abb. 103. Radiatormaße.

Füßen ist nicht zu empfehlen, da sie die Reinigung des Fußbodens erschwert. Für Rabitzwände werden Stützen und Halter in besonderer Form geliefert. Die Heizflächen erhalten einen Anstrich aus hitzebeständiger Ölfarbe. Die Glieder sollen nicht wesentlich über den

inneren Nippeldurchmesser erhöht werden, da sie sich sonst schlecht entlüften und oft zu Störungen der Wasserbewegung Anlaß geben.

Die zur Zeit üblichen Maßbezeichnungen der Heizkörper sind maschinentechnisch nicht einwandfrei und würden besser wie folgt abgeändert werden (Abb. 103.):

- A bisher Bauhöhe — besser Nippelhöhe, D unterer Nippelabstand,
- B bisher ganze Höhe ohne Fuß — besser Bauhöhe, E Bautiefe eines Gliedes,
- C bisher ganze Höhe mit Fuß — besser Gesamthöhe, F Baulänge eines Gliedes.

Alle Heizkörper werden vor Ablieferung aus der Fabrik mit einem Probedruck von 7 Atm. geprüft. Sonderausführungen von Radiatoren zeigen eingebaute Wärmeschränke oder Gaseinsätze für Heizung in der Übergangszeit (Abb. 104).

In neuerer Zeit, in der das Eisen teuer ist, wird es zweckmäßig sein, für die wirtschaftliche Beurteilung der Heizkörper (gleiche Lebensdauer vorausgesetzt) den Wert

$$w = \frac{H \cdot k}{g}$$

einzuführen. Hierin bedeuten:

w Wirtschaftlichkeitszahl,

H Heizfläche in m^2 ,

k Wärmedurchgangszahl in $WE/1 m^2$
 $1^\circ C$ 1 st

g Gewicht der Heizfläche H in kg.

Einen neuen Radiator hoher Wirtschaftlichkeitszahl zeigt Abb. 104 a.

4. Schmiedeeiserne Radiatoren. In den letzten Jahren sind schmiedeeiserne Radiatoren aufgetaucht, die meist nach dem Schweißverfahren hergestellt und zu Heizkörpereinheiten verbunden werden. (Abb. 105.) Die Behauptung, daß infolge der dünnen

Eisenstärke die Wärmeleistung höher sein muß als bei dem dickwandigeren Gußeisen, ist unrichtig. Die Heizleistungen sind, wie zahlreiche von uns durchgeführte Untersuchungen bewiesen haben, oft schlechter als bei gußeisernen Gliedern, da die Heizkörper vielfach erhebliche Konstruktionsfehler aufweisen.

5. Keramische Heizkörper. Abb. 106

zeigt einen Heizkörper, der aus Ton hergestellt und in all seinen Außenteilen glasiert ist. Er weist hygienisch einwandfreie Flächen auf, ist vorzüglich zu reinigen, läßt sich architektonisch gut behandeln und ist in seiner Wärmewirkung auch bei Niederdruckdampfheizung angenehm. Für gleiche Heizleistung ist nach unseren Untersuchungen mehr Heizfläche erforderlich als bei gußeisernen Heizkörpern. Für

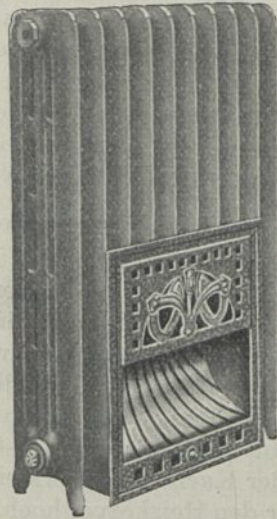


Abb. 104.
Radiator mit Gaseinsatz.

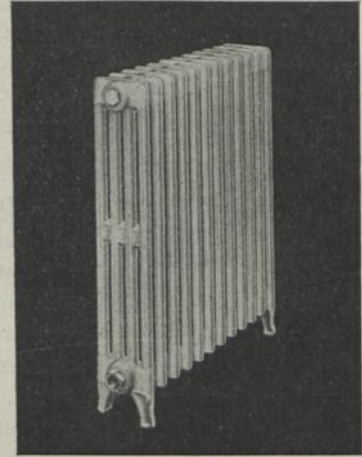


Abb. 104a.
Classic-Radiator der Nationalen
Radiator-Gesellschaft, Berlin.

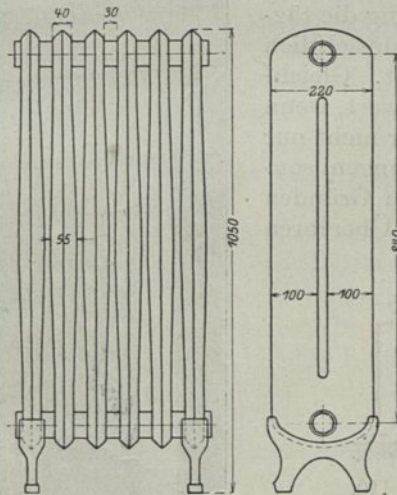


Abb. 105.
Schmiedeeiserner Radiator.

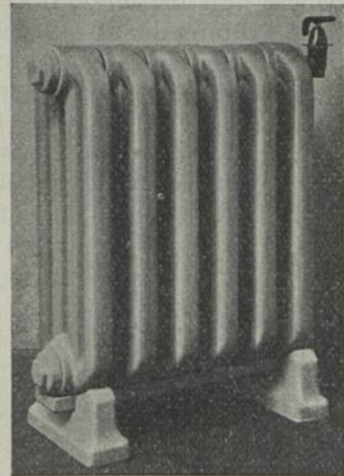


Abb. 106.
Keramischer Heizkörper.

Wasserheizungen ist er nicht zu empfehlen, da bei einem Bruch Überschwemmungen die Folgen sein können.

6. Plattenheizkörper. Eine hygienisch und technisch gute Heizkörperart ist der Plattenheizkörper, solange er in einer Platte ausgeführt wird. Zwei Platten beeinflussen sich bereits erheblich durch Gegenstrahlung. Bei Aufstellung in Nischen ist die Reinigung der rückwärtigen Fläche nahezu unmöglich. Eine besondere Ausführungsart ist der Zenithheizkörper, der aus leichtem Blech durch Schweißen hergestellt und durch Nieten versteift wird. (Abb. 107.)

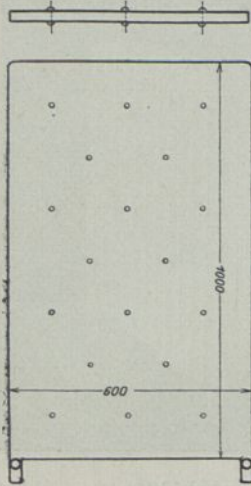


Abb. 107.
Zenithheizkörper.
Zenithwerke, Dresden.)

c) Heizkörperverkleidungen.

Die beste Anordnung des Heizkörpers ist die freie Aufstellung. Die Heizflächen haben dann die höchste Leistung und werden am sichersten rein gehalten. Auch der Einbau in offene Nischen ist empfehlenswert. Von Wichtigkeit ist es, die hinter den Heizkörpern befindlichen Wandflächen glatt und sauber auszuführen, damit auch dort kein Staub haften bleiben kann. Sehr empfehlenswert ist es, diese Flächen mit Wandplatten oder Kacheln zu verkleiden. Zieht man diese Flächen etwas über den Heizkörper hoch, so werden damit, insbesondere bei guter Farbenzusammenstellung, recht gefällige architektonische Wirkungen erzielt. Eine derartige Ausführung läßt auch ein leichtes Säubern der Wand von den durch Staubablagerung hervorgerufenen „schwarzen Fahnen“ zu. Die

Wärmeverluste durch die Außenwände werden verkleinert, wenn die Wand gegen den Heizkörper zu eine Isolierschicht (z. B. Torfoleumplatte) erhält.

Verkleidungen der Heizflächen sind, wenn irgend möglich, zu vermeiden. Zunächst fällt bei ihrer Anwendung die tägliche Prüfung der Heizflächen hinsichtlich der Sauberkeit fast immer fort. Gleichzeitig wird die Reinigung erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht. Aber nicht nur aus diesen hygienischen Erwägungen, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen sind Verkleidungen abzulehnen. Über ihren

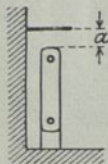


Abb. 108.

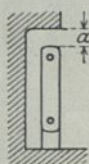


Abb. 109.

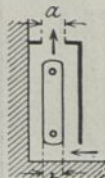


Abb. 110.

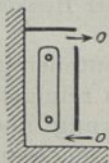


Abb. 111.

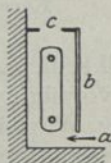


Abb. 113.

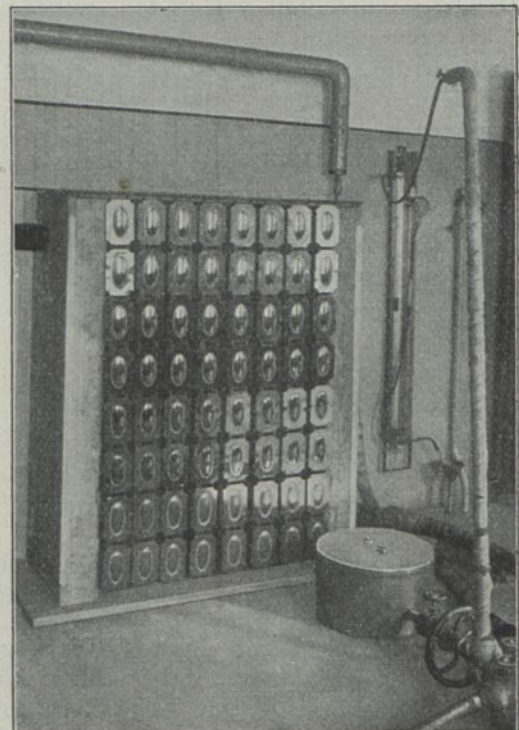


Abb. 112. Heizkörper mit Metallgehängen.

Einfluß haben wir umfangreiche Versuche¹⁾ durchgeführt, deren wichtigste Ergebnisse hier auszugsweise folgen:

1. Lateibretter nach Abb. 108 vermindern die Wärmeabgabe der Heizkörper:

bei einem Abstand a von	40	80	100 mm
um	5	3	2 vH

2. Offene Nischen nach Abb. 109 drücken die Wärmeabgabe der Heizflächen:

bei einem Abstand a von	40	80	100 mm
um	11	7	6 vH

herunter.

3. Verkleidungen nach Abb. 110 ergaben bei einem Heizkörper von $b = 220$ mm Bautiefe folgende Abnahmen der Leistung:

Gitterbreite	$a = 260$	220	180	150 mm
Abnahme der Leistung	12	13	19	25 vH

4. Verkleidungen nach Abb. 111 zeigten bei dem gleichen Heizkörper und offenem Ein- und Austritt O von 130 mm Höhe eine Verminderung der Heizleistung um 20 vH. Wurden die Öffnungen O mit einem Drahtgitter mittlerer Maschenweite versehen, so sank die Heizleistung weiter um 20 vH.
5. Die oftmals angewendeten, beliebten Metallgehänge (Abb. 112) ergaben Verminderungen der Heizkörperleistung bis 30 vH.

Danach ist es erklärlich, daß manche Heizanlage, infolge der vom Architekten angeordneten Verkleidung versagt, ohne daß ein unmittelbares Verschulden des Heizunternehmens vorliegt. Es soll daher die Art der Verkleidung vor Ausführung der Anlage festgelegt und hierüber eine schriftliche Vereinbarung getroffen werden. Lassen sich Verkleidungen nicht umgehen, so sind sie am besten nach Abb. 113 auszuführen. Es bedeutet a Luftzutritt von mindestens 100 mm Höhe, b Holzverkleidung aus einfachen Gitterrahmen bestehend, c oberer Luftaustritt in mindestens voller Heizkörpertiefe. Die vordere Gitterwand b ist durch Haken an den Seitenwänden befestigt und kann in wenigen Minuten vollkommen abgenommen werden. Derartige Verkleidungen führen eine Verminderung der Heizflächenleistung um rd. 15 vH herbei.

Die umgekehrte Wirkung (Steigerung der Heizleistung) wird erreicht, wenn die Luft nach Abb. 114 an verkleideten Heizflächen zwangsläufig mit höherer Geschwindigkeit vorbeistreicht. Hierüber haben Arnold und Henky Versuche angestellt, wobei letzterer eine Steigerung der Wärmeübergangszahl um rund 15 vH festgestellt hat²⁾. Zu bemerken ist, daß bei Anordnungen nach Abb. 114 die freie Strahlwirkung des Heizkörpers in den Raum ausgeschaltet und die Erwärmung der Luftschichten in Deckenhöhe begünstigt wird.

Über Heizkörper, an denen die Luft unter Einfluß von Ventilatoren mit großer Geschwindigkeit vorüberstreicht, siehe unter „Luftheizung“ Bd. I S. 102 u. f. bzw. Bd. II S. 87 u. f.

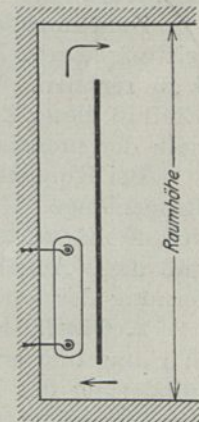


Abb. 114.

Steigerung der Heizleistung durch zwangsläufig geführte Luft höherer Geschwindigkeit.

¹⁾ Heft 4 der Mitteilungen der Anstalt. Verlag R. Oldenbourg, München

²⁾ Arnold, Über die Einstellung und Einhaltung bestimmter Temperaturen in Räumen durch die Regelung der Heizvorrichtungen, erläutert an Schulheizungen, Ges.-Ing. 1917, S. 361, 373 u. 381. — Henky, Die Nischenheizung in Gemäldegalerien, Ges.-Ing. 1918, S. 69 u. 81.

17. Untersuchung und Bewertung der Heizflächen.

Eine große Zahl verschiedener Heizkörperbauarten ist in unserer Anstalt geprüft worden¹⁾. Es ist klar, daß die Wärmeleistung der Heizkörper von verschiedenen Umständen abhängt, z. B. Aufstellung an einer mehr oder weniger starken Außenwand, Luftbewegung im Raum, Größe des Raumes usw. Die Praxis muß mit Zahlen rechnen, die selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen ausreichen, also mit kleinsten Werten von k . In dieser Hinsicht werden von uns Mindestwerte (Absolutzahlen) festgestellt. Neben diesen haben aber die Angaben, die unter gleichen Verhältnissen erhalten worden sind, erheblichen relativen Wert.

Man beurteilt die Leistungsfähigkeit eines Heizkörpers nach seiner Wärmedurchgangszahl k und versteht darunter jene auf $1 m^2$ bezogene Wärmemenge, die der Heizkörper in der Stunde abgibt, wenn der Temperaturunterschied zwischen der mittlerer Heizkörper- und der Raumtemperatur in Kopfhöhe $1^\circ C$ beträgt.

Die Wärmedurchgangszahl k ist von verschiedenen Einflüssen abhängig, die nachstehend kurz behandelt werden sollen. Auch bei Zentralheizkörpern wird ganz ähnlich wie bei Eisen- und Kachelöfen eine Art „Raumwirkungsgrad“ festzustellen sein.

1. Gestalt des Heizkörpers. Die Wärmeabgabe der Heizflächen erfolgt durch Strahlung, Leitung und Konvektion²⁾. Erstere Wirkung wird wesentlich herabgedrückt, wenn am Heizkörper gegenstrahlende Flächen vorhanden sind. Deswegen werden alle jene Teile der Heizflächen, die frei nach dem Raum strahlen können, günstig zu beurteilen sein. Das Gegenteil ist von jenen Flächenstücken zu sagen, denen in kurzem Abstand gleich hoch erwärmte Heizkörper Teile gegenüberstehen. Die geringste lichte Entfernung zweier Heizkörperflächen soll mindestens 25 mm betragen, welcher Wert auch hinsichtlich der Reinigungsfähigkeit nicht zu unterschreiten ist. Die Wärmeabgabe durch Konvektion ist erheblich abhängig von der Luftgeschwindigkeit. Deshalb werden alle jene Flächen unwirksam sein, an denen das Strömen der Luft behindert ist.

Zunehmende Höhe der Heizkörper und wachsende Gliederzahl setzt die Wärmeleistung herab. Man hat daher für verschiedene Bauhöhen mit veränderlichen Werten k zu rechnen. Weist der Heizkörper zwischen 6 und 10 Gliedern auf, so kann der Einfluß dieser Zahl vernachlässigt werden. Von ebenso geringem Einfluß ist innerhalb der praktisch vorkommenden Grenzen die Wandstärke der Heizfläche.

Bei Rippenheizkörpern zeigt sich eine Abnahme der Wirkung mit zunehmender Rippenlänge. Untersuchungen Rietschels haben ergeben, daß eine Rippenlänge von 40 mm wirtschaftlich am günstigsten ist. Jedoch darf nicht übersehen werden, daß diese Angabe nur für die geprüften Rippenheizkörper gilt, bei denen die Entfernung der parallelen Rippenflächen nicht mehr als 20 mm betrug.

2. Oberfläche des Heizkörpers. Rauhe Oberflächen begünstigen die strahlende Wirkung und erhöhen somit die Heizleistung. Glatte Oberflächen führen eine Verminderung der Leistung herbei, bewirken aber gleichzeitig durch Unterdrückung der Strahlung eine angenehmere Wärmeabgabe. Versuche Rietschels haben gezeigt, daß der Einfluß der Farbe rechnerisch vernachlässigbar erscheint.

3. Wandabstand. Auch der Wandabstand beeinflusst die Heizkörperleistung und zwar derart, daß sowohl zu geringe als auch zu große Entfernung ungünstig wirkt. Der vorteilhafteste Wandabstand wurde zu 50—60 mm gefunden.

4. Mittlere Wassertemperatur. Von wesentlichem Einfluß ist die Temperatur des Heizkörperwassers, wobei man als Rechenwert die mittlere Temperatur des

¹⁾ Rietschel, Preisarbeit, Ges.-Ing. 1896, S. 327 u. f. Heft 1 u. Heft 4 der Mitteilungen der Anstalt.

²⁾ Nußelt, Die Wärmestrahlung des Heizkörpers, Ges.-Ing. 1909, S. 293 u. f.

ein- und austretenden Wassers t_m einführt. Man muß daher für die verschiedenen vorkommenden Werte t_m stets andere Wärmedurchgangszahlen k ansetzen. Heizflächen, in denen sich das Wasser nicht genügend mischt, nehmen erheblich an Wärmeleistung ab. Deshalb haben z. B. wagerecht liegende größere Rohre eine verhältnismäßig geringere Leistung wie kleine Leitungen. Man muß daher z. B. bei Plattenheizkörpern durch Einbau von Scheidewänden für eine gute Wasserwirbelung Sorge tragen.

5. Wassergeschwindigkeit. Die Steigerung der Wassergeschwindigkeit erhöht die Wärmeleistung, jedoch kann dieser Einfluß bei Schwerkraftsheizungen innerhalb der vorkommenden Grenzwerte vernachlässigt werden.

6. Luftgeschwindigkeit. Von ganz bedeutendem Einfluß ist die Steigerung der Luftgeschwindigkeit. Versuche haben bewiesen, daß bei bestimmten Heizflächenarten z. B. eine Zunahme der Wärmeleistung aufs 5fache eintritt, wenn die Geschwindigkeit der die Flächen bestreichenden Luft aufs 10fache erhöht wird. Diese Erscheinung zeigt sich insbesondere bei jenen Heizkörpern, die in Lüftungs- und Luftheizanlagen Verwendung finden, worauf auf S. 102 näher eingegangen wird.

7. Raumgröße. Es ist mit Sicherheit zu vermuten, daß die Raumgröße die Wärmeleistung der Heizflächen in doppelter Hinsicht beeinflusst. In der Hauptsache dürfte hier freilich nur eine scheinbare Wirkung vorliegen, aber eine solche, die bei der Bemessung der Heizflächen aus nachstehenden Gründen zu berücksichtigen ist.

a) Größe und Gestalt des Raumes im Grundriß. Je größer ein Raum im Grundriß ist, je ungünstiger seine Gestalt im Hinblick auf eine gute Mischung der erwärmten und kalten Luft erscheint und je mehr die Heizfläche auf eine einzige Stelle zusammengedrückt ist, desto höher muß die Raumtemperatur sein, um ein angenehmes Wärmegefühl der Insassen zu erzielen. Da wir aber z. B. für alle Wohnräume gleiche Temperaturen vorschreiben, so äußert sich vorstehender Einfluß in einer scheinbar zu kleinen Leistung des Heizkörpers.

b) Höhe des Raumes. Je höher ein Raum ist, desto mehr steigt die Luft in die Höhe, desto schwerer ist es, in Kopfhöhe bzw. Kniehöhe die richtige Raumtemperatur zu erzielen. Dieser Umstand äußert sich wieder darin, daß bei hohen Räumen scheinbar eine geringere Heizkörperleistung auftritt. Versuche hierüber und Rücksichtnahme hierauf bei Bemessung der Heizflächen scheinen nötig.

18. Berechnung der Heizkörper.

Durch die im Bd. II S. 14 behandelte Wärmeverlustberechnung wird die Wärmemenge W ermittelt, die jeder Raum in der Stunde verliert. Die gleiche Wärmemenge muß sonach im Beharrungszustand von den Heizkörpern abgegeben werden. Die Leistung der Heizfläche F (WE/m²st °C) ist durch die im vorigen besprochenen Versuche bekannt und findet ihren Ausdruck in der Wärmedurchgangszahl k (in WE/m²st/ °C). Eine Zusammenstellung dieser Werte für die in der Praxis vorkommenden Fälle zeigt die Zahlentafel 7 u. f. S. 120 des II. Bandes.

Die für die Berechnung von Heizflächen allgemein gültigen Gleichungen sind ebenfalls im Bd. II S. 16 entwickelt. Für den Fall des zur Erwärmung eines Raumes dienenden Warmwasserheizkörpers läßt sich die Schlußgleichung in folgende einfache Formel bringen:

$$F = \frac{W}{k (t_m - t)},$$

worin außer den bekannten Größen t_m die mittlere Wassertemperatur (in °C) und t die in Kopfhöhe gewünschte Raumtemperatur (in °C) bedeutet. Es wird zweckmäßig sein, auch hier — wie bei Kachel- bzw. Eisenöfen — auf die Temperatur in Kniehöhe überzugehen.

19. Regelvorrichtungen für Warmwasserheizkörper.

a) Regelventile und Hähne.

Die Regelvorrichtungen haben einen doppelten Zweck:

1. Bei der Erprobung der Anlage benützt sie der Monteur, um ein gleichmäßiges Erwärmen aller Heizkörper zu erreichen (Voreinstellung).
2. Beim Betrieb der Anlage verwendet sie der Rauminsasse zur Veränderung der Raumtemperatur (Handregelung).

Im nachstehenden sollen einige Ausführungen besprochen werden. Von der Behandlung einfacher Vorrichtungen (Ventile, Hähne, Schieber) soll hier abgesehen werden da, diese zu den bekannten „Maschinenelementen“ zu rechnen sind.

Voreinstellbare Ventile haben gegen die vielfach angewendeten Hähne den Vorzug, daß sie nie festbrennen, dauernd gut abdichten und daher keiner Nacharbeit bedürfen. Durchgangsventile weisen stets große Strömungswiderstände auf und werden daher in der Regel durch Eckventile ersetzt, die sich bei zweckentsprechender Rohr-führung zwanglos anwenden lassen.

Für alle Regelvorrichtungen mit Voreinstellung ist zu fordern, daß bei gleichmäßiger Bewegung der Handregelung die Wärmeabgabe des Heizkörpers gleichmäßig verändert wird. Die Verhältnisse die hier auftreten sind eigenartig, die praktisch zu ziehenden Folgerungen wichtig und die Zusammenhänge meistens unbekannt. Es soll deshalb kurz auf den Gegenstand näher eingegangen werden, wobei ich bezüglich aller Einzelheiten auf die 25. Mitt. d. Anstalt: Ambrosius, Untersuchungen an Regelvorrichtungen für Dampf- und Wasserheizungen, verweisen muß¹⁾.

Eine Vorrichtung, welche die oben gestellte Forderung restlos erfüllt, müßte ein Diagramm (eine Kennlinie) nach Abb. 115 zeigen. Während man die Handregelung stetig von warm auf kalt dreht, müßte die Wärmeabgabe des Heizkörpers bzw. seine Füllung stetig von 1 (volle Füllung) bis 0 absinken. Dabei müßte die Gerade *K* Gültigkeit für jede beliebige Voreinstellung haben.

Ein Ventil, daß die erwähnte Forderung mit praktisch hinreichender Genauigkeit erfüllt, ist in Abb. 116 gezeigt. Die Voreinstellung wird durch den Stellzylinder *S* besorgt, der nach Lockerung der Überwurfmutter *Ü* mit dem Ventilmittelstück *M* gedreht werden kann, wodurch die abgeschrägte Kante *K* den Durchflußquerschnitt „voreinstellt“. Die Größe der Voreinstellung wird mit Hilfe der Zunge *Z* auf einem besonderen Maßstab der Teilscheibe *T* angezeigt, so daß die Größe der Voreinstellung am Ventil von außen sofort ersichtlich ist. Zur Handregelung dient das gewöhnliche unterhalb der Buchstaben *S*, *K* ersichtliche Ventil, dessen Stellung auf der Teilscheibe abgelesen werden kann.

Die Kennlinie dieses Voreinstellventiles in den äußersten Grenzen der Voreinstellung zeigt Abb. 117, wobei zu bemerken ist, daß die den übrigen Voreinstellungen entsprechenden Kurven zwischen die Grenzlinien I und III fallen. Die oben erhobene Forderung wird von der vorliegenden Ausführung nahezu vollkommen erfüllt; das Ventil ist als sehr gut zu bezeichnen.

Den entgegengesetzten Fall zeigt die Abb. 118a, welche die „Kennlinien“ des in der Abb. 118b dargestellten Hahnes „mit Voreinstellung“ bringt. Die Abb. 118a ist nach dem Vorgesagten ohne weiteres verständlich, wozu nur bemerkt werden soll, daß *S* der Stellzylinder der „Voreinstellung“ ist. Zu Abb. 118b (Kennlinien) ist zu sagen:

1. Die Füllungslinien sind bei jeder Voreinstellung vollkommen verschieden und außerdem von der idealen Diagonale stark abweichend. Schon aus letzterem Grunde, aber auch darum, weil der Rauminsasse die jeweils eingestellte Voreinstellung gar nicht kennt, ist bei diesem Hahn eine gute Regelwirkung ausgeschlossen.

¹⁾ Verlag R. Oldenburg, München-Berlin 1919.

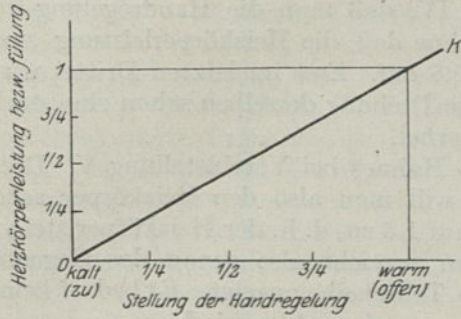


Abb. 115.

Kennlinie einer idealen Regelvorrichtung.

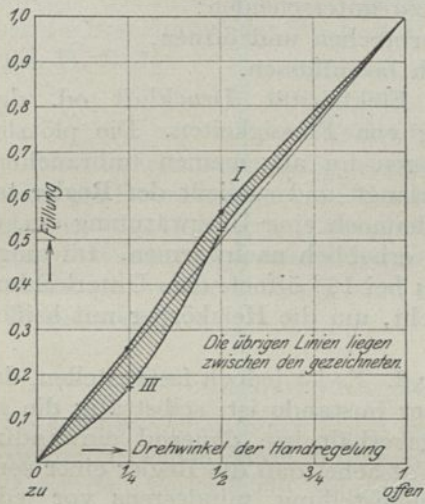


Abb. 117.

Kennlinie des Regelventils Abb. 116. Die Linienzüge I bzw. III entsprechen der größten und kleinsten Voreinstellung.

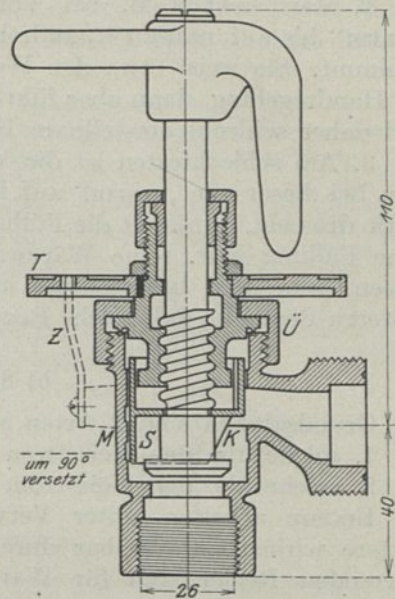


Abb. 116.

Regelventil mit Voreinstellung der Firma Rietschel & Henneberg, G. m. b. H., Berlin.

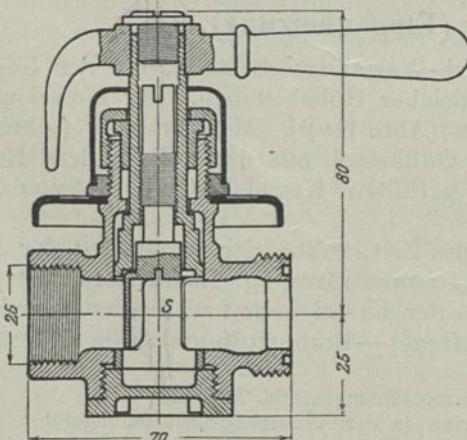


Abb. 118a.

Regelhahn mit Voreinstellung.

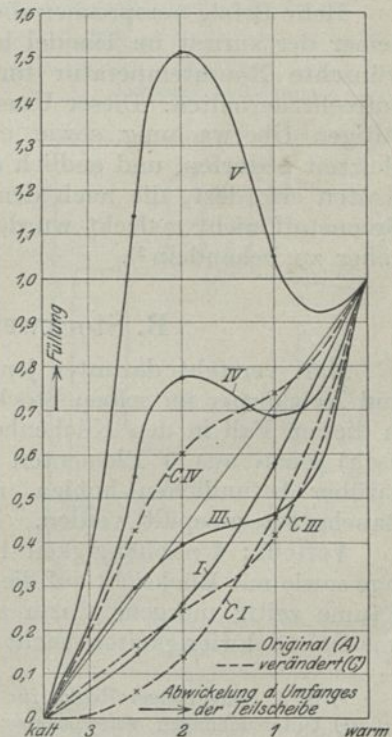


Abb. 118b.

Kennlinie des Regelhahns Abb. 118a.

2. Man sieht z. B. bei Voreinstellung IV, daß man die Handregelung von „warm“ bis auf nahezu $\frac{2}{3}$ zudrehen kann, ohne daß die Heizkörperleistung stark abnimmt. Sie weist etwa den Wert 0,7 bis 0,8 auf. Erst im letzten Drittel wirkt die Handregelung, dann aber führt eine geringe Drehung derselben schon eine starke und daher schlecht einstellbare Drosselung herbei.

3. Am schlechtesten ist die Wirkung des Hahnes bei Voreinstellung V. Dreht man bei dieser von „warm“ auf Punkt 2 zu, will man also den Heizkörper schon stark drosseln, so nimmt die Füllung von 1,0 auf 1,5 zu, d. h. der Heizkörper steigert seine Füllung bzw. seine Wärmeabgabe. Man erreicht also genau das Gegenteil dessen, was man beabsichtigt und was die Teilscheibe anzeigt. Es bedarf keines weiteren Beweises, daß solche Regelvorrichtungen unbrauchbar sind.

b) Selbsttätige Regler¹⁾.

Grundsätzlich sind 2 Arten solcher Regler zu unterscheiden:

1. solche, die den Heizstrom plötzlich unterbrechen und öffnen,
2. solche, die den Heizstrom nur allmählich beeinflussen.

Erstere arbeiten unter Verwendung von Elektrizität, Druckluft od. dgl., letztere wirken unmittelbar durch Ausdehnung von Flüssigkeiten. Die plötzlich sperrenden Regler sind für Warmwasserheizungen im allgemeinen unbrauchbar. Wird z. B. eine Raumtemperatur von 18° C verlangt und schließt der Regler tatsächlich genau bei dieser Temperatur, so tritt dennoch eine Überwärmung ein, da die mit heißem Wasser vollgefüllten Heizkörper erheblich nachwärmen. Im umgekehrten Fall wird, selbst wenn der Regler genau bei 18° öffnet, eine Unterkühlung eintreten, da die Anlage eine gewisse Zeit braucht, um die Heizkörper mit heißem Wasser zu füllen.

Mehr Erfolg versprechen die Bauarten unter 2. Es ist jedoch festzustellen, daß keiner der zurzeit im Handel befindlichen Regler imstande ist, selbsttätig die gewünschte Raumtemperatur für alle Witterungsverhältnisse dauernd einwandfrei aufrechtzuerhalten. Dieser Umstand sowie die Tatsache, daß die Regler einer sorgfältigen Überwachung sowie einer öfteren Neueinstellung, mindestens vor jeder Heizzeit bedürfen, und endlich die Überlegung, daß der Einbau der Apparate hohe Kosten erfordert, die nach den bisherigen Erfahrungen durch die Ersparnisse an Brennstoff nicht gedeckt wurden, veranlaßt mich den Gegenstand vorläufig nicht näher zu behandeln²⁾.

B. Stockwerksheizung (Etagenheizung).

Man versteht darunter jene Niederdruck-Warmwasserheizung, bei der Kessel und Heizkörper im selben Stock (also auf gleicher Höhe) stehen. Der Kessel wird in diesem Fall in den Küchenherd eingebaut (Abb. 119)³⁾. Man erkennt (schematisch) einen aus 3 Elementen bestehenden Gußkessel, mit unten liegendem Rost, darüber befindlichen hohlen, mit Wasser gefüllten Kesselgliedern, die von den Rauchgasen umspült werden.

Vorteile: Unabhängigkeit hinsichtlich des Zeitpunktes der Benutzung der Anlage sowie mit Rücksicht auf die gewünschte Raumerwärmung. **Nachteile:** Sollen die Räume zeitig morgens warm sein, so muß der Kessel sehr früh bedient werden, was meist Schwierigkeiten macht (Dienstbotenfrage)—Brennstoff- und Ascheförderung

¹⁾ S. a. Selbsttätiger Regler für Niederdruck-Dampfheizungen, Bd. I, S. 92.

²⁾ Untersuchungen verschiedener Reglerarten sind in der Versuchsanstalt durchgeführt. Es ist hierüber im Heft 2 der Mitt. der Anstalt (Verlag R. Oldenburg, München-Berlin 1910) ausführlich berichtet worden.

³⁾ S. a. Abb. 37, Bd. I, S. 35.

in der Küche — schwierige Unterbringung der verhältnismäßig dicken Rohre in den dünnen Zwischenwänden sowie des Hauptvor- und Rücklaufes — höhere Anlagekosten als bei Schaffung einer einheitlichen Kesselanlage für das ganze Haus. Die oftmals behauptete Ersparnis an Brennstoff infolge der Kupplung des Kochens und Heizens tritt in nennenswertem Maß kaum ein, da das Wärmebedürfnis für beide Fälle zeitlich nicht übereinstimmt.

Die Stockwerksheizungen haben sich daher ziemlich überlebt. Für kleine, abgetrennte Wohnungen (z. B. Schuldienerrzimmer in Schulen mit Zentralheizung) beschafft man am besten Ofenheizung. Über die Berechnung der Stockwerkheizung s. Bd. II, S. 34.

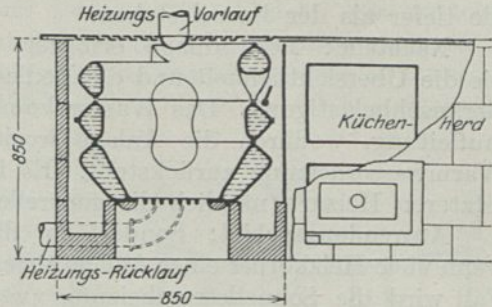


Abb. 119. Herdkessel.
(Strebelwerk, Mannheim.)

C. Gewächshausheizung.

Die Gewächshausheizung ist eine gewöhnliche Niederdruck-Warmwasserheizung, bei der die Rohrleitungen gleichzeitig Heizkörper sind (Abb. 120). Ihr Anwendungsgebiet ist das (kleinere) Gewächshaus, wobei sehr niedrige Wassertemperaturen benutzt werden. Die Eigenheiten der Berechnung sind im Bd. II, S. 34 u. 51 besprochen.

D. Schnellstromheizung.

Schnellstromheizungen nennt man Warmwasserheizungen, in denen durch Einblasen von Dampf oder Luft in den Vorlauf ein schnelleres Strömen des Wassers in der Anlage erreicht wird. Als Vertreter der vielen möglichen Ausführungen¹⁾ sei in Abb. 121 die Reckheizung dargestellt, die die erste Anlage dieser Art war. Vom Dampfkessel *A* steigt Dampf durch die Leitung *B* hoch und gelangt zunächst durch das Rohr *C* in einen Gegenstromapparat *D*, in welchem das Heizwasser der Anlage erwärmt wird. Dieses strömt in *E* hoch, durchstreicht einen zweiten Gegenstromapparat (Kondensator) *F* und tritt in den Mischer *G* ein. Dort wird dem Vorlaufwasser aus der Dampfleitung *B* Dampf eingespritzt, worauf das sehr leichte Dampfwassergemisch durch das „Motorrohr“ *H* ins Ausdehnungsgefäß *J* gelangt. Dort scheidet sich der Dampf oben aus, strömt durch *K* zum Kondensator *F*, wird dort niedergeschlagen und kehrt in Wasserform durch *L* zum Kessel zurück. In die gemeinsame Rückleitung *M* mündet die Dampfwasserleitung *N* des ersten Gegenstromapparates *D*. Aus dem unteren Teile des Gefäßes *J* fließt das Vorlaufwasser durch die obere Verteilleitung *O* in die Heizanlage und kehrt aus ihr durch *P* zum ersten Gegenstromapparat *D* zurück.

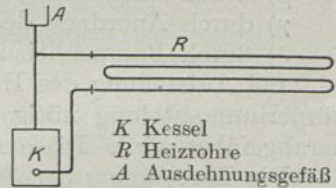


Abb. 120.
Gewächshausheizung.

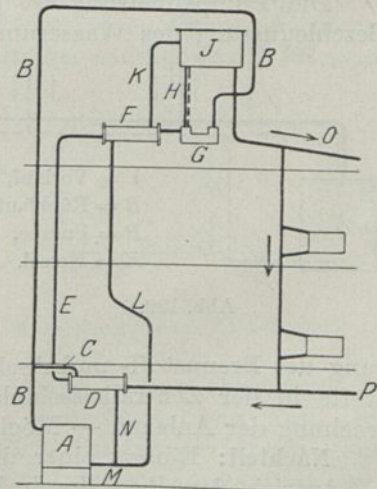


Abb. 121.
Schnellstrom-(Reck-)Heizung.

¹⁾ Meter, Warmwasser-Schnellumlaufheizungen, Ges.-Ing. 1907, S. 469.

Vorteile: Durch die im Motorrohr entstehende erhebliche Umtriebskraft wird der Wasserumlauf beschleunigt, so daß engere Rohrleitungen verwendet werden können. Die größere Betriebskraft gestattet sogar die Versorgung von Heizkörpern, die tiefer als der Kessel stehen.

Nachteile: Die Anlage erfordert eine Reihe von Sonderapparaten, durch die die Übersichtlichkeit und die Bedienung der Anlage erschwert wird. Manchmal Geräuschbelästigung. Das Wasser kommt stets mit annähernd 100°C in die Vorlaufleitung, wodurch die Anlage hygienisch wesentlich hinter der gewöhnlichen Warmwasserheizung zurücksteht. Es fehlt ihr auch einer der Hauptvorteile der letzteren Heizart, nämlich die generelle Regelfähigkeit.

Anwendungsgebiet: Sonderfälle, die insbesondere dann gegeben erscheinen, wenn viele Heizkörper einer Anlage tiefer stehen als der Kessel. Aber selbst in diesem Fall wird die Schnellstromheizung zweckmäßig durch eine Pumpenheizung zu ersetzen sein. Erstere Heizarten, die innerhalb einer gewissen Zeitspanne fast zur Mode geworden waren, für die eine kaum glaubliche Menge geistiger Leistung und eine Unsumme von Patentarbeit aufgewendet wurden, hat sich überlebt. Bei Fernheizungen sind einzelne Gedanken Recks in der „Mischwasserheizung“ (s. S. 113) erhalten geblieben. Räume, die tiefer als die Kessel liegen, lassen sich auch ohne Schnellstromheizungen erwärmen:

- a) durch Ofenheizung,
- β) durch Ausführung der Einrohrheizung,
- γ) durch Anordnen des Heizkörpers an der Raumdecke mit Luftführung,
- δ) durch Pumpenheizung.

Bei Aufstellung des Heizkörpers in der Nähe der Raumdecke wird eine Heizkörperummantelung nötig derart, daß die Luft zwangsweise bis zum Fußboden herabgeführt wird. Diese Ausführung ist jedoch nicht zu empfehlen.

Die Berechnung der Schnellstromheizung wird im Bd. II, S. 35 behandelt.

E. Pumpenheizung.

Die Pumpenheizung ist eine gewöhnliche Warmwasserheizung, bei der zur Beschleunigung des Wasserumlaufes eine Pumpe P in den Rücklauf R eingebaut wird (Abb. 122).

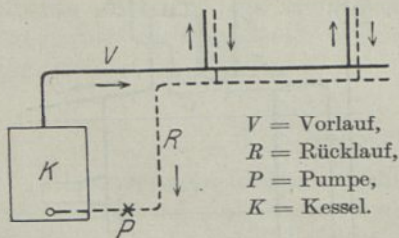


Abb. 122.

Vorteile: Beheizung großer, wagrecht weit verzweigter Bauten und Baugruppen von einer Stelle aus, — Möglichkeit der generellen Regelung für alle beheizten Räume von einer Zentrale, — Erwärmung von Zimmern und Bauten, die tiefer stehen als der Kessel — Verringerung der Anlagekosten durch Anwendung kleiner Rohrmaße — Freiheit in der Leitungsführung (bei guter Entlüftung) — eine einzige Feuerstelle — Zentralisierung des Brennstoff- und Aschetransportes — Verwendung minderwertiger Brennstoffe in der Zentralkesselanlage — Vereinfachung der Bedienung, bessere Überwachung der Anlagen — Möglichkeit großzügiger Abwärmeverwertung.

Nachteil: Einbau einer der Wartung und Ausbesserung unterworfenen Pumpe — Antrieb derselben durch Elektromotoren, Dampfmaschinen oder Turbinen — Betriebskosten der letzteren.

Anwendungsgebiet: Man soll von der gewöhnlichen Schwerkraftsheizung nur dann zur Pumpenheizung übergehen, wenn die genaue Nachrechnung des Falles erhebliche Ersparnisse an Betriebskosten (einschließlich Tilgung und Verzinsung der Anlage) ergibt und eine sachverständige Wartung der Maschinen gesichert erscheint. An Baulichkeiten kommen in Frage: Krankenhäuser, Sanatorien, Irren-

anstalten, Siedlungen bei Abwärmeverwertung, Kraftbetriebe mit Heizungs-, Lüftungs- und Warmwasserversorgungsanlagen, Fernheizungen usw.

Ausführung: Kesselanlage, Rohrleitungen und Heizkörper sind grundsätzlich dieselben wie bei einer gewöhnlichen Schwerkraftsheizung mit der Ausnahme, daß meist schmiedeeiserne Großwasserraumkessel Verwendung finden. (Selbsttätige Beschickung, etwaig auch ebensolche Bekohlung.) Nur die Rohrführung ist mit Rücksicht auf die durch die rasche Wasserbewegung erschwerte Entlüftung anders. In vielen Fällen hat sich die Ausführung nach Abb. 123 bewährt. Vom Kessel *K* strömt das Wasser durch den Steigstrang *S* zum offenen Ausdehnungsgefäß *A*, das im höchsten Punkt der Anlage steht. Die Vorlaufleitung führt steigend bis zum letzten Strang, auf dem ein geschlossenes Entlüftungsgefäß *E* (Windkessel) angebracht ist. Durch Erweiterung der Rohrleitung an den Stellen *T* wird die Ausscheidung der Luft begünstigt. Kurz nach der Inbetriebsetzung sind die Gefäße *E* öfters zu entlüften.

Es kommt bei Pumpenheizungen manchmal vor, daß die der Pumpe nächstgelegenen Stränge sehr stark abgedrosselt werden müssen. Diese Anordnung, die zu manchen Unzuträglichkeiten führt, wird bei der von Tichelmann benutzten Rohrführung (Abb. 124) vermieden. Über die Aufstellung der Pumpe und den Anschluß des Ausdehnungsgefäßes s. a. S. 111.

Oftmals wird versucht, bei einer für Pumpenwirkung berechneten Anlage die Pumpe selbst nur zum Anheizen oder bei sehr strengem Frost als Zusatzantrieb zu benutzen. Dies ist nur dann möglich, wenn der Pumpendruck so niedrig angenommen wird, daß sich die Strömungsverhältnisse der Pumpenheizung nur wenig von den durch die Schwerkraftwirkung hervorgebrachten Strömungsvorgängen unterscheiden. Bei der Berechnung der Pumpenheizung darf dann die Schwerkraftwirkung nicht vernachlässigt werden. Die Berechnung des Rohrnetzes von Pumpenheizungen ist im Bd. II, S. 35 enthalten. Die Pumpe ist so aufzustellen und mit der Rohrleitung zu verbinden, daß durch sie keine Geräusche in die Anlage übertragen werden (schallsicherer Pumpenaufbau auf dämpfender Unterlage, ruhiger Lauf des Antriebsmotors, nicht zu hohe Drehzahl, Verwendung dicker Gummischeiben zwischen Pumpen- und Rohrleitungsflanschen). Die Motore erhalten am besten Gleichstromantrieb mit weiten Regelungsgrenzen oder kleine Dampfturbinen unter Abdampfausnutzung. Der Betrieb der Pumpe ist unter allen Umständen sicherzustellen, weshalb voneinander völlig unabhängige Antriebsmotore zu beschaffen und Wechselstücke vorzusehen sind. Anwendung von Tag- und Nachtpumpen zwecks Betriebskostensparnis. Die Sicherheitsvorrichtungen¹⁾ sind dahin zu erweitern, daß selbst bei langandauerndem Stillstand der Pumpen ein Überkochen und sonach ein „Poltern“ der Anlage nicht auftreten darf. Wird die Anlage sehr groß, oder sind mehrere Gebäude an die Pumpenheizung anzuschließen, so wird sie zur Fernheizung, die auf S. 109 u. f. dieses Bandes näher behandelt ist.

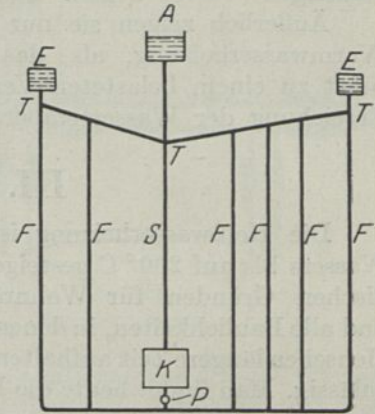


Abb. 123.
Entlüftung einer Pumpenwarmwasserheizung.

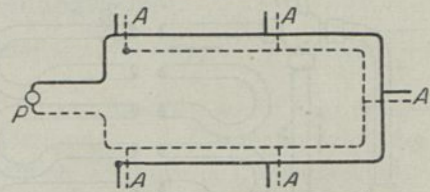


Abb. 124.
Rohrführung nach Tichelmann.

¹⁾ Schmidt, Sicherheitsvorrichtungen. Ges.-Ing. 1914, Nr. 3.

II. Mitteldruck-Warmwasserheizung.

Die Mitteldruck-Warmwasserheizung unterscheidet sich von der Niederdruck-Warmwasserheizung nur durch die höhere Erhitzung des Wassers. Während bei letzterer Heizart die höchste Wassertemperatur 95° nicht übersteigen soll, arbeiten erstere Anlagen bei tiefsten Außentemperaturen mit Wasser von 120° C. Mitteldruck-Warmwasserheizungen weisen daher selbst bei mittleren Wintertemperaturen Oberflächentemperaturen der Heizkörper auf, die über den als hygienisch noch zulässigen Werten liegen. Die Anwendung dieser Heizart ist daher abzulehnen.

Äußerlich zeigen sie nur insofern eine Änderung gegenüber der Niederdruck-Warmwasserheizung, als das Ausdehnungsgefäß geschlossen ist. Der Überlauf führt zu einem belasteten Ventil, das einen Druck von 2 at abs. und somit die Erreichung der Wassertemperatur von rund 120° sichert.

III. Heißwasserheizung.

Die Heißwasserheizung ist eine Wasserheizung, bei der die Temperatur des Wassers bis auf 200° C gesteigert werden kann. Diese Heizart ist daher aus hygienischen Gründen für Wohnräume und alle Baulichkeiten, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten, unzulässig. Man findet heute die Heißwasserheizung nur mehr in industriellen Betrieben, wie z. B. für Backöfen, Kerntrockenöfen, Lackier-

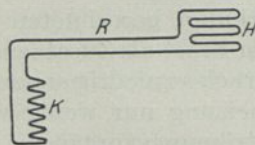


Abb. 125. Heißwasserheizung.

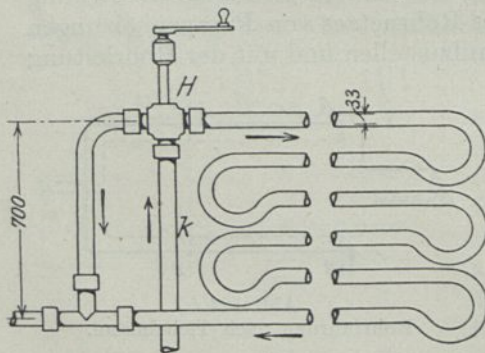


Abb. 127. Heizkörper einer Heißwasserheizung.

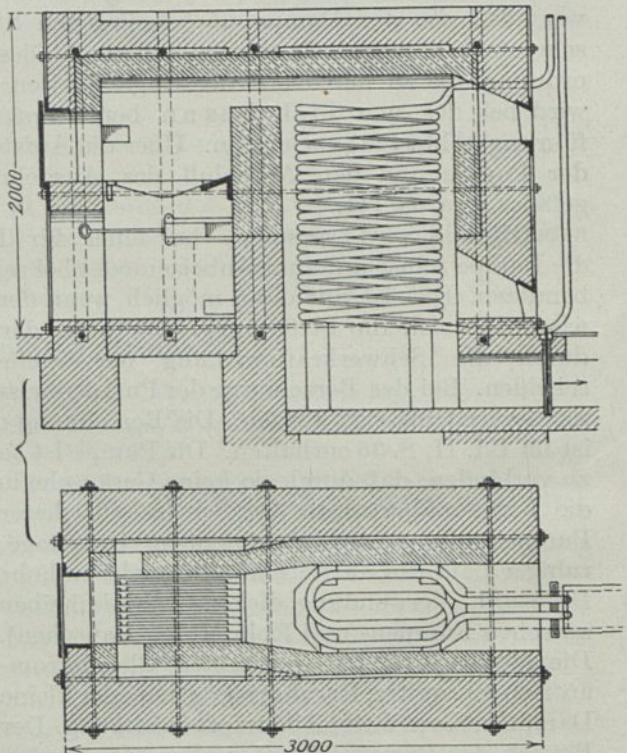


Abb. 126. Kessel für Heißwasserheizung.

anlagen usw. Für diese Zwecke ist die Heißwasserheizung allerdings gut geeignet, da sie eine ganz allmählich ansteigende Erwärmung und Austrocknung bis zu hohen Temperaturen zuläßt. Die Heißwasserheizung besteht aus einem in sich geschlossenen Rohrzug (Abb. 125) von 23 mm lichtem und 33 mm äußerem Durchmesser. Alle Rohre werden im kalten Zustand unter einem Druck von 250 Atm. geprüft. Ein Teil der Rohre liegt im Feuer und bildet den Kessel *K*, ein Teil der Rohre ist in den Räumen untergebracht und dient als Heizkörper *H*, der Rest ist die verbindende Rohrleitung *R*.

Der Kessel nimmt die Form nach Abb. 126 an, wobei 2 (oder mehrere) Röhrengruppen vorhanden sein können. Die Heizkörper kommen nach Abb. 127 zur Ausführung. Eine unmittelbare Regelung der Wärmeabgabe ist unmöglich. Sie kann mittelbar dadurch erreicht werden, daß das Wasser mit Hilfe des Dreiweghahnes *H* und des Kurzschlußrohres *k* gezwungen wird, den Heizkörper nur teilweise oder gar nicht zu durchströmen. Das Ausdehnungsgefäß geht in Ausdehnungsrohre *a a* (Abb. 128) über.

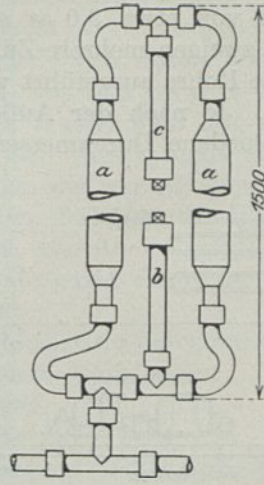
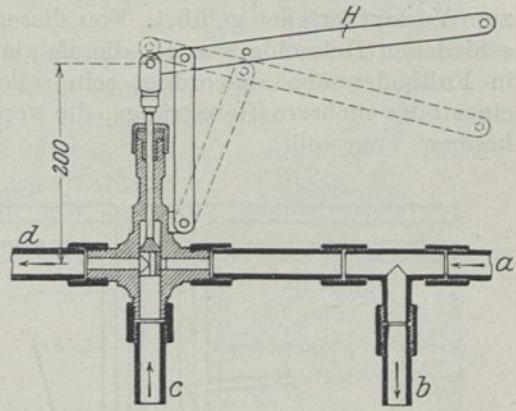


Abb. 128. Ausdehnungsrohre.

Abb. 129.
Durchpumphahn.

Zum Nachspeisen der Anlage werden die Verschlüsse *b* u. *c* entfernt und durch *b* Wasser zugelassen. Abb. 129 zeigt einen Durchpumphahn. Er dient zum Durchpumpen und Entlüften der Anlage. In der gezeichneten Stellung läßt er das aus *a* ankommende Wasser bei *b* ins Rohrnetz. Es durchläuft die ganze Anlage in einer Richtung, muß bei *c* einströmen und bei *d* austreten. Im Betriebe wird der Hebel *H* nach abwärts gedrückt und festgestellt. Nunmehr ist die Verbindung *b c* offen. Die Stutzen *a* und *d* werden verschraubt. Über die Berechnung der Heißwasserheizung s. Bd. II, S. 37.

IV. Dampfheizungen.

A. Hochdruck-Dampfheizung.

1. Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet.

Vorteile: Enges, daher billiges Rohrnetz — beliebige Führung der Leitungen — Fernübertragung von Wärme.

Nachteile: Oberflächentemperaturen von 120° C. und darüber, somit sehr erhebliche Staubversengung — starke Strahlungsbelästigung — Unmöglichkeit der Regelung der Heizkörper — Geräusch des strömenden Dampfes — Wasserschläge in den Dampfwaterleitungen — dauernde Wartung der Dampfwaterableiter — leichtes Undichtwerden der Rohrverbindungen infolge des hohen Druckes — große Wärmeverluste und dadurch teurer Betrieb — kostspieliger Wärmeschutz — Notwendigkeit behördlicher Genehmigung der Kesselanlage.

Anwendungsgebiet: Aus allen diesen Gründen ist die Hochdruck-Dampfheizung für die unmittelbare Beheizung von Wohnräumen abzulehnen. Sie wird manchmal in Fabriken und Hallen benutzt, aber auch dort, sofern nicht besondere Umstände vorliegen, besser durch Niederdruck-Dampfheizung ersetzt. Über die Verwendung des Hochdruckdampfes in Luftheizungen s. S. 101, über Dampfwaterheizungen s. S. 96. Das hauptsächlichste Anwendungsgebiet (in der Heiztechnik) ist die Fernleitung von Wärme¹⁾. Als Sonderausführung der Hochdruck-Dampfheizung gilt die

¹⁾ S. Fernheizungen.

in Amerika gebräuchliche Kreislaufheizung. Eine Abart letzterer ist die Krantzheizung, die in Abb. 130 z. B. als Zwischendampfheizung schematisch dargestellt erscheint. Vom Dampfkessel geht die Frischdampfleitung zur Kraftmaschine. Aus ihrem „Aufnehmer“ wird Zwischendampf von etwa 3,0 at abs. entnommen und zum Vorlaufverteiler geführt. Von diesem zweigen mehrere Zuleitungen zu den verschiedenen Heizschlangen ab, die als glatte Rohre ausgeführt werden und möglichst in Fußbodennähe angeordnet sein sollen. Je nach der Außentemperatur werden einer oder mehrere Heizstränge, die verschiedene Durchmesser (Heizflächen) haben können, angestellt.

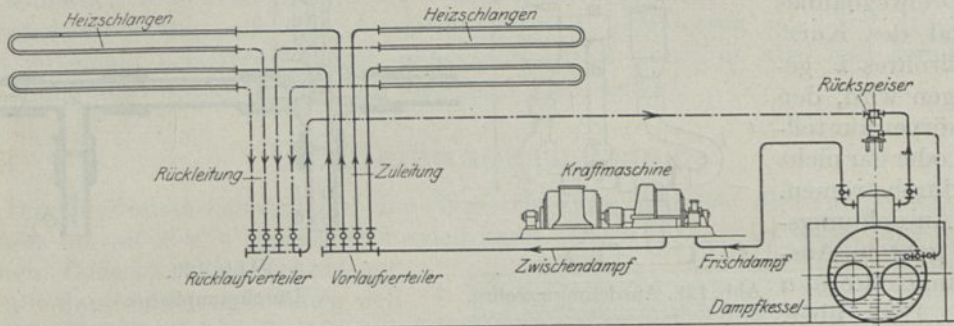


Abb. 130. Schema der Krantzheizung.

Dampf und Kondensat gelangen durch die Rückleitungen zum Rücklaufverteiler und von dort zum Rückspeiser, der aus Abb. 150 näher ersichtlich ist. Aus ihm wird unter Mitwirkung von Frischdampfdruck das Kondensat unmittelbar in den Wasserraum des Kessels gedrückt.

Die Krantzheizung vermeidet die Anwendung von Dampfwaterableitern, ersetzt die Regelung der Heizkörper durch Gruppenregelung und ermöglicht die Ausnützung der Kondensatwärme in weitgehendem Maß. Bei der Anwendung dieses Systems sind eine Reihe von Einzelheiten zu berücksichtigen, so daß die Entscheidung nur von Fall zu Fall erfolgen kann.

2. Ausführung der Hochdruck-Dampfheizung.

a) Kessel.

Die Kessel sind gewöhnliche Hochdruck-Dampfkessel, hinsichtlich deren Herstellung und Ausrüstung auf den allgemeinen Kesselbau verwiesen werden kann. Bei Auswahl der Kesselbauart ist zu bedenken, daß Heizanlagen einen sehr schwankenden Wärmebedarf aufweisen und insbesondere beim Anheizen viel Dampf benötigen. Zu bemerken ist ferner, daß eine zu große Überhitzung wärmetechnisch nichts nützt und das Rohrleitungszubehör schädigt. Die Überhitzung soll daher nicht mehr als 50 bis 100° C. betragen und dient dem Erhalt trockenen Dampfes. Unrichtig ist es, Kessel die nur zur Erzeugung von Heizdampf dienen, mit z. B. 15 atm. zu betreiben und die Spannung nachher durch Druckminderer abzdrosseln. Im allgemeinen wird es kaum nötig sein, die Kesselspannung über 8 atm. zu erhöhen.

b) Rohrleitung und Zubehör.

Dampftrockner. Soweit der Dampf nicht durch Überhitzung erhalten wird, ist der den Kesseln entnommene Dampf zu trocknen. Einer der vielen diesem Zweck dienenden Wasserabscheider ist in der Abb. 131 dargestellt. Das Wasser wird durch Stoß gegen lotrechte Flächen, sowie durch plötzliche Richtungsänderung, abgesetzt. Bei der Berechnung der Dampfleitungen sind die hohen Widerstände der Trockner zu berücksichtigen.

Sendtner¹⁾, Deinlein²⁾ und Hencky³⁾ haben den Beweis erbracht, daß Wasserdampf an „feiner Feuchtigkeit“ höchstens 1 vH enthält. Die restliche Feuchtigkeit ist stets nur als „grobe Feuchtigkeit“ vorhanden und am einfachsten durch Drosselscheiben abzuschneiden.

Dampfwassertöpfe. Das sich bei *a* in dem Abscheider Abb. 131 ansammelnde Wasser muß nun so nach außen gebracht werden, daß das Wasser, nicht aber der Dampf abströmt. Hierzu dienen die sog. „Dampfwassertöpfe“⁴⁾. Da das richtige Arbeiten derselben die Wirtschaftlichkeit von Hochdruckanlagen wesentlich beeinflußt, soll nachstehend auf die Apparate näher eingegangen werden.

Man unterscheidet:

1. Töpfe mit geschlossenem Schwimmer,
2. Töpfe mit offenem Schwimmer,
3. Ausdehnungstöpfe,
4. Töpfe ohne bewegliche Teile.

Einen Dampfwassertopf (Dampfwasser-Ableiter) der 1. Art zeigt Abb. 132. Das bei *a* ankommende Dampfwasser (Kondensat) tritt in den Hohlkörper *b*, in dem sich ein Schwimmer *c* befindet. Er steuert ein Ventil *d* derart, daß dieses bei gesenkter Schwimmerstellung „zu“ ist. Allmählich füllt sich der Hohlraum *b* mit Wasser, der Schwimmer *c* hebt sich und öffnet nunmehr das Ventil *d*. Der hinter *a* stehende Dampf drückt jetzt das Kondensat durch *d* bei *e* fort. Mit dem abströmenden Kondensat sinkt aber auch der Schwimmer *c* und schließt das Ventil *d*.

Einen Vertreter der Töpfe 2. Art (mit offenem Schwimmer, auch Freifalltöpfe genannt) zeigt Abb. 133. Das bei *a* ankommende

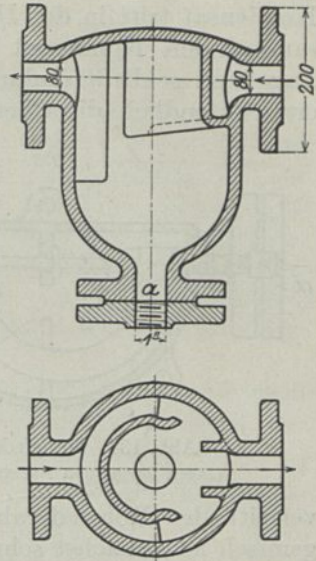


Abb. 131. Wasserabscheider.

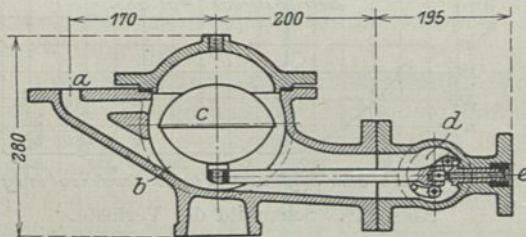


Abb. 132. Dampfwassertopf mit geschlossenem Schwimmer.

(Dreyer, Rosenkranz u. Droop, Hannover.)

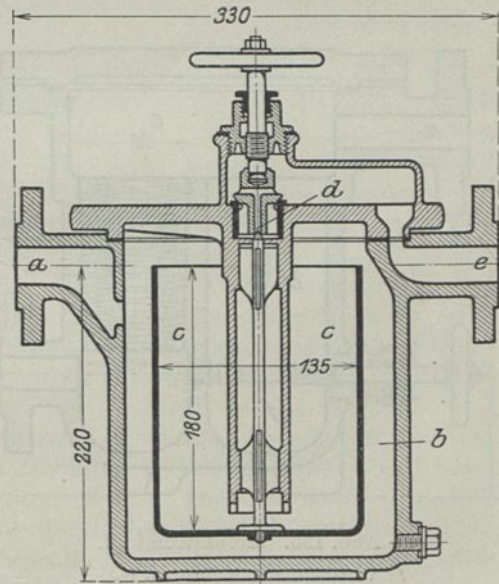


Abb. 133. Dampfwassertopf mit offenem Schwimmer (Freifalltopf).

(Jäger, Rothe und Nachtigall, Leipzig.)

¹⁾ Sendtner, Die Bestimmung der Dampffeuchtigkeit mit dem Drosselkalorimeter und seine Anwendung zur Prüfung von Wasserabscheidern. Dissertation München 1910; Mitt. über Forschungsarbeiten d. Vereins Deutscher Ingenieure Heft 98 u. 99, Berlin 1911.

²⁾ Deinlein, Versuche über die Abhängigkeit der Dampffeuchtigkeit von der Kesselbelastung, Zeitschr. d. Bay. Rev. Vereins, München 1913, S. 135 und 1914, S. 203.

³⁾ Hencky, Die Größe des Feuchtigkeitsgehaltes von Wasserdampf. Zeitschr. d. Bay. Rev. Vereins, München 1920, S. 165 u. S. 175.

⁴⁾ Die Bezeichnung Kondensstöpfe ist fehlerhaft, denn die Töpfe haben nicht die Aufgabe, den Dampf zu kondensieren.

Kondensat tritt in den Hohlraum *b*, den es immer weiter anfüllt. In dem in *b* sich sammelnden Kondensat steht der Schwimmer *c* (Freifalltopf) in seiner obersten Lage und schließt dadurch das Nadelventil *d*. Das in *b* ansteigende Kondensat erreicht endlich die Oberkante von *c* und tritt nun in den Freifalltopf *c* selbst ein.

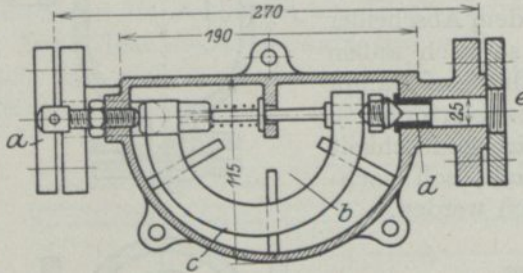


Abb. 134. Rohrfederableiter.
(Jäger, Rothe und Nachtigall, Leipzig.)

vertritt der Rohrfederableiter Abb. 134. Das bei *a* ankommende Dampfwassergemisch ist zunächst sehr heiß und tritt so in den Hohlkörper *b*. Darin befindet sich eine Rohrfeder *c*, die mit einer leicht siedenden Flüssigkeit gefüllt ist. Das Sieden tritt ein, die Feder *c* dehnt sich aus und schließt das Nadelventil *d*. Allmählich kühlt sich das Dampfwasser ab, die Flüssigkeit in *c* kondensiert, die

Sobald das Gewicht des sich mit Wasser füllenden Schwimmers *c* größer ist als sein Auftrieb, senkt sich *c* und öffnet dadurch das Nadelventil *d*. Der hinter *a* stehende Dampfdruck treibt nun das Wasser durch die hohle Achse in den Deckelteil und dann bei *e* fort. Ist so viel Wasser aus *c* fortgeschafft, daß der Auftrieb den Topf *c* hochtreibt, so schließt sich damit das Nadelventil und das Spiel beginnt von neuem.

Die Bauart 3 (Ausdehnungstöpfe)

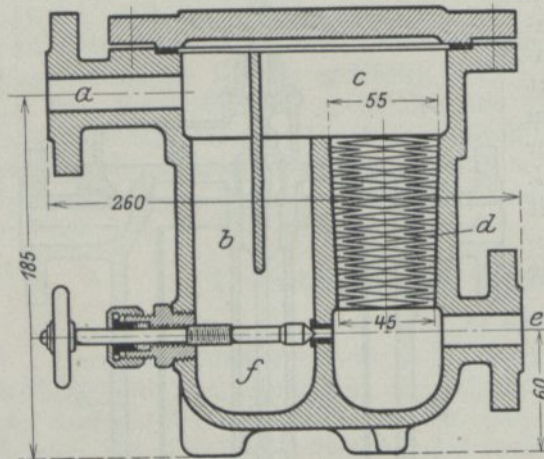


Abb. 135. Kreuzstromtopf.
(Kreuzstromwerk Hagen i. W.)

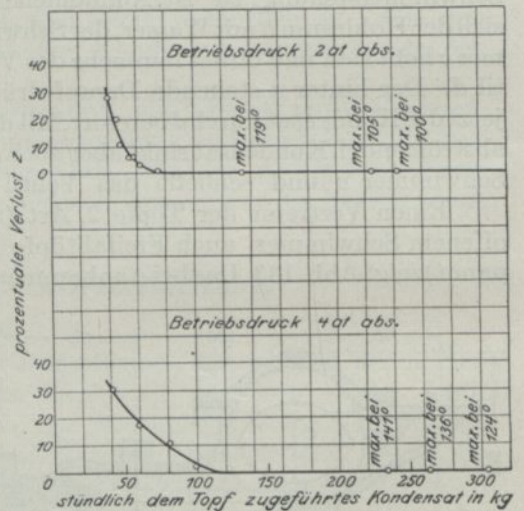


Abb. 136. Schaubild der Verluste.

Rohrfeder *c* zieht sich zusammen, das Ventil *d* öffnet sich und der hinter *a* stehende Dampf drückt das Kondensat bei *e* aus. Durch den Dampf steigt die Temperatur in *b*, die Flüssigkeit in *c* verdampft und der geschilderte Vorgang wiederholt sich.

Als Beispiel der Bauart 4 (Töpfe ohne bewegliche Teile) ist der Kreuzstromtopf Abb. 135 bekannt. Das Dampfwassergemisch tritt bei *a* ein. Die Scheidewand im Hohlraum *b* wirkt als Wasser- und Schmutzabscheider. Dampf und Kondensat werden nach dem Raum *c* gedrückt, der durch einen Metallkonus *d* abgeschlossen ist. Die in *d* eingeschnittenen Kreuznuten wirken nach Art der Labyrinthdichtungen. Sie lassen den Dampf nicht durchschlagen, gewähren

aber dem Kondensat Abfluß nach e^1). Das Umgehungsventil f dient zum Anlassen und Reinigen.

Alle Bauarten zeigen bei geringer Belastung stark steigende Dampfverluste. Andererseits ist ihre Höchstleistung verhältnismäßig niedrig, so daß die Töpfe nur zwischen bestimmten Grenzen einwandfrei arbeiten. In Abb. 136 ist dieser Fall auf Grund experimenteller Forschungen der „Versuchsanstalt“²⁾ näher dargestellt. Die Schaubilder beziehen sich auf den Kreuzstromtopf nach Abb. 135. Man erkennt z. B. aus dem unteren Diagramm, daß die Dampfverluste bei einer stündlichen Kondensatmenge von 120 kg/st beginnen und rasch ansteigen. Die größte Fördermenge des Topfes beträgt bei einer Kondensat-Temperatur von 124° (Anlaßzeit) rd. 300 kg/st, nimmt mit steigender Temperatur ab und beträgt z. B. bei 141° C nur mehr 235 kg/st.

Da die zu bewältigenden Dampf- und Wassermengen erheblichen Schwankungen unterliegen, stellen die Dampfwaassertöpfe eine sehr unangenehme, dauernd der Wartung bedürftige Einrichtung dar. Bei manchen Bauarten macht auch die Entlüftung Schwierigkeiten, so daß besondere, täglich zu bedienende Entlüftungsventile vorgesehen werden müssen. Aus allen diesen Gründen sind die Töpfe übersichtlich anzuordnen, richtig zu bezeichnen und derart aufzustellen, daß sie leicht zugänglich erscheinen. Umgehungsleitungen nach Abb. 137 sollen dafür sorgen, daß beschädigte Töpfe ohne Beeinflussung der Anlage ausgebaut und instand gesetzt werden können.

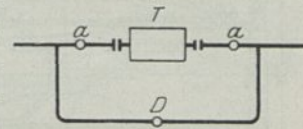


Abb. 137.

T = Dampfwaassertopf,
 a = Absperrventil,
 D = Absperrventil in der Umgehungsleitung.

Rohre und Rohrverbindungen. Als Rohre werden die auf S. 47 angeführten Muffen und Flanschenrohre benutzt. Die Muffenverbindung erfolgt mit Rechts- und Linksgewinde und metallischer Dichtung (Abb. 56). Als gute Flanschenverbindung gilt die Ausführung nach Abb. 66. Die Winkelanschlüsse werden aufgedrillt oder aufgeschweißt. Sollen Bunde Verwendung finden, so müssen sie in gleicher Weise wie die Winkelanschlüsse befestigt werden. Auch Verbindung durch Schweißen ist zulässig, falls die Schweißung von verlässlichen Arbeitern ausgeführt wird. Die geschweißte Rohrleitung soll alle 15—20 m durch Flanschen unterbrochen werden, damit die Auswechslung beschädigter Rohrstücke gut möglich wird. Während Dampfleitungen höchst selten Anfressungen aufweisen, werden die Niederschlagswasserleitungen leichter zerstört. Man stellt sie daher in besonderen Fällen aus Kupfer her.

Rohrlagerung und Ausdehnung. Von ganz besonderer Wichtigkeit ist eine sorgfältige Lagerung der Rohre, so daß bei Hochdruck-Dampfleitungen nur beste Rohrlager Verwendung finden sollen (s. hierüber S. 51). Dies erscheint besonders aus dem Grunde wichtig, weil die Bewegung der Rohre plötzlich eintritt und für je 1 m Rohr bis 2 mm Ausdehnung gerechnet werden muß. Es ist daher zweckmäßig, zum Anlassen der Leitung neben der Hauptabspernung eine kleine Umgehung vorzusehen, durch die die Leitung zunächst nur geringe Mengen stark abgedrosselten Dampfes erhält. Mit gleicher Sorgfalt ist die Ausdehnung der Rohrleitung zu behandeln. Zu den auf S. 55 behandelten Einrichtungen treten hier noch Sonderbauarten von denen einige hier folgen.

Abb. 138 zeigt den „Koenigschen entlasteten Stopfbüchsenausgleicher“, bei dem geringer Verschiebungswiderstand, kleine Druck- und Wärmeverluste, gleiche Temperatur der beweglichen Teile und große Ausgleichsfähigkeit erstrebt ist.

Abb. 139a zeigt ein gerades, Abb. 139b ein gebogenes Wellrohr als Ausgleicher. Abb. 140 stellt einen Metallschlauchausgleicher dar.

¹⁾ Bei neueren Ausführungen des Apparates sitzt der Konus d in einem besonderen Mantel.

²⁾ Heft 2 der Mitteilungen der Anstalt, Verlag R. Oldenbourg, Juni 1910.

Verlegung der Leitung. Die Verlegung der Dampfleitungen soll sägeförmig u. zw. derart erfolgen, daß das sich bildende Dampfwasser stets in der Dampfrichtung mitläuft, also dem Dampf nicht entgegenströmt. In den Knickpunkten der Leitung sind Wasserabscheider *a* und Dampfwasertöpfe *b* vorzusehen (Abb. 141). Zum raschen Abschließen der Leitung dienen Schnellschlußventile.

Hiervon ist eine Ausführung in Abb. 142a dargestellt. Man erkennt die beiden Ventile V_1 und V_2 , die jene Seite der Leitung abschließen, auf der der Rohrbruch erfolgt. *F* sind außerhalb liegende und daher leicht nachzusehende Federn, die auf die gewünschte Arbeitsspannung eingestellt werden. Abb. 142b zeigt dieselbe Anordnung, jedoch mit zusätzlicher Handbetätigung. Man verwendet auch durch Elek-

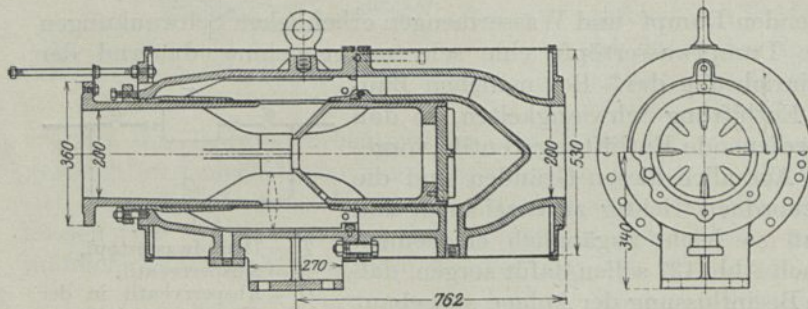


Abb. 138. Koenigscher entlasteter Stopfbüchsenausgleicher.
(Gesellschaft für Hochdruckleitungen, Berlin.)

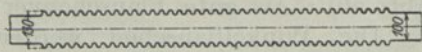


Abb. 139a. Gerades Wellrohr als Ausgleich.
(Franz Seiffert & Co., Berlin-Eberswalde.)

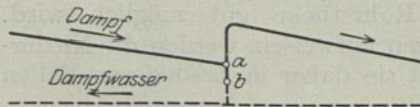


Abb. 141. Entwässerung sägeförmig angeordneter Dampfleitungen.

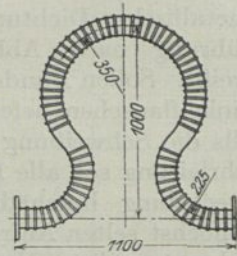


Abb. 139b. Gebogenes Wellrohr als Ausgleich.
(Franz Seiffert & Co., Berlin-Eberswalde.)

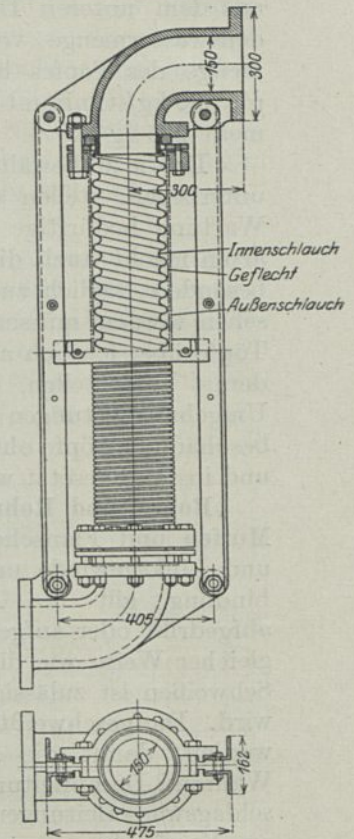


Abb. 140. Metallschlauchausgleicher.
(Metallschlauchfabrik, Pforzheim.)

tromagnete gesteuerte Ventile, die durch Druckknopfbetätigung von beliebiger Stelle (Kesselhaus, Verteilerraum, Kanaleingang usw.) geschlossen werden können.

Die Berechnung der Hochdruckdampfleitungen ist im II. Bd., S. 59 behandelt.

Wärmeschutz. Äußerst wichtig ist ein guter Wärmeschutz der Hochdruckdampfleitungen, da die Oberflächentemperatur der Rohre hoch und daher die Wärmeverluste sehr bedeutend sind. Auch die Flanschen müssen mit (abnehmbaren) Umhüllungen versehen werden. Die auf S. 54 erwähnten Stoffe lassen sich nicht mehr unmittelbar auf die Rohre aufbringen, da sie durch Versengung zerstört werden würden. Man wendet daher Unterlagsschichten an. Die in den Abb. 143 a—e dargestellten Ausführungen sind vom Bayr. Rev. Verein¹⁾ untersucht und dabei die

¹⁾ Eberle, Versuche mit Isoliermitteln. Zeitschr. d. Bay. Rev. Vereins 1909, S. 105, 117, 129, 139, 151, 194. S. a. Hüttig, Heizungs- und Lüftungsanlagen in Fabriken. Verlag Otto Spamer, Leipzig 1915.

angegebenen Ersparniszahlen p festgestellt worden. p bedeutet den Prozentsatz der gegenüber den Verlusten des nackten Rohres erzielten Wärmeersparnis.

Dampfdruckminderer. Die Hochdruckdampfheizung selbst wird mit Überdrücken von etwa 2,0 atm. betrieben. Es ist daher erforderlich, die Dampfspannung von z. B. 8 atm. auf den erwähnten Druck abzdrosseln. Hierzu dienen Druckminderer, die entweder

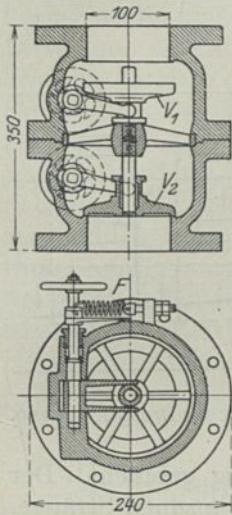


Abb. 142a.
Schnellschlußventil.
(Schäffer & Budenberg,
Magdeburg-Buckau.)

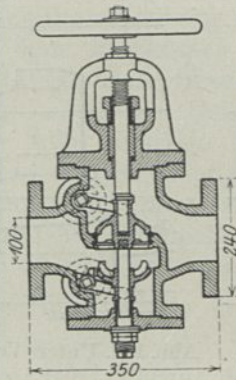


Abb. 142b.
Schnellschlußventil mit
Handabsperrovorrichtung.
(Schäffer & Budenberg,
Magdeburg-Buckau.)

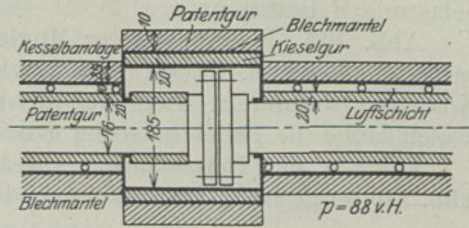


Abb. 143a.

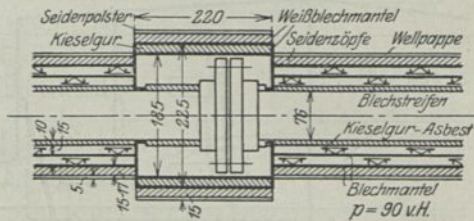


Abb. 143b.

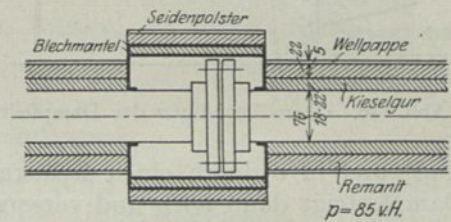


Abb. 143c.
Verschiedene Arten von Rohr- und
Flanschenisierungen.

gewichts- oder federbelastet ausgeführt werden (Abb. 144 und 145). Zu beachten ist, daß durch die Druckminderung eine geringe Überhitzung entsteht (Dampftrocknung).

Zu den Abbildungen ist folgendes zu bemerken:

Abb. 144. Gewichtbelasteter Minderer. Der Dampf kommt von a und trifft das ent-

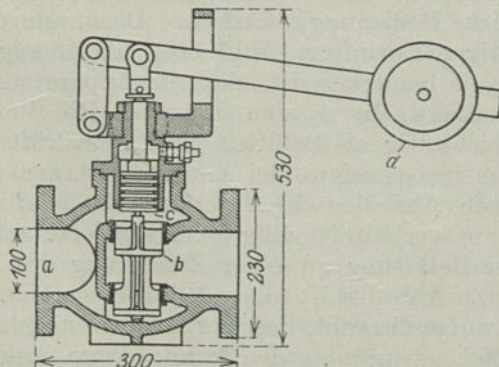


Abb. 144. Gewichtbelasteter Druckminderer.
(Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau.)

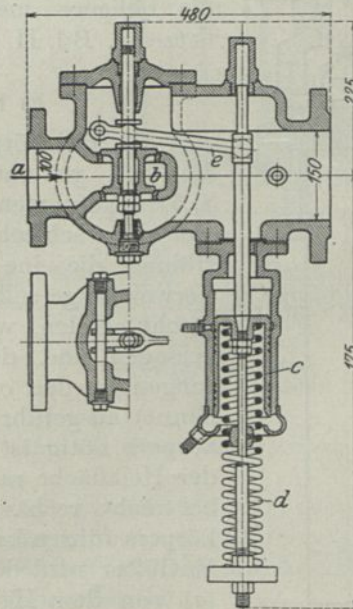


Abb. 145. Federbelasteter Druckminderer.
(Gebr. Sulzer, Winterthur-Ludwigshafen.)

lastete Ventil *b*. Dieses wird vom Kolben *c* (Labyrinthdichtung) gesteuert. Er steht unter dem Einfluß des reduzierten Druckes, dessen Höhe die Gewichtsbelastung *d* bestimmt.

Abb. 145. Federbelasteter Minderer. Der Dampf kommt von *a* und trifft das entlastete Ventil *b*. Dieses wird durch den Hebel *e* gesteuert, der die Bewegung des Kolbens *c* aufnimmt. Letzterer steht unter dem Einfluß des reduzierten Druckes, dessen Höhe die Federbelastung *d* bestimmt.

Führung der Heizstränge. Die beste Strangführung (obere Verteilung) ist in Abb. 146 dargestellt. Der ankommende Dampf wird in *a* entwässert (*b* Dampfwasser-

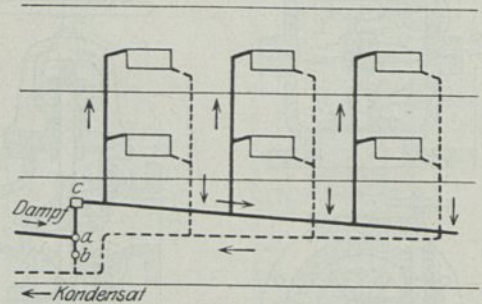
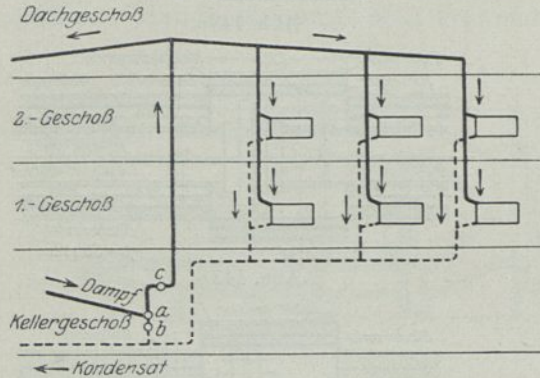


Abb. 146. Obere Verteilung der Dampfleitungen. Abb. 147. Untere Verteilung der Dampfleitungen.

topf) und in *c* durch einen Druckminderer auf die Heizspannung gebracht. Der Dampf steigt dann hoch und versorgt mit oberer Verteilung die einzelnen Stränge. Das Dampfwasser fließt stets in der Strömungsrichtung des Dampfes. — Ungünstiger ist die Ausführung nach Abb. 147 (untere Verteilung), da die Steigstränge nicht einwandfrei entwässert werden können und in ihnen das Dampfwasser dem Dampf entgegenströmt. Trotzdem wird die letztere Ausführung als die billigere meist gewählt. Über die Berechnung des Rohrnetzes s. Bd. II, S. 59.

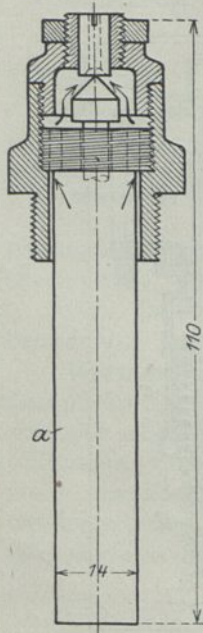


Abb. 148. Selbsttätiger Entlüfter.

c) Heizkörper und Regelvorrichtungen.

Als Heizkörper werden am besten glatte Rohre benutzt, die sich gut entlüften können. Aber auch alle anderen auf S. 57 angeführten Heizkörperarten sind verwendbar. Heizkörper, die sich schlecht entlüften, erhalten Entlüftungsventile (oder Hähne), die eine tägliche Bedienung erfordern. Dies kann durch Verwendung selbsttätiger Entlüfter (Abb. 148) überflüssig gemacht werden, wobei zu bemerken ist, daß die Apparate öfters versagen und daher überwacht werden müssen. Die Vorrichtungen werden oft gleichzeitig als Belüfter (kurz Selbstlüfter genannt) ausgeführt, was insbesondere bei schmiedeeisernen Heizkörpern nötig ist. Nach Abstellen des Dampfes tritt nämlich in der Heizfläche rasch eine verhältnismäßig hohe Luftleere auf, die bei nicht rechtzeitiger Belüftung zu einer Zerstörung des Heizkörpers führen kann. Zu Abb. 148 ist folgendes zu bemerken. Der Entlüfter wird derart aufgeschraubt, daß der Ausdehnungskörper (*a*) von dem Heizmittel umspült werden kann. Beim Anheizen entweicht die Luft in der Pfeilrichtung. Tritt Dampf an den Ausdehnungskörper, so wird das am Austritt befindliche Ventil ge-

geschlossen und der Luft der Weg versperrt. Beim Abheizen geht der Vorgang umgekehrt vor sich. Über die Berechnung der Heizflächen s. Bd. II, S. 59.

Eine Zusammenstellung der für Hochdruck-Heizkörper geltenden Werte der Wärmedurchgangszahlen k zeigt die Zahlentafel 8, Bd. II, S 123.

Regelvorrichtungen im eigentlichen Sinne erscheinen bei Hochdruckheizungen unanwendbar. Diese Heizart gestattet keine Regelung der Heizwirkung, weil auch die kleinsten Durchgangsverschnitte (bei dem sich dann einstellenden größeren Spannungsgefälle) so viel Dampf zuströmen lassen, daß der Heizkörper voll gefüllt wird. Man kann daher die Heizkörper nur ganz abstellen, wozu einfache Dampfventile dienen. Diese sind sowohl vor als auch hinter dem Heizkörper anzubringen, da auch die Dampfwaterleitung mit Dampf gefüllt ist (Abb. 149). Das hinter dem Heizkörper befindliche Ventil a kann durch einen selbsttätigen Dampfwaterableiter (Abb. 134) ersetzt werden. Bei Abstellen der Heizung wirkt die Vorrichtung als Belüfter. Alle derartige Apparate sind aber empfindlich, versagen öfters und bedürfen dauernd der Wartung. Eine Beeinflussung der Raumtemperatur ist in gewissen Grenzen nur durch gruppenweises Abstellen der Heizfläche zu erreichen. Die mittelbare Regelung der Wärmeleistung der Heizkörper durch Anwendung von Kästen, die den Luftzutritt zum Heizkörper drosseln, ist aufgegeben.

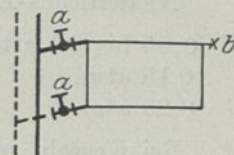


Abb. 149. Anschluß eines Hochdruck-Dampfheizkörpers.
 a = Absperrventile,
 b = Entlüfter.

d) Rückführung des Dampfwater.

Das Dampfwater fließt in eine in der Nähe der Kessel angebrachte Grube und wird von dort durch die Speisepumpen (Abdampfausnutzung) zum Kessel befördert. Erscheint diese Lösung infolge der Gefällsverhältnisse nicht möglich, so läßt man das Dampfwater in eine Hilfsgrube ablaufen. Von dort fördert es eine, oft selbsttätig angetriebene Pumpe in einen kleinen Hochbehälter, von dem das Wasser in die Kesselhausgrube abläuft. Manchmal werden statt der Speisepumpen selbsttätige Rückspeiser verwendet. Sie haben den Vorteil besserer Wärmewirtschaft, jedoch den Nachteil, daß sie leichter versagen können. Eine der möglichen Bauarten der Rückspeiser zeigt Abb. 150. Das von a kommende Kondensat füllt den Topf T und hebt den Schwimmer S bis zum Stelling R . Bei weiterem Wasserzulauf wird schließlich der Auftrieb so groß, daß das Kippgewicht K umfällt, wodurch gleichzeitig der Dampf-einlaß E geöffnet wird. Durch den eintretenden Kessel-dampf fließt nunmehr das Wasser durch den Auslaß A von dem höher stehenden Apparat in den Wasserraum des Kessels. Beim Entleeren sinkt der Schwimmer, dreht das Kippgewicht wieder zurück. Ein weiteres im Steuergehäuse angeordnetes Ventil läßt den verbrauchten Arbeitsdampf nur so weit entweichen, bis im Apparat ein Unterdruck gegenüber der Kondensatrückleitung vorhanden ist.

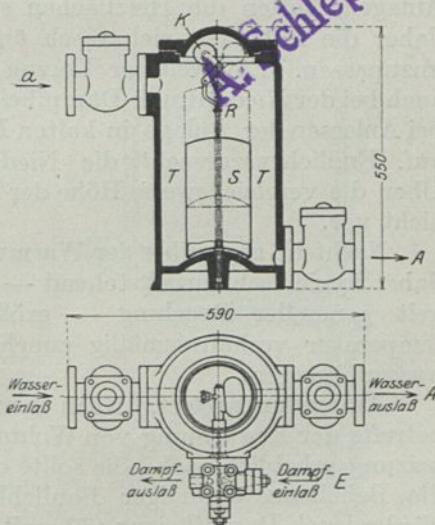


Abb. 150. Krantzscher Rückspeiser.

Über die Berechnung der Dampfwaterleitungen s. Bd. II, S. 65. Ist in seltenen Fällen die Rückführung des Niederschlagswater technisch undurchführbar oder

wirtschaftlich nicht berechtigt, so läßt man das Wasser in die Kanalanlage abfließen. Dann ist aber die Vorschaltung einer Grube nötig, in der sich das Wasser unter 40° abkühlt. Die Verwendung gußeiserner statt tönerner Abflußrohre, auf eine entsprechende Länge, ist zu empfehlen.

B. Niederdruck-Dampfheizung.

Niederdruck-Dampfheizungen arbeiten höchstens mit folgenden Überdrucken:

0,05 bis 0,1 atm.	bei Anlagen mit einer wagerechten Ausdehnung bis 200 m,
0,15 atm.	„ „ „ „ „ „ „ „ 300 m,
0,20 atm.	„ „ „ „ „ „ „ „ 500 m.

Bei Kesseln mit Überdrucken von mehr als 0,5 at gelten die gesetzlichen Bestimmungen für Hochdruck-Dampfkessel.

1. Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet.

Vorteile gegen die Hochdruck-Dampfheizung. Die Oberflächentemperatur beträgt nur rd. 100° C, womit die Staubversengung wesentlich abnimmt. Geringere Strahlungsbelästigung — Möglichkeit der Regelung der Heizkörper — praktische Geräuschlosigkeit bei sorgfältiger Berechnung und Ausführung der Anlage — Wegfall aller Dampfwasertöpfe und somit erhebliche Vereinfachung der Bedienung — gutes Dichthalten aller Verbindungen infolge des niedrigen Druckes — geringere Wärmeverluste und daher sparsamerer Betrieb — keine behördliche Genehmigung der Kesselanlage. Aus allen diesen Gründen ist die Niederdruck-Dampfheizung der Hochdruck-Dampfheizung entschieden überlegen.

Vorteile gegen die Warmwasserheizung. Bei Abstellen der Heizkörper oder der Anlage erkalten die Heizflächen sehr rasch. Die Niederdruck-Dampfheizung hat daher die Fähigkeit sich rasch ändernden Wärmebedürfnissen schnell und sicher anzupassen. Ein weiterer Vorzug ist die geringere Einfriergefahr. Wohl besteht auch bei der Niederdruck-Dampfheizung die Möglichkeit des Einfrierens, insbesondere bei Anlassen der Anlage in kalten Räumen, aber es treten keine großen Bauschäden auf. Endlich verursacht die Niederdruck-Dampfheizung geringere Anlagekosten. Über die vergleichsweise Höhe der Betriebskosten liegen einwandfreie Feststellungen nicht vor.

Nachteile gegenüber der Warmwasserheizung. Höhere Oberflächentemperaturen, daher hygienisch zurückstehend — stärkere Strahlungsbelästigung — Unzuverlässigkeit genereller Regelung — größere Wärmeverluste, die bei steigender Außentemperatur verhältnismäßig zunehmen — Möglichkeit der Zerstörung der Dampfwaterleitungen.

Anwendungsgebiet. Nach dem Gesagten steht die Niederdruck-Dampfheizung, betreffs der Erwärmung von Wohnungen und ähnlichen Gebäuden der Warmwasserheizung erheblich nach. Sie sollte daher, insbesondere aus hygienischen Gründen für die Beheizung derartiger Baulichkeiten nicht angewendet werden. Dagegen ist Niederdruck-Dampfheizung überall da in Betracht zu ziehen, wo es sich um schnelle Erwärmung und nach Einstellen des Betriebes um rasche Abkühlung handelt. So eignet sie sich für Theater, Versammlungs- und Festsäle, Gasthäuser mit häufig wechselnder Besetzung der Zimmer, Kirchen, Hörsäle in Hochschulen, unter Umständen auch für Mittel- und niedere Schulen, sowie zum Betriebe von Dampf-Luftheizanlagen.

2. Ausführungsformen.

Zunächst ist die Dampferzeugung zu behandeln.

a) Abgedrosselter Hochdruckdampf.

Werden von Hochdruck-Dampfanlagen Niederdruck-Dampfheizungen versorgt, so erfolgt zunächst eine Druckminderung auf die gewünschte Heizspannung von 0,05 bis 0,2 atm Überdruck. Einen der vielen auf dem Markt befindlichen Druckminderer zeigt Abb. 151. Der von *A* kommende Hochdruckdampf durchströmt zunächst ein zwischen die Flanschen *B* geklemmtes Reinigungssieb. Ergelngt dann zu einem entlasteten Doppelsitzventil *C*, dessen Stellung durch den Quecksilberschwimmer *D*

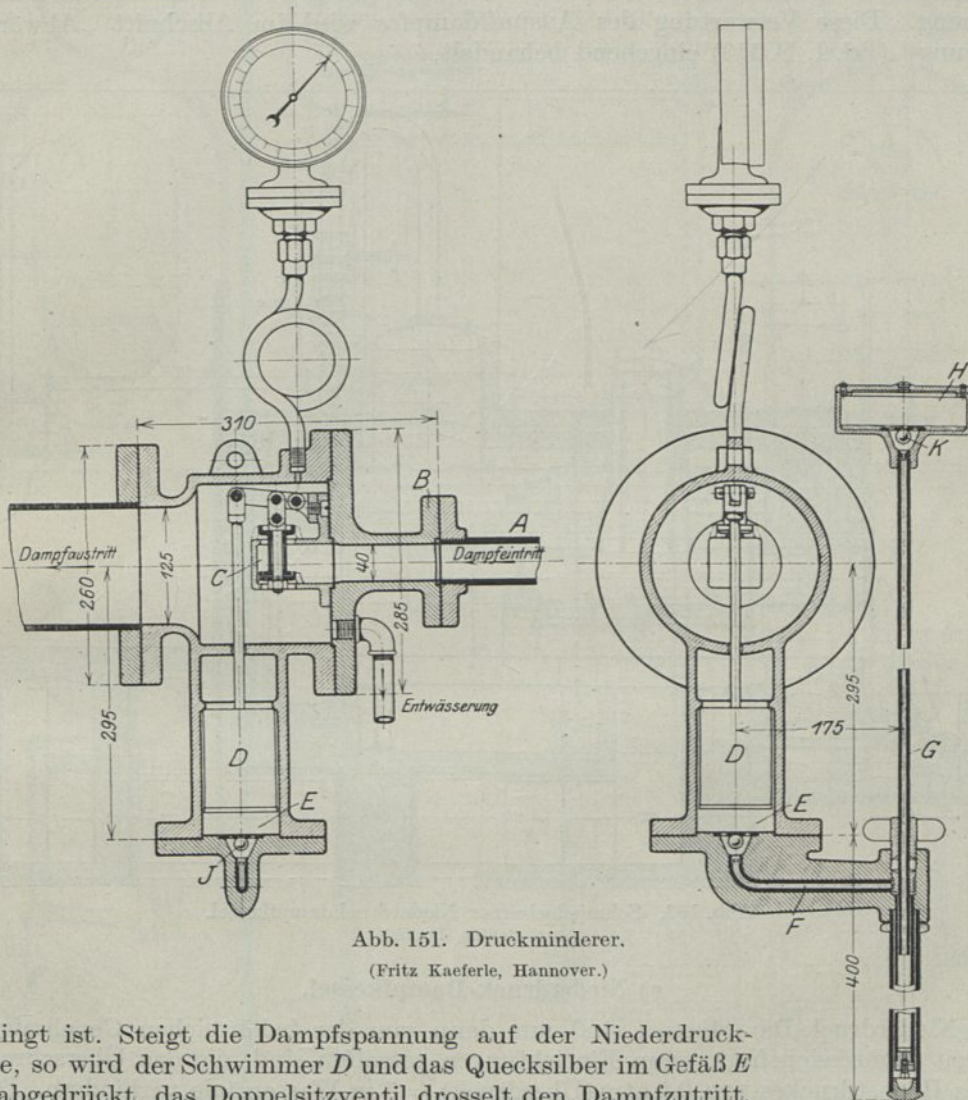


Abb. 151. Druckminderer.
(Fritz Kaeferle, Hannover.)

bedingt ist. Steigt die Dampfspannung auf der Niederdruckseite, so wird der Schwimmer *D* und das Quecksilber im Gefäß *E* herabgedrückt, das Doppelsitzventil drosselt den Dampfzutritt, die Spannung auf der Niederdruckseite fällt. Gleichzeitig mit dem Sinken von *D* ist das verdrängte Quecksilber durch die Verbindungsleitung *F* und die hohle Stange *G* in das Gefäß *H* ausgewichen. Fällt nun die Niederspannung unter den eingestellten Wert, so fließt Quecksilber von dem hohen Stand in *H* nach *E*, hebt den Schwimmer und öffnet das Ventil *C*, wodurch das Spiel von neuem beginnt. Die Kugeln *J*, *K* stellen kleine Sicherheitsabsperungen vor, die ein Ausschleudern des Quecksilbers verhindern. Die Höhe der gewünschten Niederspannung kann (innerhalb bestimmter Grenzen) durch Heben bzw. Senken des Gefäßes *H* eingestellt

werden. Bei sorgsamer Wartung arbeiten diese Druckminderer ausgezeichnet und drosseln z. B. von 6 atm in einer Stufe zuverlässig auf 500 mm WS ab.

b) Abdampf aus Kraftmaschinen.

Auspuffmaschinen lassen sich ohne jede Schwierigkeit so einrichten bzw. verwenden, daß der dem Niederdruckzylinder entströmende Dampf Überdrücke von 0,05 bis 0,2 atm aufweist. Man leitet diesen Dampf in einen entsprechend ausgerüsteten Sammler und betreibt von dort eine gewöhnliche Niederdruck-Dampfheizung. Diese Verwertung des Auspuffdampfes wird im Abschnitt „Abwärmeheizung“ (Bd. I, S. 113) eingehend behandelt.

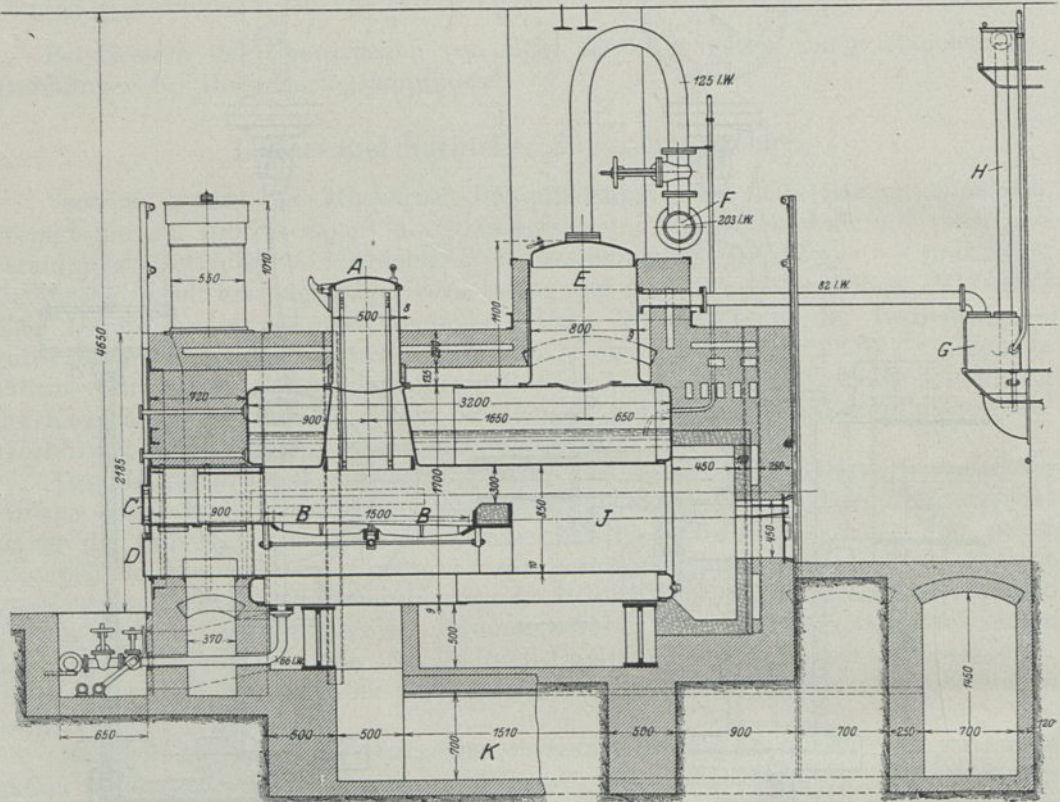


Abb. 152. Schmiedeeiserner Niederdruckdampfkessel.
(Emil Kelling, Berlin.)

c) Niederdruck-Dampfkessel.

Niederdruck-Dampfkessel sind nur dann von der behördlichen Genehmigung befreit (konzessionsfrei), wenn Einrichtungen getroffen sind, die das Überschreiten eines Höchstdruckes von 0,5 atm (Überdruck) = 5 m Wassersäule verhindern. Diese Begrenzung der Spannung wird durch das „Standrohr“ (s. d. S. 86) erreicht.

a) Schmiedeeiserne Niederdruck-Dampfkessel.

Ähnlich wie bei Wasserheizungen werden auch hier schmiedeeiserne Kessel verwendet. Für kleinere Anlagen erhalten sie stehende, für größere Anlagen liegende Gestalt. Ein Kessel der 2. Art ist in Abb. 152 dargestellt. Es bedeutet: A den Fülltrichter, B die Roste, C die Feuertür, D die Aschtür, E den Dampfdom, F die Hauptdampfleitung, G das Standrohrbecken, H das Standrohr.

Die Rauchgase ziehen von *B* durch das Flammrohr *J* nach rechts rückwärts, umpflügen den Kessel an den Außenwänden und ziehen durch den Fuchs *K* ab.

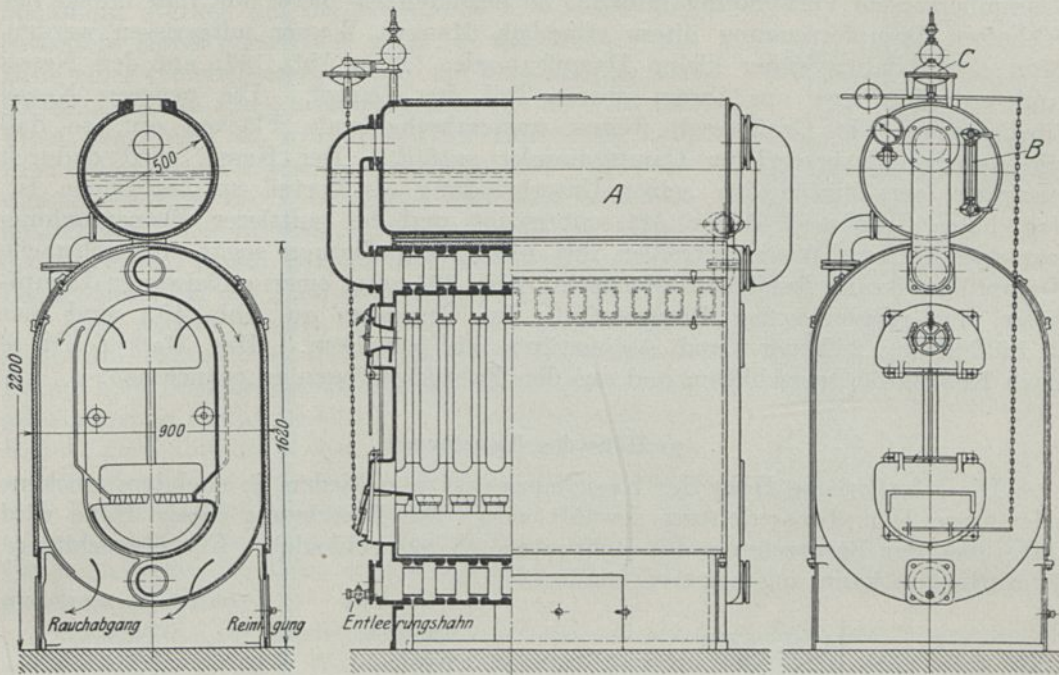


Abb. 153. Gußeiserner Kessel mit Dampfsammler.
(Strebelwerk, Mannheim.)

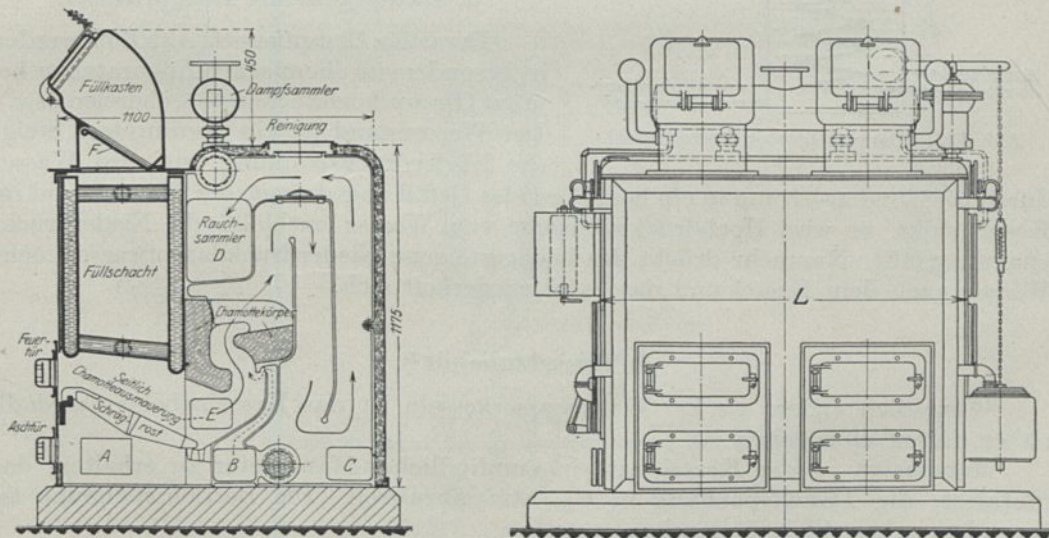


Abb. 154. Dampfkessel für minderwertige Brennstoffe.
(Gehr. Körting, Hannover.)

β) Gußeiserne Niederdruck-Dampfkessel.

Die schmiedeeisernen Kessel mittlerer und kleinerer Heizfläche sind immer mehr durch die gußeisernen Gliederkessel verdrängt worden. In neuerer Zeit werden sie für Niederdruck-Dampfheizungen genau so wie für Warmwasser-

heizungen hergestellt, nur die Kesselausrüstung ist anders. Es können somit alle in den Abb. 34 bis 40 aufgeführten Bauarten auch für Niederdruck-Dampfheizungen Verwendung finden. Zu beachten ist dabei nur, daß infolge der lebhaften Dampferzeugung öfters erhebliche Mengen Wasser mitgerissen werden. Man setzte daher früher kleine Dampfsammler (*A* in Abb. 153), auf den Kessel und entnahm erst aus ihrem oberen Teil den Dampf. Die neueren Kessel (insbesondere die Großkessel) weisen wasserabscheidende Flächen auf, so daß die Anbringung besonderer Dampfsammler entfällt. Der Kessel wird dadurch niedriger, was hinsichtlich seiner Unterbringung als Vorteil zu bezeichnen ist. Ich habe Großkessel dieser Art untersucht und bei mittlerer Beanspruchung nur sehr geringes Wassermitleißen, bei niedriger Belastung sogar eine schwache Dampfüberhitzung feststellen können¹⁾. Abb. 154 zeigt einen gußeisernen Dampfkessel für minderwertige Brennstoffe. Im Gegensatz zu Abb. 40 a sind hier 2 Füllkästen, 2 Feuer- und Aschentüren zu bemerken. Das Maß *L* ist je nach Kesselgröße verschieden und aus den Fabrikatalogen zu entnehmen.

γ) Höhe des Kesselhauses.

Die erforderliche Höhe des Kesselhauses ist verschieden, je nachdem trockene oder nasse Dampfwaterleitung gewählt wird. Die Berechnung dieser Höhe wird daher bei der Besprechung des Rohrnetzes (S. 89) behandelt. Für überschlägige Ermittlungen kann angenommen werden:

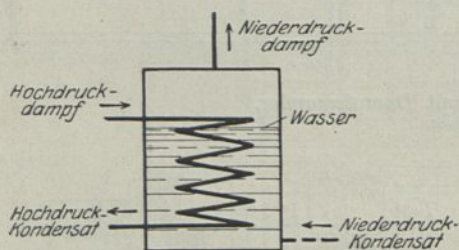


Abb. 155. Dampfgeheizter Dampfkessel.

Dampfüberdruck	Lichte Höhe des Kesselraumes
0,05 atm	3,0 m
0,10 „	4,0 „
0,20 „	5,0 „

3. Dampfgeheizte Dampfkessel.

Derartige Dampfkessel (Abb. 155) werden insbesondere im chemischen Apparatebau benutzt (Dampfkochkuchen, Wäschereien usw.). Der Wasserstand ist ein bestimmter. Steigt die Niederdruckspannung, so wird Wasser

durch die Kondensleitung in ein hochliegendes Gefäß abgedrängt, der Wasserstand im Kessel sinkt, es wird Hochdruckheizfläche vom Wasser entblößt, die Niederdruckspannung fällt. Nunmehr drückt das hochgestiegene Niederdruckdampfwater mehr Wasser nach dem Kessel und das Spiel wiederholt sich.

3. Kesselzubehör²⁾.

Wesentlich anders als bei Warmwasserkesseln ist das Kesselzubehör, weshalb näher darauf einzugehen ist.

Manometer. Jeder Kessel hat ein empfindliches Manometer zu erhalten, das gestattet, die Dampfspannung in $\frac{1}{100}$ atm abzulesen. Die Betriebsspannung ist besonders erkenntlich zu machen.

Wasserstand. Die Kessel sind mit Marken für den höchsten (mittleren) und tiefsten Wasserstand auszurüsten. Es empfiehlt sich ferner die Anwendung einer Dampfpeife, die bei Unterschreiten des Niedrigwasserstandes anbläst.

Verbrennungsregler. Eine der Hauptforderungen eines einwandfreien Betriebes ist die möglichst genaue, selbsttätige Einhaltung der von Hand aus eingestellten

¹⁾ 17. Mitt. der Anstalt, April 1914.

²⁾ Hierbei ist der Sonderfall der „dampfgeheizten Dampfkessel“ ausgeschlossen.

Dampfspannung. Diesem Zweck dienen die Verbrennungsregler. Abb. 156 zeigt einen sog. Membranregler. Der von *a* kommende Dampf drückt bei wachsender Spannung stärker auf die Membrane *b*, wodurch der entlastete Hebel *c* gesteuert wird. Dieser drosselt mit Hilfe einer (verstellbaren) Kette die Zuluftklappe des Kessels. Bei zu stark abfallendem Druck hebt ein Gewicht den Hebel an, worauf sich die Luftzufuhr zum Rost weiter öffnet. Zwischen *a* und *b* befindet sich Sperrwasser, wodurch die Lebensdauer der Membran verlängert wird. Die Einstellung des gewünschten Dampfdruckes erfolgt durch Verschiebung des Gewichtes und Längenänderung der oben erwähnten Kette.

Eine andere Bauart, den sog. Schwimmerregler, stellt Abb. 157 dar. Der durch das Rohr *a* einströmende Dampf hebt bei zunehmendem Druck die in Quecksilber schwimmende entlastete Glocke *b*. Hierdurch wird der Hebel *c* nach abwärts bewegt, die Luftzufuhr zum Rost mittels der Kette gedrosselt. Die Gewichte *d* (Grob- und Feineinstellung) lösen bei fallendem Druck die Gegenbewegung aus. Durch Verschiebung von *d* und Längenänderung der Kette wird der gewünschte Dampfdruck eingestellt.

Standrohr. Die Niederdruck-Dampfkessel müssen gesetzlich „mit einem unverschließbaren, in den Wasserraum hinabreichenden Standrohr von nicht über 5 m Höhe oder durch eine andere von der Zentralbehörde des Bundesstaates

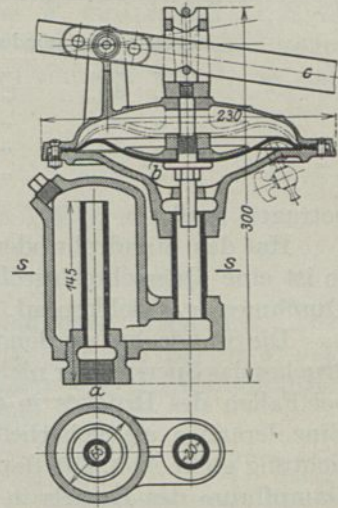


Abb. 156. Membranregler.
(Nationale Radiator-Gesellschaft, Berlin.)

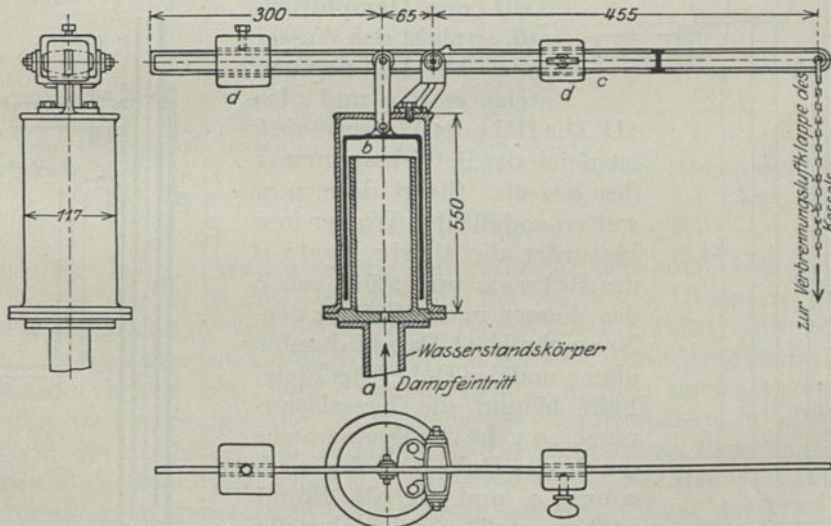


Abb. 157. Schwimmerregler.
(Fritz Kaefeler, Hannover.)

genehmigte Sicherheitsvorrichtung verbunden sein“. Für Preußen gilt eine Sonderbestimmung, die besagt, „daß bei Kochkesseln, in denen Dampf aus Wasser durch Einwirkung von Feuer erzeugt wird, an Stelle des 5 m hohen, 8 cm weiten in den Wasserraum reichenden Standrohres allgemein gestattet werde, vom Dampfraum ausgehende, nicht abschließbare Rohre in Heberform oder mit mehreren auf- und absteigenden Schenkeln anzuwenden, deren aufsteigende Äste zu-

sammen bei Wasserfüllung nicht über 5 m, bei Quecksilberfüllung nicht über 0,37 m Höhe haben dürfen, während der lichte Durchmesser runder Rohre überall bei einer wasserberührten Heizfläche:

bis zu	1 qm	mindestens	25 mm	bis zu	7,5 qm	mindestens	55 mm
" "	2 "	" "	30 "	" "	8,5 "	" "	60 "
" "	3 "	" "	35 "	" "	10 "	" "	65 "
" "	4 "	" "	40 "	" "	11,5 "	" "	70 "
" "	5 "	" "	45 "	" "	13 "	" "	75 "
" "	6 "	" "	50 "	über	13 "	" "	80 "

betragen muß.

Hat das Standrohr oder ein Teil desselben einen anderen als runden Querschnitt, so ist eine Querschnittsgröße maßgebend, die der Kreisfläche mit dem angegebenen Durchmesser gleichkommt.“

Die Standrohre werden meistens so ausgeführt, daß bei Überschreiten des Höchstdruckes das Sperrwasser nicht in die Atmosphäre, sondern in ein Gefäß tritt, aus dem es bei Fallen des Druckes in das Standrohr zurückkehrt.

Eine derartige, als Sicherheitsstandrohr bezeichnete Einrichtung stellt Abb. 158 dar. Das Rohr *a* steht mit dem Dampfraum des Kessels in Verbindung. Es bildet mit dem Rohr *b* zusammen ein U-Rohr, in dem das Wasser zunächst in beiden Schenkeln gleich hoch steht (I). Im

unteren Teile von *a* steckt noch das nach oben verlängerte Rohr *c*, das den gleichen Wasserstand I aufweist. Tritt nun Dampfdruck auf, so sinkt das Wasser in *a* bis II, dagegen steigt es in *b* und *c* bis III. Die Höhe der Wassersäule *h* ist gleich der Betriebsspannung des Kessels. Steigt diese nun weiter, so fällt das Wasser in *a* bis unter die tiefste Kante *d* des Rohres *c* und stößt aus *c* das Wasser in das Gefäß *e* aus. Nunmehr bläst Dampf durch *c* über *e* und das Rohr *f* ins Freie. Fällt hierauf die Kesselspannung, so geht das Wasser aus *e* durch das Rohr *b* wieder nach *a* bzw. *c*, und der alte Stand ist hergestellt. Steigt aber die Dampfspannung weiter, so gelangt Dampf schließlich in die Ebene IV, worauf das Hauptstandrohr *b* abbläst. Fällt nun

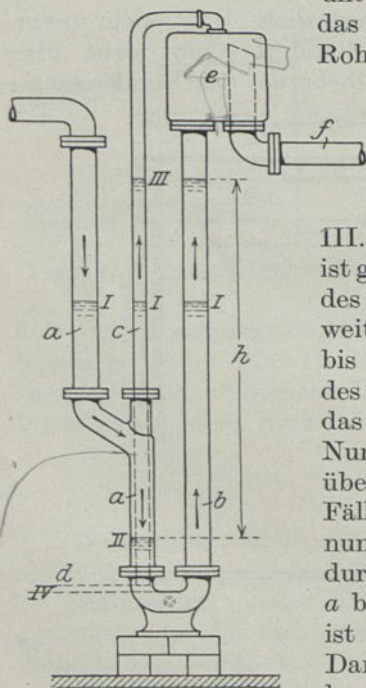


Abb. 158. Standrohr.
(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

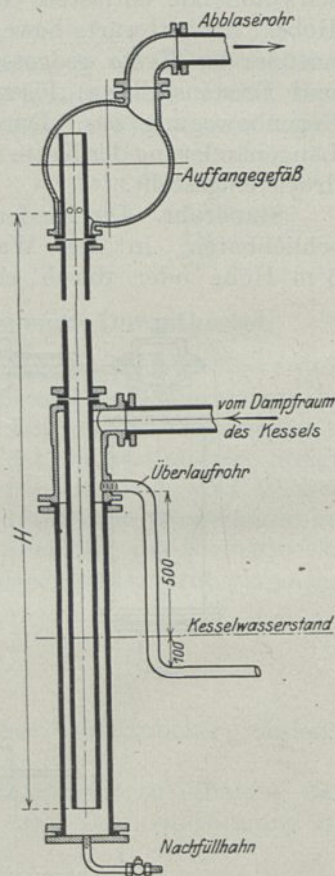


Abb. 159. Standrohr.
(Rietschel u. Henneberg, Berlin.)

der Druck, so tritt das im Gefäß *e* befindliche Wasser wieder in die Standrohre zurück.

Durch das vorherige Abblasen des Nebenstandrohres *c* werden die bedeutenden Wasserverluste, die beim Entleeren des Hauptstandrohres eintreten, vermieden. Eine andere Form des Standrohres zeigt Abb. 159, die nach dem Vorgesagten ohne weiteres verständlich ist.

Bezüglich Füllung, Entleerung, Rauchschieber, Unterteilung, Prüfung, Bewachung der Kessel, Beschickungsart, Platzbedarf, Koksraum, Schornstein, Betriebsvorschriften, Heizer- und Schaltplatz kann auf die Seiten 38—46 dieses Bandes verwiesen werden. Die Berechnung der Kesselheizfläche F wird in Bd II, S. 71 behandelt. Für eine beiläufige Größenbestimmung des Kesselraumes kann angenommen werden, daß 1 qm Heizfläche rd. 5000 WE/st¹) nutzbar leistet, so daß die Beziehung besteht:

$$F = \frac{W}{5000} \text{ m}^2.$$

Hierin stellt W die gesamte zu leistende Wärmemenge in WE/st vor.

a) Rohrleitung.

Hinsichtlich der verwendeten Rohre, ihrer Verbindungen, Lagerung, Ausdehnung und ihres Schutzes vor Wärmeabgabe kann das auf den Seiten 47—54 Gesagte sinngemäße Anwendung finden. Zu bemerken ist nur, daß alle Umhüllungen einen Unterstrich von rd. 10 mm Kieselgur erhalten sollen.

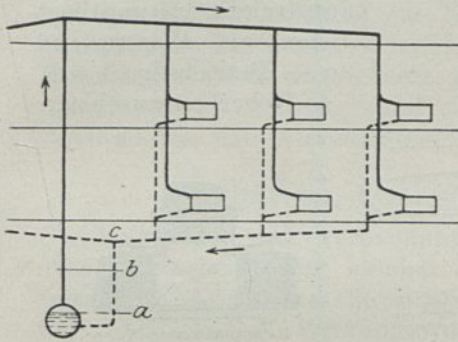


Abb. 160. Dampfheizung mit oberer Verteilung.

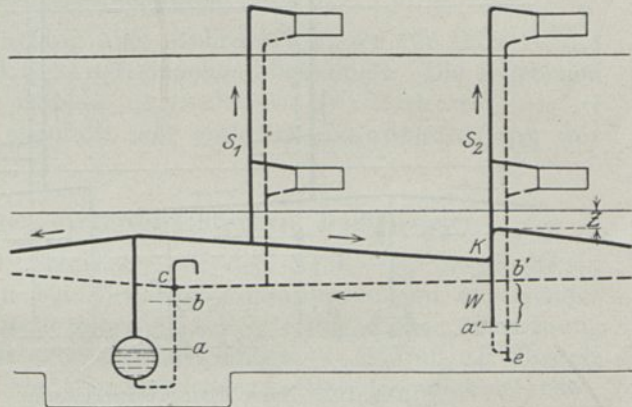


Abb. 161. Trockene Dampfwaterleitung.

b) Rohrführung.

Ebenso wie bei der Wasserheizung unterscheidet man auch hier „obere“ und „untere“ Verteilung (s. S. 29). Im ersteren Fall wird der Dampf in einem oder mehreren starken Steigsträngen nach dem Dachgeschoß geführt, dort verteilt und in den Fallsträngen abwärts zu den Heizkörpern geleitet. Diese Anordnung (Abb. 160) weist folgende Vorteile auf: Gute Dampfströmung in dem entwässerten und verhältnismäßig weiten Steigstrang — Fließen des Dampfwassers in allen anderen Leitungen in der Richtung des Dampfes — bei sorgfältiger Berechnung sicheres und praktisch geräuschloses Arbeiten. Als wesentliche Nachteile kommen in Betracht: Höhere Anlagekosten und höhere Betriebskosten, infolge der Wärmeverluste der Dachbodenleitungen. Man wendet diese Rohrführung bei ausgedehnten Anlagen mit verwickeltem Rohrnetz an. Der Punkt c , an dem die zentrale Entlüftung der Anlage erfolgt, muß höher liegen als höchster Wasserstand + größter Betriebsdruck + Sicherheitszuschlag.

In der Regel wird „untere Verteilung“ gewählt und dabei „nasse oder trockene Dampfwaterleitung“ ausgeführt. Das Wesen beider Arten ist in den Abb. 161 und 162

¹) Mit Rücksicht auf ungünstige Verhältnisse und spätere Erweiterungen. Siehe Uber, Bau- und Betriebstechnisches für Zentralheizungen in preußischen Staatsgebäuden, Verlag Ernst Sohn, Berlin 1916.

(absichtlich verzerrt) zur Darstellung gebracht. Vorteilig sind für diese Ausführungen: Geringere Anlage- und auch geringere Betriebskosten. Die Wärmeverluste der Kellerverteilung kommt zum Teile dem Haus zugute. Nachteilig ist das Aufwärtsströmen des Dampfes in jedem Steigstrang, wobei das Kondensat dem Dampf entgegenströmt. Der Dampf muß daher öfters entwässert werden und es ist der Berechnung der Steigstränge ein geringes Druckgefälle zugrunde zu legen (s. Bd. II, S. 75). Abb. 161 stellt schematisch eine Anlage mit unterer Verteilung und trockener Kondensleitung dar. Die Entwässerung z. B. des Steigstranges S_2 erfolgt durch die Wasserschleife W , die ein einfaches U-Rohr darstellt. Das Dampfwasser fließt bei b' ab. Ist der Dampfdruck an dieser Stelle $= a'b'$, so steht der Dampf bis a' . Für jeden in a' anfallenden Wassertropfen tritt die gleiche Wassermenge bei b' in die Kondensleitung, da der Druckunterschied $a'b'$ bestehen bleiben muß. Die Schleife wird stets etwas länger ausgeführt, als dem Betriebsdruck entspricht, damit das höchst störende „Durchschlagen der Wasserschleifen“ sicher vermieden wird. Diese Anordnung arbeitet ohne jegliche Bedienung und vollkommen einwandfrei. Bei Nichtbenutzung der Anlage sind die Schleifen vor dem Einfrieren zu schützen und deshalb durch den Hahn e zu entleeren. Punkt c (zentrale Entlüftung) liegt höher als Wasserstand $a +$ Betriebsdruck $a b +$ Sicherheitszuschlag.

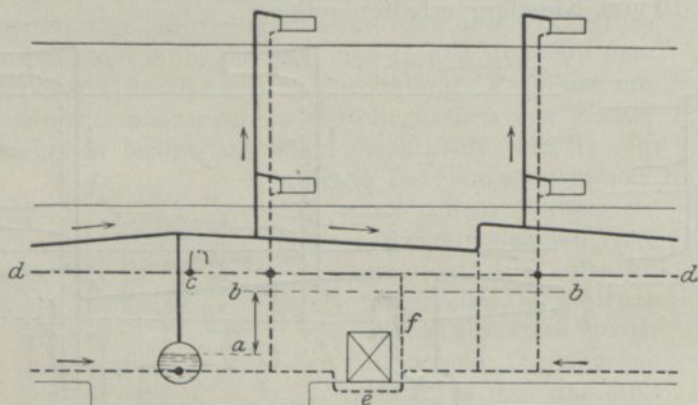


Abb. 162. Nasse Dampfwasserleitung.

hals durch den Hahn e zu entleeren. Punkt c (zentrale Entlüftung) liegt höher als Wasserstand $a +$ Betriebsdruck $a b +$ Sicherheitszuschlag.

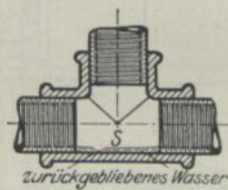


Abb. 163.

Abb. 162 stellt schematisch eine Anlage mit unterer Verteilung und nasser Kondensleitung dar. Letztere steht immer unter Wasser¹⁾, und zwar bis zur Höhe bb . Man glaubte, daß sie dadurch vor Zerstörung (Rosten) besser geschützt sei, wie die in Abb. 161 dargestellte „trockene Leitung“. Nach neueren Erfahrungen werden die „nassen“ Leitungen aber nicht weniger zerstört wie die „trockenen“. Dabei findet nicht ein eigentliches Rosten statt, sondern ein Auflösen des Eisens. Diese Erscheinung erklärt man sich vielfach wie folgt: Das sich bildende Dampfwasser hat im Status nascendi die Fähigkeit, mehr Sauerstoff aufzunehmen, als der chemischen Formel H_2O entspricht. Die Übermenge Sauerstoff scheidet sich beim Erkalten aus und bildet Eisenoxyd. Da letzteres im Wasser löslich ist, löst sich die Rohrleitung allmählich auf. Auch elektrolytische Vorgänge spielen eine wesentliche Rolle.

Bei nasser Leitung müssen die Türen unterfahren werden (Fußbodenkanal), wobei eine besondere Luftleitung f (Abb. 162) nötig wird. Die im Fußboden liegenden Rohrteile können bei Außentüren leicht einfrieren. Trockenem Leitungen gebe man gutes Gefälle und vermeide die Bildung von Wassersäcken. Diese treten hauptsächlich in den T-Stücken auf, wobei das Formstück an der Stelle S leck wird (Abb. 163). (Möglich, daß auch die von oben kommenden Wassertropfen mechanisch mitwirken.)

¹⁾ a höchster Wasserstand, ab größte Betriebsspannung, c zentrale Entlüftung durch eine besondere Entlüftungsleitung, an die alle Kondensationsleitungen angebunden werden.

Bei ungünstigen Wasser- und Gefällsverhältnissen können die Dampfwaterleitungen schon nach wenigen Jahren, insbesondere bei Dampf aus Hochdruckkesselanlagen starke Zerstörungen zeigen. Unbedingt sicher ist nur die Ausführung in Kupfer.

Die Kesselhaushöhe ist von der Wahl der Rohrführung abhängig. Sie ergibt sich z. B. für Abb. 161 wie folgt:

Höhe des Wasserstandes <i>a</i>	1500 mm
Betriebsdruck <i>ab</i>	1000 „
Sicherheitszuschlag bis <i>c</i> (einschl. Widerstandshöhe)	300 „
Gefälle der Dampfwaterleitung = je 5 mm auf 1 m, daher z. B. bei 50 m	250 „
Gefälle der Dampfleitung bis zum Knick <i>K</i> = je 5 mm auf 1 m, daher z. B. bei 25 m	125 „
Zuschlag zwischen Oberkante Rohr und Kellerdecke	200 „
Daher lichte Kesselhaushöhe	3375 mm

Die kleinste Kesselhaushöhe ergibt sich bei „oberer Verteilung“, hierauf folgt „untere Verteilung“ mit nasser Kondensleitung, während die untere Verteilung mit „trockener Kondensleitung“ die größte Kellerraumhöhe erfordert.

c) Rohrnetzrechnung.

Das Rechenverfahren zur Ermittlung aller Rohrdurchmesser für Dampf- und Dampfwater-Leitungen ist im II. Bd. S. 74 u. f. eingehend behandelt. Die gegebenen Behelfe gestatten ein sicheres und rasches „Annehmen des Rohrnetzes für den Kostenanschlag“ und eine ebenfalls sehr einfache „Nachrechnung der Anlage für die Ausführung“.

d) Heizkörper, Verkleidungen, Regelvorrichtungen, Dampfstauer.

Heizkörper und Verkleidungen. Sämtliche auf den S. 56—63, besprochenen Warmwasserheizkörper können auch bei Niederdruckdampfheizungen angewendet werden. Ebenso haben alle an jener Stelle gebrachten Erörterungen über: Anordnung der Heizflächen — Wirkung von Heizkörperverkleidungen — Einfluß der Gestalt und Oberfläche, des Wandabstandes, der Wandstärke der Luftgeschwindigkeit¹⁾ usw., auf die Wärmedurchgangszahl *k* auch hier Gültigkeit. Die allgemeinen Formeln für die Bestimmung von Heizflächen sind im Bd. II, S. 20 behandelt. Die Berechnung der Niederdruck-Dampfheizkörper erfolgt nach Gleichung

$$F = \frac{W}{k(t_a - t)}$$

Hierin bedeutet:

- W* die zu leistende Wärmemenge in WE/st,
- k* die Wärmedurchgangszahl in WE/m² ° C st,
- t_a* die Dampftemperatur in ° C,
- t* die gewünschte Raumtemperatur in ° C,
- F* die Fläche des Heizkörpers in m².

Die zur Berechnung der Flächen *F* erforderlichen Werte der Wärmedurchgangszahlen *k* sind im Bd. II, S. 122 u. f. für die verschiedenartigen Heizflächen angegeben.

Bei der Niederdruck-Dampfheizung ist die sog. **Mildtdampfheizung** näher zu behandeln. Führt man z. B. einem Gliederheizkörper (Abb. 164) in jedem Glied den Dampf durch den unteren Nippel *N* einseitig zu, so entsteht infolge der Wirkung des Dampfstrahls *S* ein Dampf-luftgemisch. Dieses Gemisch hat naturgemäß eine niedrigere Temperatur als der Dampf allein. Man spricht von „Luftumwälzung“ und behauptet, daß die so oder ähnlich eingerichteten Heizkörper hygienisch dieselben Vorteile wie

¹⁾ Der Einfluß der Dampfgeschwindigkeit ist innerhalb der praktisch vorkommenden Werte zu vernachlässigen.

die Warmwasserheizung bieten und ihr wirtschaftlich durch geringere Anlagekosten überlegen seien. Durch eingehende Studien¹⁾ in der Versuchsanstalt Charlottenburg wurde folgendes festgestellt:

1. Die Innentemperatur, die Oberflächentemperatur und die Wärmeabgabe der Luftumwälzungsheizkörper sind erheblich abhängig von geringen Dampfdruckschwankungen.

2. Die allgemein in der Praxis vorhandenen Verbrennungsregler an Niederdruckdampfheizungen weisen unvermeidbare Druckschwankungen von solcher Höhe auf, daß das Einstellen der Luftumwälzungsheizkörper auf eine bestimmte Oberflächentemperatur und Wärmeleistung praktisch unmöglich ist.

3. Das Abstellen jedes Heizkörpers in einer Luftumwälzungsanlage ruft beim Eintritt des Dampfes in die übrigen Heizkörper Druckänderungen und dadurch Änderungen in der Oberflächentemperatur hervor, so daß auch aus diesem Grunde bei Luftumwälzungsanlagen, in denen einzelne Heizkörper abgestellt werden können, ein Einregeln der Anlage auf bestimmte Oberflächentemperaturen und Wärmeleistungen unmöglich ist.

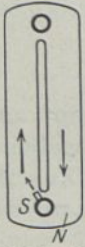


Abb. 164.
Luft-
umwälzungs-
verfahren.

4. Bei der in der Praxis üblichen Ausführung der Niederdruckdampfheizungsanlagen mit Luftumwälzungseinrichtungen tritt mit Veränderung der Kesselspannung (generelle Regelung) bei den Heizkörpern keine gleichmäßige, sondern bei jedem Heizkörper eine verschieden große Veränderung der Wärmeabgabe und Temperatur auf, so daß, wenn nicht zufällig die der Einregelung zugrunde gelegte Spannung am Kessel herrscht, die Heizkörper derselben Anlage voneinander verschiedene Temperaturen aufweisen.

5. Bei Luftumwälzungsheizkörpern bleibt die Wärmedurchgangszahl nicht, wie bisher angenommen, unveränderlich, sondern fällt erheblich mit wachsender Luftzumischung.

Demnach ist auszusprechen: „Die Niederdruckdampfheizungen mit Luftumwälzung“ stehen sowohl in hygienischer wie technischer Beziehung wesentlich hinter der Warmwasserheizung zurück. Dagegen ist anzuerkennen, daß diese Art der „Niederdruckdampfheizungen“ hygienische und technische Vorzüge gegenüber der gewöhnlichen Niederdruckdampfheizung mit oberer Dampfzuführung aufweist.

e) Regelvorrichtungen und Dampfstauer.

Bei Niederdruckdampfheizungen ist es von wesentlicher Bedeutung, daß nirgends Dampf in die Kondensleitungen eintrete und diese nur von Wasser und Luft erfüllt bleiben. Beim „Durchschlagen“ der Heizkörper tritt Dampf in die Niederschlagswasserleitung, was folgende Erscheinungen hervorruft:

1. Die übrigen Heizkörper können sich in die von Dampf erfüllte Leitung nicht genügend rasch und vollständig entlüften und bleiben daher zum Teil kalt.

2. Der in der Kondensleitung befindliche Dampf tritt von rückwärts in Heizkörper ein und erwärmt diese auch dann, wenn das Dampfventil zu, also die Heizung abgestellt ist.

3. Der in die Dampfwasserleitung eingetretene Dampf schleudert die in der Leitung befindlichen Wassermengen vor sich her, die mit großer Geschwindigkeit dort anschlagen, wo die Rohre starke Richtungsänderungen (T-Stücke) aufweisen. Durch das Anschleudern des nicht zusammendrückbaren Wassers an das Eisen oder an andere Wassermengen entstehen sehr störende, metallisch klingende „Wasserschläge“.

Das Eintreten von Dampf in die Dampfwasserleitungen kann durch Vorstellventile oder Dampfstauer verhindert werden.

¹⁾ Werner, Untersuchungen über Luftumwälzungsverfahren bei Niederdruckdampfheizungen. 19. Mitteilungen der Versuchsanstalt.

a) Voreinstellventile.

Diese sind ähnlich gebaut wie die Voreinstellventile bei Wasserheizungen (s. S. 64). Als Beispiel bringt Abb. 165 ein Voreinstellventil (Eckausführung).

Der von *a* kommende Dampf trifft auf das Ventil *b*. Dieses dient der täglichen Regelung durch den Benutzer der Heizung. Der Ventilkopf ist nun mit der Spindelmutter durch einen als Drosselklappe wirkenden Steg *d* verbunden. Dieser dient zur Voreinstellung. In der gezeichneten Lage sperrt *d* den Strömungsquerschnitt völlig. Wird *d* aber um 90° gedreht, so gibt er den Durchgang ganz frei. Die Einstellung von *d* erfolgt durch Drehung des Ventilmittelstückes *e* (Montage-Einstellung), während die tägliche Regelung (Heben und Senken des Ventilkopfes *b*) mit Hilfe der Spindel *f* erfolgt.

Auch Hähne können für Dampfheizungen benutzt werden, obwohl diese, da sie leicht festbrennen, nicht empfehlenswert sind. Im Gegensatz zur Wasserheizung kommt es bei den hier zur Verwendung stehenden Bauarten nicht auf sehr geringen Strömungswiderstand an, da immer genügender Dampfdruck zur Verfügung steht.

Hinsichtlich der Konstruktion solcher Voreinstellventile bzw. Hähne gilt genau dasselbe wie bei den gleichen Vorrichtungen für Warmwasserheizungen (s. S. 64). Auch hier ist zu fordern, daß sich die Beziehung zwischen Drosselwirkung der Handregelung und Füllung des Heizkörpers dem in Abb. 166 ideal dargestellten Zusammenhang möglichst nähere, wobei die Unabhängigkeit von der Größe der Voreinstellung gewahrt bleiben muß. S. a. Abb. 115 bis 118b und deren Beschreibung¹⁾.

Die Voreinstellung wird vom Monteur in folgender Weise benutzt: Er stellt den Kessel auf die Arbeitsspannung ein und drosselt die Voreinstellungen sämtlicher Heizkörperventile derart, daß kein Dampf in die Niederschlagswasserleitung tritt. Die Feststellung dieses Umstandes wird ihm wesentlich erleichtert, wenn sich in der Kondensleitung ein T-Stück *c* befindet (Abb. 167), das nach Entfernung des Verschlusses Einblick in die Leitung ermöglicht. Oft nützt man den Heizkörper nicht ganz aus und stellt so ein, daß auch beim höchsten Druck ein kleiner Heizkörperteil kalt bleibt. Dieser Restteil soll bei Spannungsschwankungen ein „Durchschlagen“ des Heizkörpers verhindern²⁾.

β) Dampfstauer.

Sie arbeiten nach Art der bei Hochdruckheizungen erwähnten Dampfkestöpfe. Eine mehrfach verwendete An-

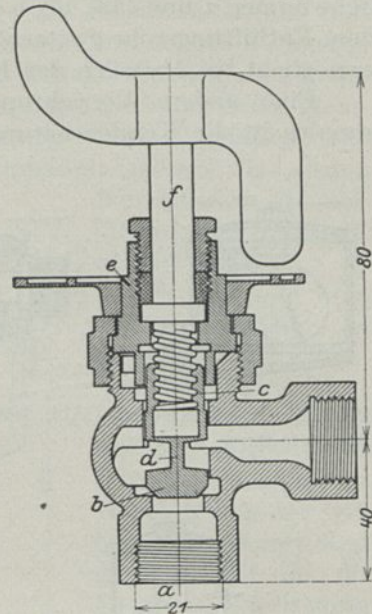


Abb. 165. Dampfregelventil mit Voreinstellung. (Schaeffer u. Oehlmann, Berlin.)

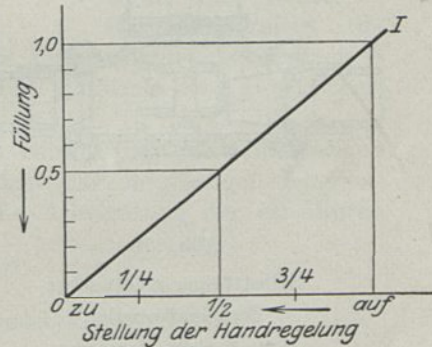


Abb. 166. Schaubild idealer Regelung.

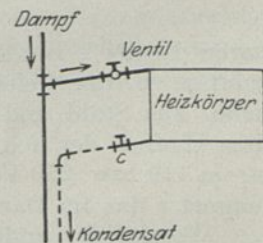


Abb. 167.

¹⁾ Ambrosius, Untersuchungen an Regelvorrichtungen für Dampf- und Wasserheizkörper. 25. Mitteilung der Anstalt.

²⁾ Über das „Durchschlagen“ s. Frenckel, Druckverhältnisse in Niederdruck-Dampfheizungen, 32. Mitt. der Anstalt. Verlag R. Oldenbourg, München-Berlin 1921.

ordnung zeigt Abb. 168. Dieser Apparat sitzt am Heizkörperaustritt. Bei Anstellen der Heizung entweicht die im Heizkörper bzw. der Rohrleitung sitzende Luft durch das Entlüftungsrohr *d*. Tritt nun Dampfwater in den Stauer ein, so hebt sich der Schwimmer *a* und läßt bei *b* das Wasser ab. Tritt Dampf nach, so schließt die vor dem Entlüftungsrohr *d* sitzende, als Rückschlagventil wirkende Kugel *c* ab. Letztere ermöglicht bei Abstellen der Heizung die Belüftung des Heizkörpers.

Eine andere Vorrichtung, die auf der Einschaltung eines großen Widerstandes in die Kondensleitung beruht, zeigt Abb. 169. Die Drosselklappe *a* besitzt eine kleine Öffnung, die wohl die geringe Wasser-, nicht aber die 800 mal so große Dampfmenge durchläßt. Beim Drehen der Klappe *a* kann ein feststehender Stift die Reinigung der kleinen Öffnung besorgen. Der Kreuzstromstauer zeigt sinngemäße Ausführung nach Abb. 135 (S. 74). Auch seine Wirkungsweise ist genau dieselbe. Mit Vorteil werden manchmal enge

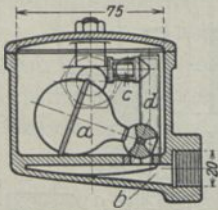


Abb. 168. Hebelentleerer.
(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

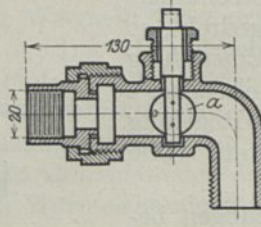


Abb. 169. Dampfstauer.

Drosselleitungen verwendet, die z. B. mit 5 mm l. W. und 300 mm Länge hinter dem Heizkörper in die Kondensleitung eingeschaltet werden¹⁾.

Dampfstauer haben den Nachteil, daß sie bei Frost (während des Anstellens der Anlage) einfrieren können, weshalb von manchen Firmen die Anordnung von Voreinstellventilen statt Stauern empfohlen wird.

Dampfstauer haben den Nachteil, daß sie bei Frost (während des Anstellens der Anlage) einfrieren können, weshalb von manchen Firmen die Anordnung von Voreinstellventilen statt Stauern empfohlen wird.

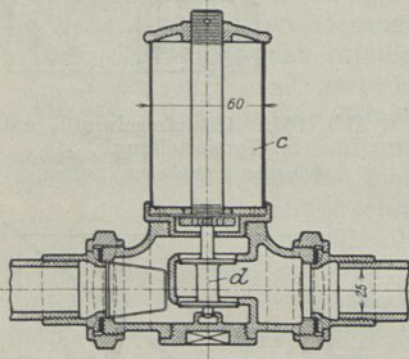
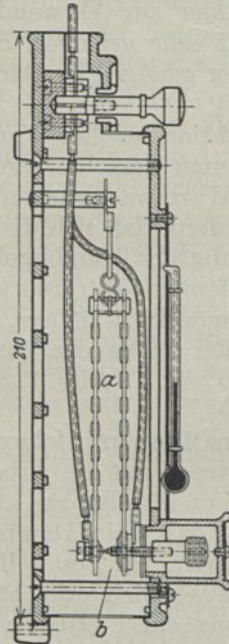


Abb. 170.

Selbsttätiger elektrischer
Temperaturregler.
(Fritz Kaefeler, Hannover.)



f) Selbsttätige Heizkörperregler.

Wie bereits S. 66 erwähnt, kommen als selbsttätige Regler für Niederdruck-Dampfheizungen nicht nur die „unmittel-

baren Regler“, sondern auch die „mittelbaren Regler“ in Betracht. Zu letzteren zählt z. B. der „elektrische Temperaturregler“ Abb. 170. Eine wärmeempfindliche, aus Stahl und Kupfer bestehende Feder *a* krümmt oder streckt sich unter dem Einfluß der sich ändernden Raumtemperatur. Dadurch wird der Strom (Gleichstrom 110 bzw. 220 Volt) bei *b* unterbrochen oder geschlossen, wodurch der Elektromagnet *c* das im Dampfweg sitzende Doppelventil *d* entsprechend steuert.

Wesentlich anders arbeitet der Druckluftregler Abb. 171. Die durch einen Wasserluftkompressor erzeugte Druckluft tritt bei *L* zum „Thermostat“. In der gezeichneten Stellung ist das Ventil *V* geschlossen. Die Druck-

¹⁾ Siehe Frenckel, Über Druckverhältnisse in Niederdruck-Dampfheizungen 32. Mitteilung der Anstalt. Verlag R. Oldenbourg, München-Berlin 1921.

luft geht durch den Kanal *K* zu einem Wattefilter *W* und von dort in einen feinen Stichkanal. Dieser weist eine nadelspitzartige Öffnung *O* auf, die in der gezeichneten Stellung durch die Feder *F* und den Hebel *H* verschlossen ist. Die Druckluft bläst daher die Membran *M* auf und drückt durch den Hebel *J* das erwähnte Ventil *V* nieder. Hinter dem Ventil zweigt die Druckluftleitung *B* ab, die zum Membranventil führt. Dort hat die Feder *D* die Membran nach oben gedrückt und das Ventil *E* geöffnet. Die hinter der Membran gesessene Druckluft ist durch die Leitung *B* und die lose Spindelführung des Ventils *V* entwichen.

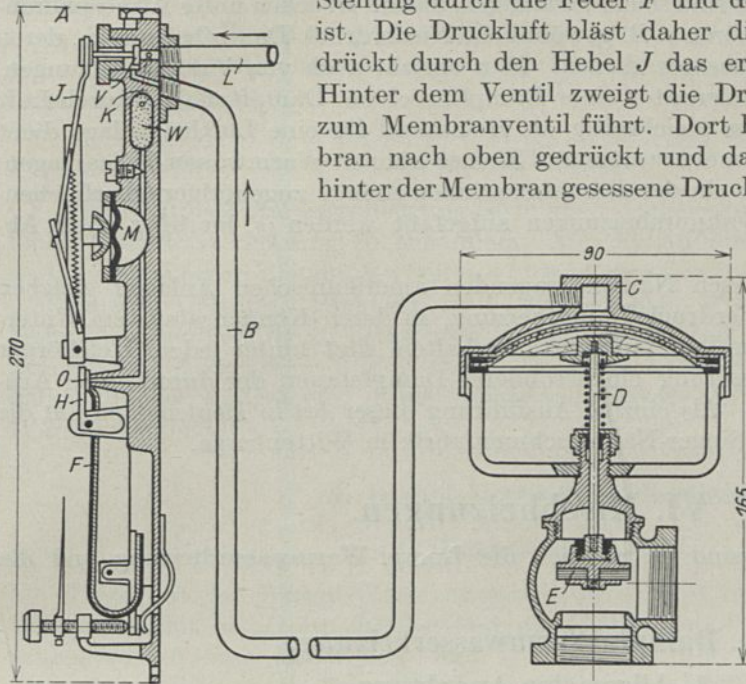


Abb. 171. Selbsttätiger Druckluftregler (Johnsonregler).
(Gesellschaft für selbsttätige Temperaturregelung Berlin.)

Die Druckluft bläst daher die Membran *M* auf und drückt durch den Hebel *J* das erwähnte Ventil *V* nieder. Hinter dem Ventil zweigt die Druckluftleitung *B* ab, die zum Membranventil führt. Dort hat die Feder *D* die Membran nach oben gedrückt und das Ventil *E* geöffnet. Die hinter der Membran gesessene Druckluft ist durch die Leitung *B* und die lose Spindelführung des Ventils *V* entwichen.

Steigt nun die Raumtemperatur, so streckt sich die temperaturempfindliche Feder *F* und drückt bei der eingestellten Raumtemperatur den Hebel *H* von der Öffnung *O* ab. Sofort bläst die Druckluft aus, die Membran *M* fällt unter der Wirkung einer Feder ein, der Hebel *J* öffnet das Ventil *V*, das gleichzeitig die

lose Spindelführung abschließt. Die Druckluft geht unmittelbar aus *L* nach *B* und *C*, bläst die große Membran auf und schließt dadurch das Heizkörperventil *E*.

Schon vor dem Kriege standen der erfolgreichen Einführung der selbsttätigen Regler die hohen Anlagekosten und die Notwendigkeit der sorgfältigen Überwachung gegenüber. In den nächsten Jahren dürfte die Anwendung der erwähnten Apparate auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben.

g) Rückführung des Dampfwassers.

Das Dampfwasser fließt in den allermeisten Fällen durch eigene Kraft dem Kessel wieder zu. Nur dort, wo dies nicht möglich ist, sind Rückspeiser oder Sammelgefäße anzuwenden. Aus letzteren speisen elektrisch oder anderweitig angetriebene Pumpen das Wasser unmittelbar in den Kessel oder sie heben es erst in einen Hochbehälter, von wo es mit natürlichem Gefälle ins Kesselhaus zurückkehrt, um von dort in die Kessel eingespeist zu werden.

h) Generelle Regelung.

Selbst bei sorgfältigster Berechnung der Anlage ist eine generelle Regelung nach Maßgabe der jeweils herrschenden Außentemperatur durch Änderung des Betriebsdruckes nur in gewissen Grenzen möglich.¹⁾ Die Niederdruck-Dampfheizung steht also auch in dieser Beziehung der Warmwasserheizung nach.

¹⁾ Frenckel, Über Druckverhältnisse in Niederdruck-Dampfheizungen s. Fußnote S. 92.

erwärmen sind (s. Fernheizungen S. 108 und weiter Abwärmeverwertung S. 114). Auch Sonderfälle kommen in größerer Zahl in Betracht. Angenommen das in der Nähe einer Fabrik liegende Beamtenwohnhaus soll Warmwasserheizung erhalten, dann kann zur Erwärmung des Heizwassers wochentägig billiger Fabrikabdampf benutzt werden, während Sonntags ein mit Koks gefeuerter gußeiserner Warmwasserkessel in Tätigkeit tritt.

3. Ausführung.

Die Dampf-Warmwasserheizung ist in allen Teilen des Wasserumlaufes als einfache Warmwasserheizung zu behandeln. Alle Abhandlungen über die Rohrleitung und die Heizkörper, die auf den Seiten 47 bis 64 entwickelt worden sind, haben hierfür vollkommen Geltung. Hingegen sind die Leitungen *a* und *b* (Abb. 172) als zur Dampfheizung gehörig zu betrachten, wobei wie erwähnt, Hochdruck- oder Niederdruckdampf Anwendung finden kann. In dieser Hinsicht gilt sinngemäß, das auf den S. 72 bzw. 87 Gesagte. Einer besonderen Erörterung bedürfen nur die Dampf-Warmwasserbereiter.

4. Dampf-Warmwasserbereiter.

a) Gegenstromapparate.

Diese Art der Dampf-Warmwasserbereiter ist z. B. in Abb. 173 dargestellt. Der Dampf kommt bei *D* an, durchströmt die U-Rohre und tritt durch *N* als Niederschlagswasser (bzw. als Wasser- und Dampfgemisch) aus. Das Wasser strömt im Rücklauf *R* zu, streicht, durch die Scheidewand *S* gezwungen, im Gegenstrom zum Dampf und verläßt den Apparat durch die Vorlaufleitung *V*. Die U-Form der Rohre ist deswegen beliebt, weil die Rohrausdehnung dadurch in einfachster und sicherster Weise ermöglicht wird. Sollen die U-Rohre unbedingt vor der Zerstörung gesichert sein, so müssen sie aus Kupfer hergestellt werden. Die gesamten Heizschlangen können aus dem von den Leitungen gelösten Gegenstromapparat leicht ausgezogen werden. Die Regelung der Wassertemperatur kann durch entsprechendes Drosseln der Dampfmenge erfolgen. Hierzu können auch selbsttätige Regler benutzt werden.

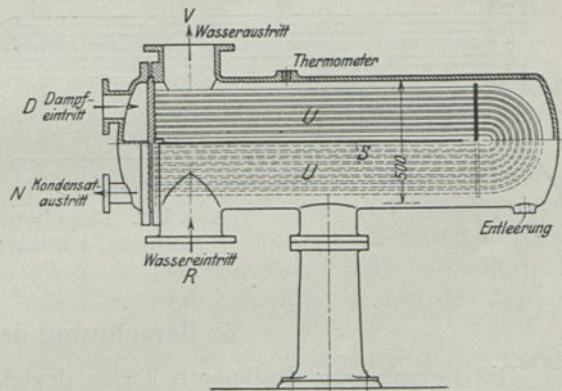


Abb. 173. Gegenstromapparate.
(Hoffmannwerk, Leuben-Dresden.)

Der Vorteil der Apparate nach Abb. 173 ist ihr rasches Anheizen, der Nachteil hingegen das schnelle Erkalten der geringen in ihnen befindlichen Wassermasse.

b) Dampfwarmwasserkessel.

Die Abb. 174 stellt einen Dampfwarmwasserkessel vor, der infolge des größeren Wasserinhaltes ein gewisses Vorhalten der Wärme nach abgestelltem Heizbetrieb sichert. Hier ist ebenfalls das Rohrbündel nach Lösen der Verbindungen leicht ausziehbar. Diese Kessel heizen naturgemäß nicht so schnell an, wie die unter *a* erwähnten Apparate.

c) Anlagen mit raschem Anheizen und langem Vorhalten der Wärme.

Will man rasches Anheizen und gleichzeitig langes Vorhalten der Wärme erreichen, so kann dies dadurch geschehen, daß man die Anlage durch Gegenstromapparate zunächst schnell hochheizt. Nach vollendetem Anheizen wird das aus den Gegenstromapparaten austretende Wasser nur zum Teil in die Heizung, zum anderen Teil aber in Speicher geschickt. Diese stellen nichts anderes als große Walzenkessel mit erheblichem Wasserinhalt vor, die nach Abstellen des Heizbetriebes die nachhaltige Erwärmung der Räume sichern.

d) Sicherheitsvorrichtungen für Dampfwarmwasserkessel.

Auch bei Dampfwarmwasserkesseln sind die auf S. 41 besprochenen Sicherheitsvorrichtungen anzuwenden, wobei die Heizfläche in „feuergeheizte“ umzuwerten ist. (S. Ministerialerlaß vom 15. März 1921, Anhang S. 168.) Dampfwarmwasserkessel, bei denen der Dampf niedrigere Temperaturen aufweist, als dem statischen Druck im Kessel entspricht, fallen nicht unter die Bestimmungen der betreffenden Ministerialerlässe (s. a. Anhang S. 165 u. f.).

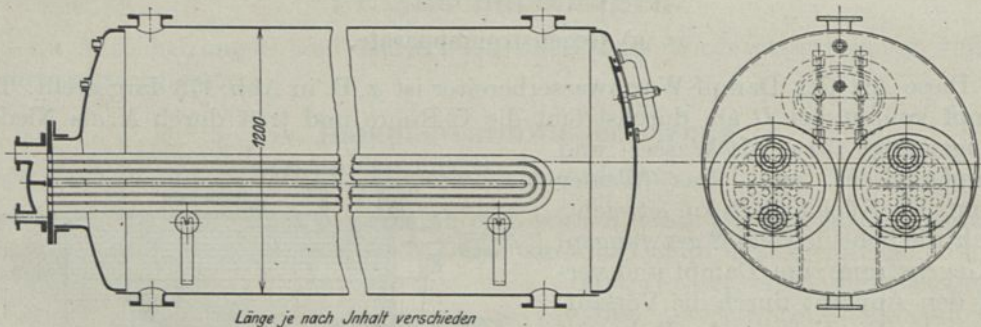


Abb. 174. Dampfwarmwasserkessel.
(Rietschel & Henneberg, Berlin.)

5. Berechnung der Anlagen.

Die Berechnung desjenigen Teiles der Anlagen, der als Wasserheizung zu behandeln ist, findet sich im Bd. II, S. 28 u. f. In ähnlicher Weise ist im selben Band, S. 62 u. 73 die Berechnung der Dampfheizteile behandelt, wobei stets der Sonderfall „Dampfschlangen“ zu betrachten ist. Die Ermittlung der Heizflächen der Dampfwarmwasserapparate ist unter „Heizflächenberechnung“ Bd. II, S. 16 u. f. eingeschoben.

B. Dampfwasserheizung.

In dieser Heizart sucht man die Vorteile der Wasser- und Dampfheizung zu vereinen, indem Einrichtungen geschaffen werden sollten, die rasch anheizen und gleichzeitig auch lange warm bleiben. Diese Ausführungsart ist aufgegeben, in neuester Zeit aber — in anderer Form — durch die Zählerheizungsgesellschaft Wien wieder aufgenommen worden. Ein Urteil über letztere Ausführung kann zurzeit noch nicht abgegeben werden.

¹⁾ Siehe auch Erläuterungen betr. Sicherheitsvorrichtungen für Warmwasserkessel, 3. Aufl. 1921. Selbstverlag des Verbandes der Centralheizungs-Industrie, Berlin.

VII. Luftheizung.

A. Allgemeines.

Unter Luftheizungen werden jene Heizarten verstanden, bei denen die Erwärmung der Räume durch heiße Luft erfolgt. Die Erhitzung letzterer geschieht mittelbar durch Rauchgase, Dampf oder Wasser, weshalb Feuerluftheizungen bzw. Dampf- oder Wasserluftheizungen zu unterscheiden sind. Alle erwähnten Arten können in dreierlei Weise betrieben werden:

- a) Ansaugen von Frischluft, Ausstoßen der Abluft ... Frischluftheizung.
- b) Ansaugen der Abluft, keine Erneuerung der Raumluft ... Umluftheizung.
- c) Verbindung der Frischluft- und Umluftheizung.

Da bei der Umluftheizung fortwährend die verbrauchte und mit Staub durchsetzte Raumluft an die Heizflächen geführt wird und von dort weiter verschlechtert den Räumen zuströmt, ist Umluftheizung hygienisch nachteilig. Sie wird jedoch zurzeit unter Berücksichtigung der damit erzielbaren Kohlenersparnis öfters angewendet.

Wird die Bewegung der Luft allein durch ihren natürlichen Auftrieb bewirkt, so spricht man von „Auftriebsheizung“, verwendet man Bläser (Ventilatoren) zur Luftbewegung, so nennt man diese Heizart „Umtriebsheizung“. Die Auftriebsheizung ist stets vom Wind und den Temperaturverhältnissen der Außenluft abhängig, so daß ein unter allen Umständen gesicherter Betrieb nur bei Umtriebsheizung zu erreichen ist.

B. Feuerluftheizung.

1. Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet.

Vorteile: Niedrige Anlagekosten — billiger Betrieb — leichte Regelung — keine Raumheizkörper — Unmöglichkeit des Einfrierens — gleichzeitige Lüftung der Räume — seltene und dann nur einfache Ausbesserungsarbeiten.

Nachteile: Fast immer erhebliche Beeinflussung durch Wind- und Temperaturverhältnisse der Außenluft — Unmöglichkeit richtiger Verteilung der Wärmezufuhr für jeden Raum — störende Abhängigkeit zwischen Wärme- und Luftbedarf bei Vorhandensein mehrerer Räume — meistens zu hoch erwärmte Heizflächen und daher hygienisch nicht einwandfrei — oft zu hohe Einströmungstemperaturen der Luft — Zugerscheinungen.

Anwendungsgebiet. Früher häufig angewendet, ist die Feuerluftheizung zurzeit auf wenige Sonderfälle beschränkt: Kleinere Kirchen¹⁾, bei denen die Forderung geringster Kosten alle anderen Überlegungen zurücktreten läßt, windgeschützte Baulichkeiten in abgelegenen Gegenden. Nicht zu empfehlen ist diese Heizart für gewöhnliche Wohnbauten, Einfamilienhäuser und Villen, insbesondere nicht bei freier Lage des Gebäudes²⁾.

2. Ausführung.

Die Feuerluftheizung wird in der Regel nur als Auftriebsheizung (ohne Bläser) ausgeführt. Die sehr starke Abhängigkeit der Wirkung der Anlage von den Wind- und Temperaturverhältnissen der Außenluft ist dann unbestreitbar. Reinigen der Luft durch Filter erscheint infolge des hohen Kraftverbrauches solcher Einrichtungen ausgeschlossen. Über die Einzelteile dieser Heizart ist folgendes zu sagen:

¹⁾ Größere Kirchen erhalten zweckmäßig Niederdruckdampf- oder Dampf- und Dampfluftheizung; s. Über, Kirchenheizungen, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1915, ferner Schmitz, Die neue Heizanlage des Domes in Metz, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1917, S. 169.

²⁾ Zur Abwehr der amerikanischen Luftheizung von Erwin Herz, 3. Aufl. R. Oldenbourg, München 1911.

a) Luftheizöfen.

Als Luftheizöfen kann grundsätzlich jeder beliebige Ofen verwendet werden. Da indessen meist große Heizleistungen erforderlich sind, müssen die Öfen eine diesem Zweck besonders angepaßte Bauart erhalten. Die hierbei zu erfüllenden

Bedingungen sind: zusammengedrückte Form, nirgends zu hohe Oberflächentemperaturen, gleichmäßige Verteilung der Wärme, gutes Umspülen aller Heizflächen mit Luft, Ausdehnungsfähigkeit sämtlicher Teile, geringe Fugenzahl, leichte Zugänglichkeit, einfache und dennoch gründliche Reinigungsmöglichkeit von Staub, Entfernung von Ruß und Asche ohne Betreten der Heizkammer, Schüttfeuerung, selbsttätige Verbrennungsregler.

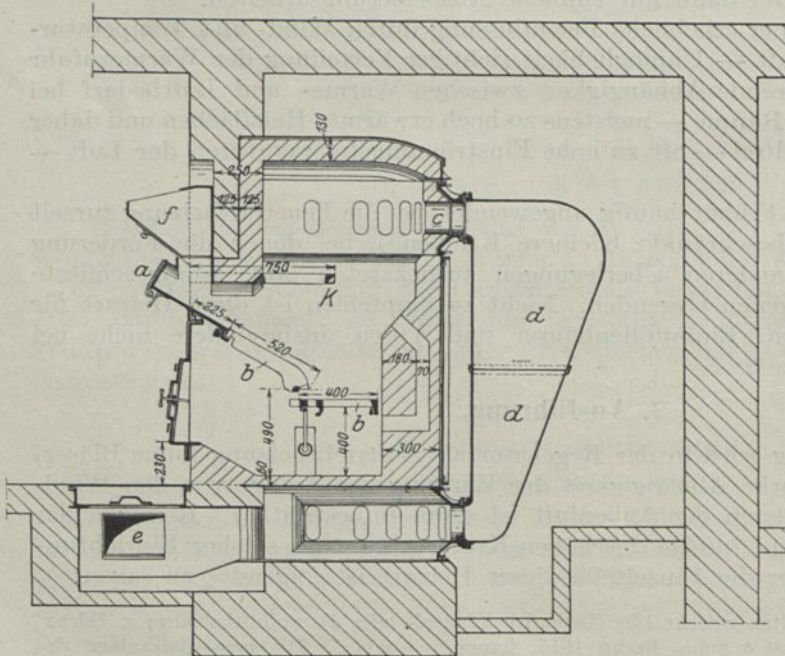
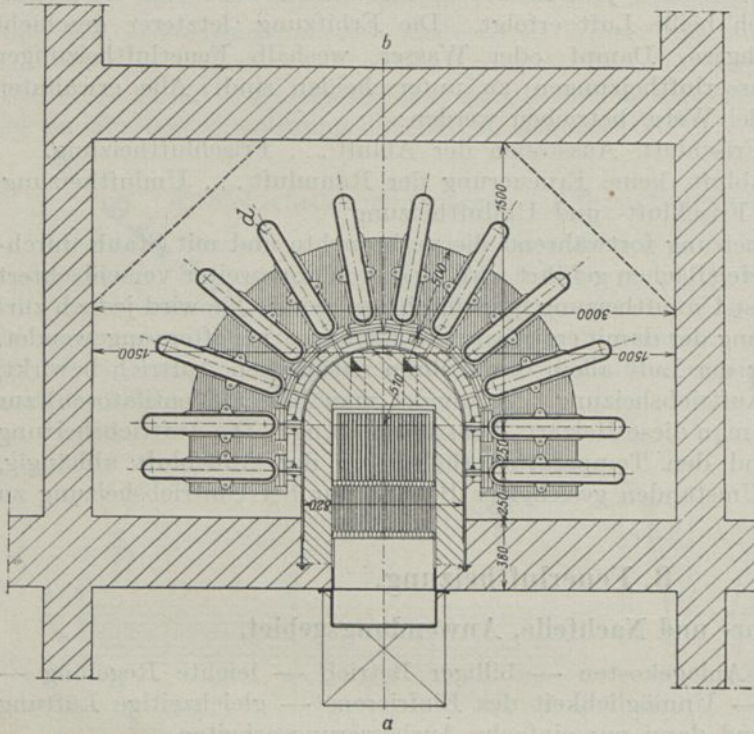


Abb. 175. Luftheizöfen. (Schnitt *a b* um 90° gedreht.)

(H. Kori, Berlin.)

Sorgfältig ist darauf zu achten, daß das Ausströmen unverbrannter Gase (Kohlenoxyd) in die Heizkammer unbedingt verhindert wird, aus welchen Gründen auch die Verwendung völlig abschließender Rauchschieber bedenklich erscheint. Ausreichende Mindestöffnungen in den Schiebern dürften allerdings so groß ausfallen, daß eine wirksame Abschwächung der Feuerung kaum zu erzielen ist. Es wird deshalb zur Regelung des Brandes durch Drosselung der Luftzufuhr zum Rost überzugehen sein.

Die Heizkammer muß möglichst tief liegen, damit günstige Auftriebsverhältnisse für die Heizluft entstehen. Trotzdem ist womöglich natürliche Beleuchtung der Kammern vorzusehen. Gasbeleuchtung muß so (außerhalb der an jener Stelle verglasten Kammer) angebracht werden, daß nicht schädliche Gase (Leuchtgas) in den Luftweg gelangen können. Im allgemeinen haben alle Ausführungen über gewöhnliche Luftheizkammern (s. S. 148) sinngemäß auch hier Geltung.

Von den vielen Bauarten der gangbaren Luftheizöfen seien drei näher beschrieben.

a) Der Korische Luftheizofen. Abb. 175.

Der Brennstoff gelangt vom Füllschacht *a* auf den Rost *b*, der teilweise als Schrägrost, teilweise als Planrost ausgeführt ist. Die Rauchgase steigen in der Verbrennungskammer *K* hoch, treten durch die im Halbkreis angeordneten Öffnungen *c* aus, durchziehen dann abwärtsströmend die Heizglieder *d*, an denen im Gegenstrom die Luft vorbeistreicht. Aus *d* gelangen die Rauchgase zum Fuchs *e*.

Die Heizflächen haben wenig wagrechte, aber große lotrechte Flächen (geringe Staubablagerung) und sind reinigungsfähig.

β) Der Kellingsche Luftheizofen. Abb. 176.

Hinter der Feuertür *a* liegt ein Planrost *b*. Von diesem führen die Rauchgase in der Richtung *c* aufwärts und gelangen dann in die Heizrohre *d*, von denen drei Gruppen mit je 4 Rohren angeordnet erscheinen.

Die Luft streicht von unten kommend an den glatten genügend reinigungsfähigen Rohren *d* vorbei.

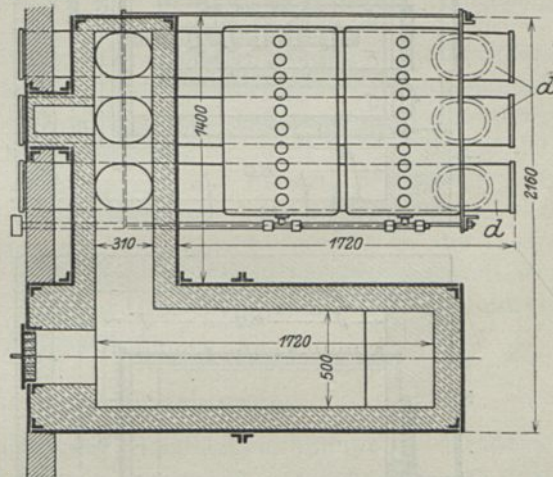
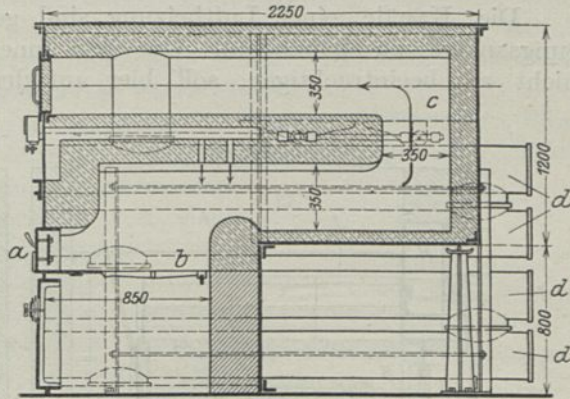


Abb. 176. Luftheizofen.
(Emil Kelling, Berlin.)

γ) Der Körtingsche Luftheizofen.

Im Westen Deutschlands hat sich für die Heizung täglich benutzter katholischer Kirchen die Perretsche Luftheizung eingeführt. Die Öfen werden im Herbst in Betrieb gesetzt und brennen den ganzen Winter bis zum Frühjahr durch. Diese Betriebsart ist nur dann möglich, wenn billiger Brennstoff zur Verfügung steht. Man benutzt Kohlen- und Koksgrus, Staubkohle, Lokomotivlöschelöschel usw.

Ein dem gleichen Zweck dienender Luftheizofen ist in Abb. 177 dargestellt. Der Brennstoff wird bei *A* in die oberste Abteilung *B* des Ofens eingeführt und fällt dann von selbst durch die düsenförmigen Öffnungen *C* in die darunter liegenden Abteilungen *D*, *E*, *F*. Die Asche wird aus der letzten entfernt. Die Verbrennungsluft zieht bei *G* ein, streicht in der umgekehrten Richtung durch die vorgenannten Abteilungen hoch und gelangt bei *H* in den Schornstein. Die Heizluft strömt in

der Richtung $J J$ aufwärts und erwärmt sich an den lotrecht stehenden Rippen (geringe Staubablagerung) des Ofens.

Die Berechnung aller Teile der Feuerluftheizung ist im Bd. II, S. 78 gegeben.

b) Kanalanlage.

Die Kanäle einer Luftheizung sind genau so wie die Kanäle jeder Lüftungsanlage zu behandeln. Um den inneren Zusammenhang der Darstellung nicht zu beeinträchtigen, soll hier auf den Abschnitt „Kanalanlagen“, S. 158

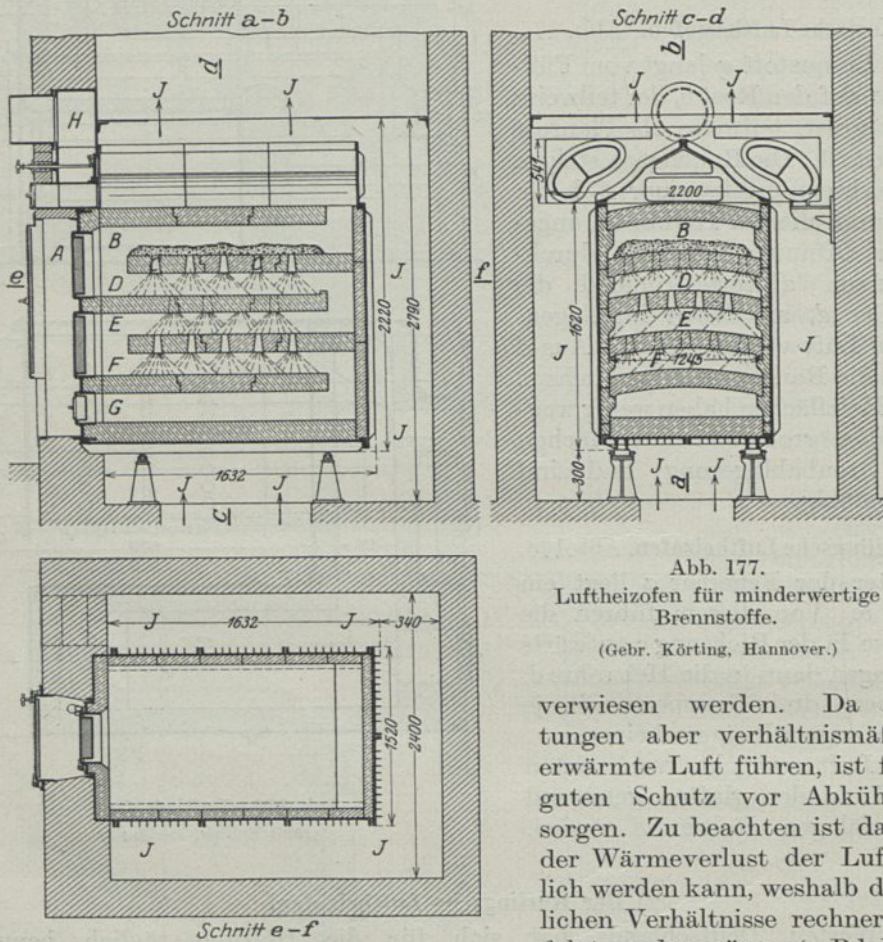


Abb. 177.

Luftheizofen für minderwertige Brennstoffe.

(Gebr. Körting, Hannover.)

verwiesen werden. Da die Leitungen aber verhältnismäßig hoch erwärmte Luft führen, ist für einen guten Schutz vor Abkühlung zu sorgen. Zu beachten ist dabei, daß der Wärmeverlust der Luft erheblich werden kann, weshalb die bezüglichen Verhältnisse rechnerisch verfolgt werden müssen (s. Bd. II, S. 90).

Die sehr ins Gewicht fallenden Abkühlungsvorgänge schließen die Anwendung der Luftheizung für räumlich ausgedehnte Bauwerke aus.

Umluftkanäle sind, wie erwähnt, aus hygienischen Gründen und mit Rücksicht auf schwierige Leitungsführung bedenklich. Für große Räume werden sie zwecks rascheren Hochheizens und zur Erzielung von Brennstoffersparnissen dennoch angewendet.

c) Zu- und Abluftöffnungen.

Auch hier findet das über Lüftungsanlagen Gesagte (s. S. 141 u. f.) sinngemäße Anwendung. Hervorzuheben ist noch, daß die Temperatur bei Eintritt der Luft in die Räume nicht mehr als $40-50^{\circ}\text{C}$ betragen soll.

C. Dampf- und Wasserluftheizungen.

1. Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet.

Vorteile: Leichte Regelbarkeit — keine Raumheizkörper¹⁾ — Möglichkeit kräftiger Lüftung — Überdruck in den Räumen und daher Verhinderung von Zugerscheinungen — gesundheitlich vorteilhaft, falls Frischluftheizung ausgeführt wird.

Nachteile: Erhebliche Betriebskosten bei Frischluftheizung. Sollen durch die Luftheizung viele Räume von stark verschiedenem Wärme- und Lüftungsbedürfnis versorgt werden, so ergeben sich schwierige Betriebsverhältnisse.

In Amerika werden Luftheizungen oft auch zur Erwärmung vielräumiger Baulichkeiten, die verschiedenartige Forderungen hinsichtlich Heizung und Lüftung aufweisen, benutzt. Die den einzelnen Zimmern zugehörigen lotrechten Warmluftkanäle zweigen von einem wagrecht angeordneten Verteilnetz ab, das doppelt, nämlich mit Warmluft- und Kaltluftkanälen ausgeführt ist (Abb. 178). Die beiden Öffnungen O_1 und O_2 werden durch zwei Klappen geschlossen, die gekuppelt und derart eingerichtet sind, daß sich z. B. O_1 öffnet und gleichzeitig O_2 schließt. Die Klappen werden durch einen selbsttätigen, in dem betreffenden Raume befindlichen Druckluftregler gesteuert.

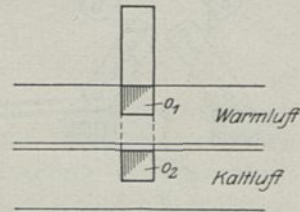


Abb. 178.
Amerikanische Luftheizung.

Anwendungsgebiet. Dampf- und Wasserluftheizungen werden vorteilhaft verwendet, wenn es sich um die Heizung und Lüftung einzelner großer Räume handelt, z. B. Theater, Konzerträume, große Versammlungs- und Sitzungssäle, großräumige Fabrikhallen (Hallenheizung s. d.). In allen diesen Fällen wird in der Regel nicht Auftriebsheizung ausgeführt, sondern es gelangen mit Bläsern betriebene Luftheizanlagen zur Anwendung. In der Regel wird aus berechtigten hygienischen Erwägungen reiner Frischluftbetrieb eingerichtet, obwohl gerade in der Letztzeit, im Hinblick auf Kohlenersparnis manchmal zu Umluftbetrieb gegriffen werden muß. Die „Hallenheizung“ nimmt in dieser Hinsicht eine besondere Stellung ein, worauf weiter unten (S. 105) näher eingegangen wird.

2. Heizkörper und Regelvorrichtungen.

Bei der Ausführung und Anwendung der Heizflächen kommt es darauf an, möglichst große Wärmeleistungen auf kleinem Raum zu erzielen. Dies ist durch Anwendung hoher Luftgeschwindigkeiten möglich, wobei die Heizkörper besondere Formen erhalten. Die Annahme, daß durch hohe Luftgeschwindigkeiten die Oberflächentemperatur der Dampfheizkörper erheblich herabgedrückt werden könnte, trifft nicht zu²⁾. Immerhin ist zu sagen, daß auch bei Dampfheizkörpern die Verschlechterung der Luft durch Staubversengung mit zunehmender Luftgeschwindigkeit abnimmt, weil die Luft nur Bruchteile von Sekunden mit den Heizflächen in Berührung bleibt.

Nicht beseitigt wird aber die Ablagerung von Staub auf den Heizflächen während der Betriebspausen und das Einblasen der verdorbenen Luft bei Betriebsbeginn. Schon aus diesem Grunde sollte die Speisung der Heizkörper mit Hochdruckdampf vermieden werden. Als weitere Nachteile einer derartigen Hochdruckheizung sind zu nennen: Staubverbrennung auf den hoch erhitzten Dampfzuleitungen, erschwerte Rohrlagerung, teurer Wärmeschutz, größere Wärmeverluste, Wartung der Dampfwasertöpfe, Bedienung der Be- und Entlüftungen der Heizkörper, Geräusch.

¹⁾ Mit Ausnahme der später zu besprechenden „Hallenheizung“.

²⁾ Heft 3 der Mitt. der Anstalt. Verlag R. Oldenbourg, München-Berlin 1910.

Sind daher Dampfheizungen einzurichten, so ist der Niederdruckdampfheizung der Vorzug vor der Hochdruckdampfheizung zu geben¹⁾. Hinsichtlich der Heizkörper ist zu verlangen, daß Flächen Verwendung finden, die dem Staub keine oder nur geringe Möglichkeit zur Ablagerung bieten. Diese Forderung führt zur Bevorzugung lotrechter Heizflächen und zur Zurückstellung aller Heizkörper, die hauptsächlich wagerechte Heizflächen aufweisen.

In hygienischer Beziehung bietet naturgemäß der Warmwasserheizkörper die beste Lösung. Es kann nicht bestritten werden, daß es unlogisch ist, große Ge-

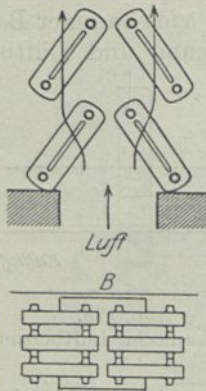


Abb. 179. Schräge Anordnung von Radiatoren in Luftkammern.

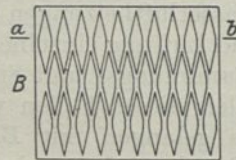
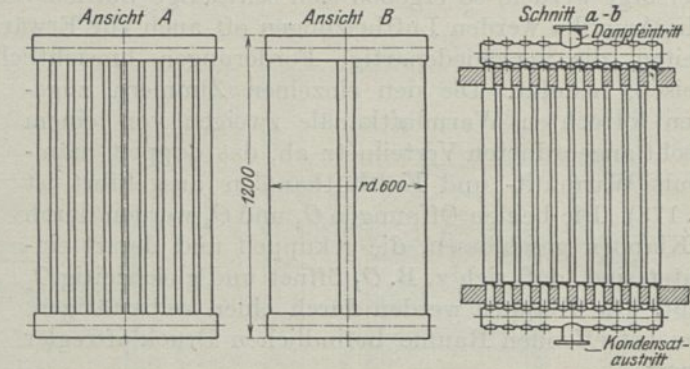


Abb. 180.
Rautenheizkörper (Rhombikus).
(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

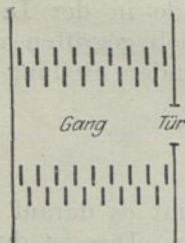


Abb. 181. Zweckmäßige Anordnung von Rautenheizkörpern.

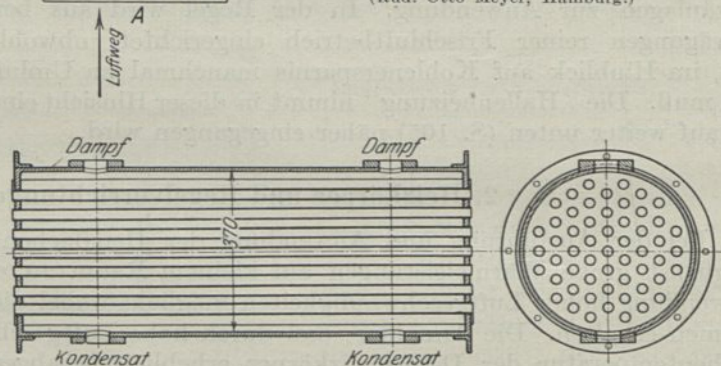


Abb. 182. Luftröhrenkessel.

bäudeheizungen unter Aufwendung erheblicher Kosten als Warmwasseranlagen auszuführen, für die Lüftung aber gleichzeitig Dampfheizung zu wählen²⁾. Nicht immer läßt sich diese Wahl durch Hinweis auf die Frostgefahr rechtfertigen. Es ist in vielen Fällen möglich, die Luft (z. B. entlang des Schornsteines oder neben den Kesseln usw.) so zu führen, daß sie genügend erwärmt, den Heizflächen zuströmt³⁾. Noch weniger ist Frostgefahr zu fürchten, wenn die Wasserbewegung in den Heiz-

¹⁾ Bei Trockenanlagen wird manchmal die umgekehrte Wahl — mit Rücksicht auf die zu erzielende Trockenwirkung — nötig sein.

²⁾ Damit verliert auch die Kesselanlage, die zum Teil Dampfkessel aufnehmen muß, ihre Einheitlichkeit.

³⁾ Das Absinken der Wassertemperatur unter $+ 6^{\circ} \text{C}$ kann selbsttätig angezeigt werden.

körpern durch Pumpen beschleunigt wird. In allen Fällen muß die Inbetriebnahme der Lüftung bzw. der Luftheizung solange gesperrt sein, bis die ordnungsgemäße Wasserbewegung in den Heizflächen hergestellt ist. Die Heizkörper weisen, dem besonderen Zweck angepaßte Formen auf, von denen einige näher besprochen werden sollen.

a) Radiatoren in besonderer Aufstellung. (Abb. 179.)

Hierzu zählen schräg gegeneinander gestellte Radiatoren, wobei das seitliche Ausweichen der Luft durch Führungsbleche *B* unmöglich gemacht werden muß. Die Heizleistung ist eine verhältnismäßig geringe und der Platzbedarf groß. Manchmal erscheint es deshalb nötig, mehrere Reihen von Heizkörpern übereinander aufzubauen. Der Luftwiderstand ist gering.

b) Rautenheizkörper. (Abb. 180.)

Sie sind durch die Firma Rud. Otto Meyer, Hamburg¹⁾, erfolgreich eingeführt worden. Die Heizflächenart (Rhombikus) gestattet das Unterbringen großer wirksamer Heizflächen in kleinen Räumen, ferner die Erzielung geringer Luftwiderstände und schließlich gute Reinigung²⁾. Um letztere noch weiter zu erleichtern, sollten die Heizflächen nur in je 2 Gruppen hintereinander angeordnet werden, wobei die Zugänglichkeit durch Gänge und Türen zu sichern ist (Abb. 181).

c) Luftröhrenkessel. (Abb. 182.)

Diese wurden früher mehrfach benutzt. Die Luft streicht durch die im Dampfraum liegenden Rohre. Die Kessel sollen mit Rücksicht auf die Staubablagerung nur lotrecht angeordnet werden. Sie haben wohl eine hohe Heizwirkung (insbesondere wenn man für Luftwirbelung in den Rohren sorgt), aber einen hohen Widerstand, so daß sie in der Letztzeit immer weniger angewendet werden³⁾.

d) Röhrenkessel. (Abb. 183.)

Sie wurden den amerikanischen Sturtevantheizkörpern nachgebildet und zeigen im Gegensatz zu den vorhergehenden Heizkörpern dampfgefüllte, von Luft umspülte Rohre. Die Heizflächen sind außerordentlich wirksam und beanspruchen kleinsten Raum. Auch ordnen sie sich baulich recht gut ein. Bei ihrer Verwendung muß auf den ziemlich hohen Luftwiderstand Rücksicht genommen werden. Für Anlagen mit hohen hygienischen Anforderungen sind sie wegen ungünstiger Reinigung der Rohre nicht zu empfehlen.

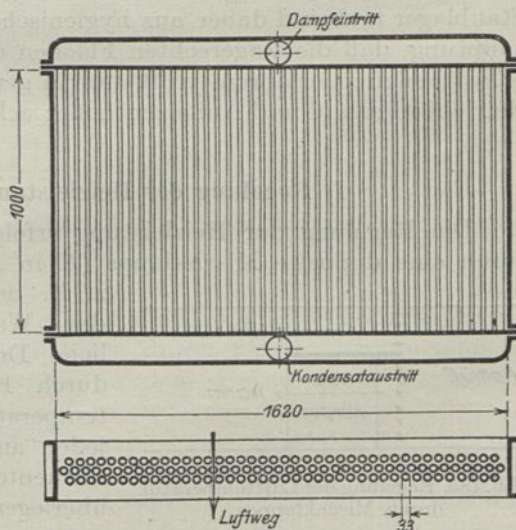


Abb. 183. Röhrenkessel.
(Sturtevant-Heizkörper.)

¹⁾ Vertrieb durch die Deutsche Radiatoren-Verkaufsstelle, Wetzlar.

²⁾ S. hierüber Margolis, Die Bewertung von Luftherhitzern unter besonderer Berücksichtigung des Rhombikus-Luftherhitzers. Ges.-Ing. 1916. Gröber, Die Berechnung von Heiz- und Kühlrohren. Ges.-Ing. 1920. Schmitz, Über Berechnung von Luftherhitzern usw., Ges.-Ing. 1920.

³⁾ S. Heft 3 der Mitt. der Anstalt. Untersuchungen über Wärmeabgabe usw., unter Anwendung großer Luftgeschwindigkeiten.

Esfallum

e) Lamellenheizkörper. (Abb. 184.)

In den letzten Jahren sind vielfach Heizkörper verwendet worden, die nur zum Teil unmittelbar vom Heizmittel umspülte Teile, z. B. die Dampfkanäle *A* in Abb. 184 aufweisen. Zwischen ihnen sitzen dünne Metalllamellen *B*. Diese übernehmen von *A* die Wärme durch Leitung und übertragen sie mit großer Fläche an die (senkrecht zur Bildfläche) rasch vorbeiströmende Luft. Dies entspricht der Tatsache, daß die

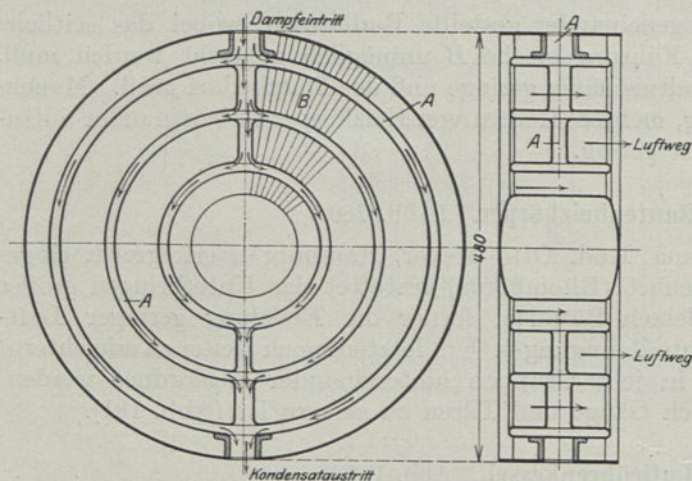


Abb. 184. Lamellenheizkörper.
(Junkers & Co., Dessau.)

Wärme vom Dampf an Metall und ebenso durch das Metall sehr leicht übertragen wird, während die Wärmeübertragung von Metall an Luft schlecht ist und sonach große Flächen benötigt. Aus diesen Gründen ist auch die Leistung dieser Heizkörper bei geringem Stoffaufwand und kleinem Platzbedarf hoch. Sinngemäß gilt das gleiche, wenn die Heizkörper statt mit Dampf durch rasch strömendes Wasser versorgt werden.

Werden die Lamellenheizkörper, wie dies meistens geschieht, so angeordnet, daß die Lamellen wagerecht liegen, so bilden sie Staublager und sind daher aus hygienischen Gründen nicht zu empfehlen. Die Behauptung, daß die wagerechten Flächen durch die lebhafte Luftbewegung eine Art Selbstreinigung erfahren, trifft nur in geringem Maß zu und läßt die Vorgänge bei Betriebsstillstand und Anheizen außer acht.

f) Regelung der Heizleistung bzw. der Lufttemperatur.

Die Regelung der Heizleistung erfolgt am besten, sichersten und einfachsten durch eine doppelte Mischklappe (*K* in Abb. 185). Sie ist so eingerichtet, daß sie

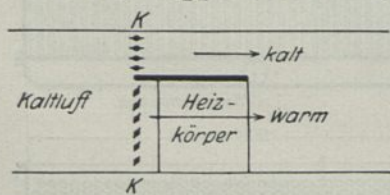


Abb. 185. Regelung der Lufttemperatur durch Mischklappen.

z. B. den Kaltluftkanal öffnet und gleichzeitig den Warmluftkanal schließt. Durch allmähliche Drehung der Klappe *K* (von Hand- oder durch Fernstellung) wird jede beliebige Mischtemperatur erreicht. Diese Art der Regelung ist jeder anderen, z. B. Abstimmung einzelner Heizflächenteile, Erniedrigen der Dampfspannung weit überlegen.

3. Luftentnahme, Reinigung, Befeuchtung, Heizkammer, Ventilatoren, Kanalanlage, Zu- und Abluftöffnungen.

Alle diese Einzelheiten sind sinngemäß die gleichen wie bei gewöhnlichen Lüftungsanlagen, so daß auf die betreffenden Ausführungen S. 141 u. f. verwiesen werden kann. Ein Unterschied besteht darin, daß im vorliegenden Fall die Lufttemperaturen höhere sind, da die Luft den Räumen mit 40 bis 50° C zuströmen soll. Be-

achtenswert sind daher die erheblichen Wärmeverluste der Kanäle, so daß auf guten Wärmeschutz zu sehen ist. Dieser Umstand führt manchmal dazu, Luftheizanlagen für weiter auseinanderliegende Räume zu trennen und statt einer gemeinsamen, mehrere örtlich auseinanderliegende Heizkammern anzuordnen. Das erscheint auch dann nötig, wenn die für einzelne Räume erforderliche Lufttemperatur verschieden ist (z. B. Tresorheizung bei einer sonst nur Lüftungszwecken dienenden Anlage).

4. Hallen- oder Großraumheizung.

Jede Halle kann durch örtliche Heizkörper oder dadurch erwärmt werden, daß ihr durch eine entsprechend verzweigte Rohranlage heiße Luft zugeführt wird. In der Letztzeit hat sich aber die „Hallenheizung“ zu einem ganz bestimmten Sonderfall entwickelt. Man versteht darunter eine Heizart (Abb. 186), bei der in großen Hallen einzelne, meist mit Dampf versorgte Heizapparate *H* angeordnet werden, die als Umluftheizung betrieben, die Raumluft in kräftige Bewegung versetzen und ihr gleichzeitig jene Wärmemenge zuführen, die dem Wärmeverlust der Halle entspricht.

Hierzu ist folgendes zu bemerken:

a) Es wird in der Regel Hochdruckdampf benutzt.

Dieser wäre aus den bereits angeführten Gründen besser durch Niederdruckdampf zu ersetzen.

b) Der reine Umluftbetrieb kann die Zugscheinungen an den meist großen Fenstern und den Eingangstüren nicht aufheben. Die Dampfzuleitungen (etwaig nackt) sind daher so anzuordnen, daß sie die zu erwartenden Zugscheinungen möglichst abschwächen.

c) Die Heizkörper weisen oft wagerechte Flächen auf, was aus hygienischen Gründen (Staubablagerung) nachteilig ist. Abb. 187 zeigt eine Lösung, bei der die Heizflächen lotrecht angeordnet sind und dennoch eine nur wenig Raum verlangende Einrichtung geschaffen wird.

Gelingt es bei Luftheizungen, die Ventilatoren durch kleine Dampfmaschinen (Dampfturbinen) anzutreiben, deren Abdampf in dem Heizapparat ausgenützt wird, so lassen sich erhebliche Ersparnisse an Betriebskosten erzielen.

Die Berechnung der Luftheizungen, insbesondere die Bestimmung der auf S. 102 u. f. erwähnten Heizkörperarten ist im Bd. II, S. 20 behandelt. Dort finden sich auch Angaben über die durch die Heizapparate im Luftweg verursachten Druckhöhenverluste, welche Werte für die Ermittlung des Kraftbedarfes der Bläser, sowie zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes erforderlich sind.

VIII. Fernheizungen.

A. Allgemeines.

Luftfernheizungen scheiden infolge der geringen, durch Luft zu übertragenden Wärmemengen aus; Gasfernheizungen sind S. 22 behandelt. Es bleiben daher

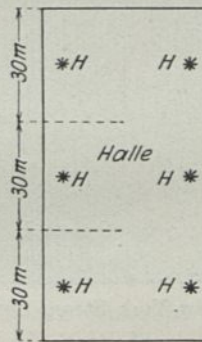


Abb. 186.
Hallenheizung.

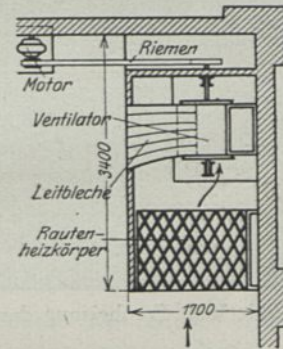
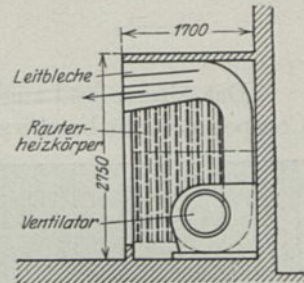


Abb. 187. Luftheizer für
Hallenheizung.
(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

in diesem Abschnitt Dampf- und Wasserfernheizwerke zu besprechen. Man versteht unter diesen Heizwerken Anlagen, bei denen mehrere Gebäude oder Gebäudegruppen von einer Stelle aus mit Dampf- bzw. Warmwasser-Heizung versorgt werden.

Vorteile: Es entfällt die Brennstoff- und Ascheförderung über das ganze Gelände — die Rauch- und Rußplage ist durch entsprechende Ausbildung der einzigen großen Kesselanlage auf ein Mindestmaß beschränkt — Vereinheitlichung und sehr vereinfachte Bedienung — größere Feuersicherheit und daher geringere Versicherungssätze.

Anwendungsgebiet: Kranken- und Irrenhäuser, sowie ähnliche Anstalten — Gebäude- bzw. Gebäudegruppen, die nicht zu weit voneinander entfernt sind — größere Villen auf einheitlichem Baugrund — Fabriksheizungen unter Abdampfausnutzung — Wärmeversorgung großer Baublocks bzw. ganzer Straßenzüge.

B. Dampffernheizwerke.

Das älteste und zugleich größte Heizwerk dieser Art ist das der New-York Steam Compagny¹⁾, die bereits seit 1879 den sogenannten „Straßendampf“ lieferte und jetzt in

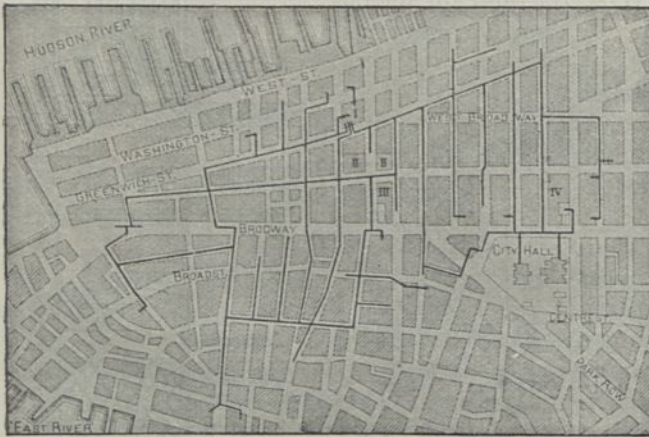


Abb. 188. Fernheizung der New-York Steam Compagny.

2 Kesselhäusern rund 30 000 qm Heizfläche besitzt. Mehr als 1200 Gebäude, die von den Kesselhäusern bis zu 1000 m entfernt sind, haben Anschluß und benutzen den gelieferten Dampf von 6,5 atm abs. zum Antrieb von Kraftmaschinen, Aufzügen, Pumpen, zur Heizung und Warmwasserbereitung, zum Waschen und Kochen. Der Abgabepreis fällt mit steigender Dampfentnahme. Über die in Abb. 188 (für die untere Stadt) dargestellte Anlage berichtet Ohmes: „Der Straßendampf ist namentlich

bei den Besitzern von kleinen Privathäusern beliebt, denn durch das Öffnen eines Ventils, was jedes Hausmädchen besorgen kann, wird das Haus beheizt und die Kohlenbesorgung und Aschefortschaffung fällt weg. Eine Vergrößerung des Leitungsnetzes für die Anschließung neuer Gebäude ist immer erwünscht, und mir sind Fälle bekannt, wo man schon seit Jahren sehnlichst auf Straßendampf wartet. In solchen Fällen rechnet die New-York Steam Compagny natürlich häufig höhere Preise. Der Amerikaner ist jedoch gerne bereit, für die Bequemlichkeit und Reinlichkeit des Straßendampfbetriebes zu bezahlen“¹⁾. Im Jahre 1909 bestanden in Nordamerika 57 derartige, wenn auch nicht durchaus so umfangreiche Dampffernheizwerke²⁾.

Zwischen 1885 und 1901 wurde das erste größere Fernheizwerk in Europa geschaffen. Es ist dies das Fernheiz- und Elektrizitätswerk in Dresden, welches unter der Leitung Tempers von Rietschel und Henneberg, Dresden, durch Pfütznern ausgeführt wurde. Die Abb. 189 stellt das Versorgungsgebiet dieses Werkes dar, das im Jahre 1909 mit 2550 qm Heizfläche und 32 angeschlossenen Haupt- und Prachtgebäuden arbeitete³⁾. Im Jahre 1911 kaufte die Firma Doerfel, Dresden, den

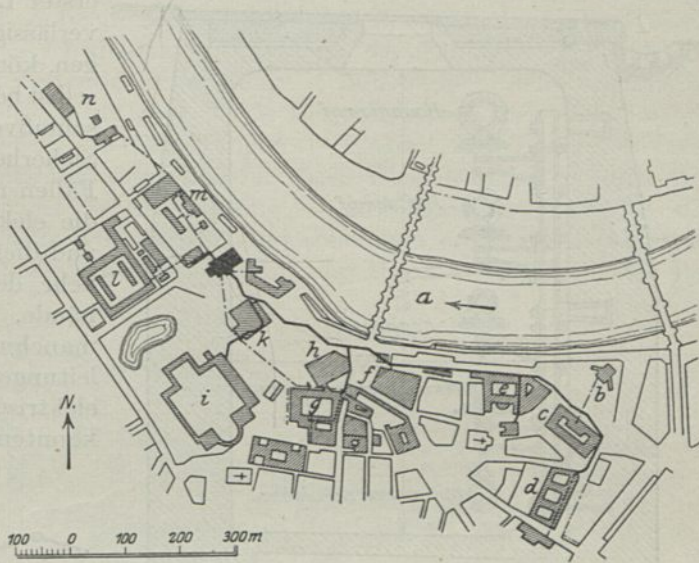
¹⁾ K. Ohmes, Heizungs-, Lüftungs- und Dampfkraftanlagen in den Vereinigten Staaten von Amerika. R. Oldenbourg, München 1912.

²⁾ The Heating and Ventilating Magazine 1909, 1911.

³⁾ Trautmann, Festnummer des Ges.-Ing., Juni 1909.

Abdampf der Kraftmaschinen und speiste damit eine Fernwarmwasserheizung, an die mehrere öffentliche und sonstige Gebäude angeschlossen sind. Dieses Werk ist auch mit Rücksicht auf die Verträge bemerkenswert, die über den Kauf und Verkauf von Wärme abgeschlossen wurden¹⁾.

In den letzten 15 Jahren sind in Deutschland eine ganze Reihe großer Dampferheizwerke entstanden. Hinsichtlich der Kesselanlage, der Rohrleitungen samt Zubehör (Dampftrockner, Dampfwaſsertöpfe, Schnellſchlußventile), der Rohrnetzrechnung, der Lagerung und Ausdehnung der Leitungen, des Wärmeschutzes, der Druckminderer und der Rückführung des Dampfwaſſers kann auf das Bd. I, S. 72 u. f. bzw. Bd. II, S. 59 u. f. über Hochdruck-Dampferheizungen Gesagte verwiesen werden. Bemerkenswert sind folgende Einzelheiten:



a) Aushilfsleitungen.

Bei älteren Ausführungen findet man die Hauptleitung als Rundstrang hergestellt, welche Anordnung aber aufgegeben wurde. In den meisten Fällen werden zwei Dampfleitungen verlegt, die durch Verbindungsstutzen und Streckenschieber gegenseitig zur Aushilfe dienen. Die eine Leitung wird so bemessen, daß sie die größte erforderliche Dampfmenge — unter Einschluß etwaiger Erweiterungen — zu fördern imstande ist. Die zweite Leitung ist wesentlich kleiner und wird wie folgt bestimmt: Man ermittelt:

- α) die Dampfmenge für den Sommerbetrieb, d. i. also jene Menge, die zum Kochen, Waschen, Sterilisieren usw. nötig ist (Wirtschaftsdampfmenge);
- β) die Menge, die im Winter gebraucht wird, wenn die Heizung auf das noch zulässige Maß eingeschränkt und die Lüftung abgestellt wird, sowie alle sonstigen nicht unbedingt erforderlichen Dampfmenge in Wegfall kommen.

Der sich so ergebende größere Wert ist der Berechnung der Ersatzleitung zugrunde zu legen.

b) Fernkanäle.

Die Leitungen sollen in einem begehbaren Kanal (Abb. 190) von mindestens 1,9 m lichter Höhe untergebracht werden, der mit den erforderlichen Einsteigschächten zu versehen ist. Ihre Entfernungen bzw. die Länge der auswechselbaren Rohrstrecken ist so zu wählen, daß beschädigte ausgeflanschte Leitungen gut entfernt werden können. Auch hieraus ergibt sich, daß die Rohrverbindung nur in beschränktem Maß durch Schweißung erfolgen soll. Über Schnellſchlußventile

Abb. 189. Fernheizwerk Dresden. Rietschel & Henneberg, Dresden.

a = Elbe,	h = Kirche,
b = Belvedere,	i = Zwinger,
c = Albertinum,	k = Theater,
d = Polizeigebäude,	l = Marstall,
e = Kunstakademie,	m = Hauptzollamt,
f = Ständehaus,	n = Kleinere Gebäude.
g = Schloß,	

¹⁾ A. Schulze, Verbindung von Kraft- und Heizbetrieben. Ges.-Ing. 1913.

s. Bd. I, S. 77. Schon bei der Anlage der Rohrkanäle soll Rücksicht darauf genommen werden, daß die Rohrausdehnung möglichst sicher und einfach ausgeglichen wird. Beim Dresdner Fernheizwerk ist der Fernkanal aus diesem Grund im Zickzack geführt (Abb. 191).

Besondere Sorgfalt verlangt die Durchbildung der Abzweigstellen, da auch sie den freien Durchgang nicht behindern dürfen. Die begehbaren Kanäle dienen in

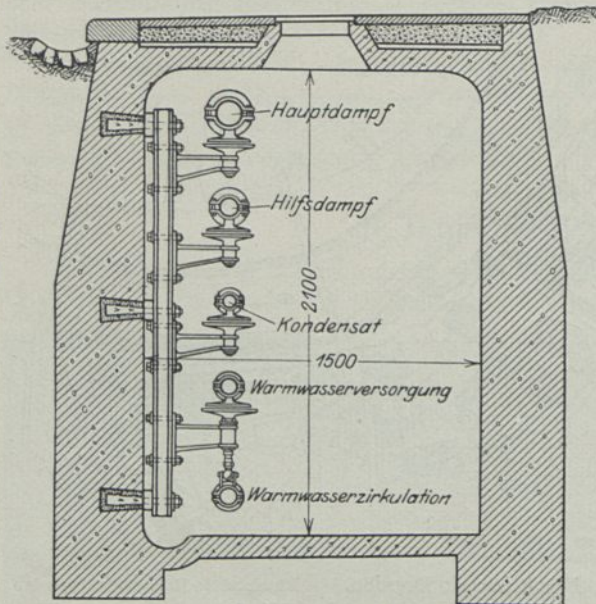


Abb. 190. Begehbare Fernkanal.

(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

erster Linie der dauernden und zuverlässigen Beobachtung der Leitungen, können aber bei Unglücksfällen, selbst bei Vorhandensein von Schnellschlußventilen, keine unbedingte Sicherheit gewährleisten. In vielen Fällen nehmen die Fernkanäle auch die elektrischen Kabelleitungen auf und dienen dem unterirdischen Verkehr der auseinanderliegenden Gebäude. Zu beachten ist dabei, daß manchmal Zerstörungen der Heizleitungen durch „vagabundierende“ elektrische Ströme beobachtet werden konnten.



Abb. 191. Führung der Dampfleitung beim Fernheizwerk Dresden.

o = bewegliches Lager, x = Festschelle.

c) Dampfheizung der Gebäude.

Werden die an die Fernheizung angeschlossenen Gebäude mit Hochdruckdampfheizung versehen, so ist nichts wesentliches mehr zu bemerken. Es gelten alle auf S. 71 für diese Heizart entwickelten Einzelheiten. Erhalten dagegen die Gebäude Niederdruckdampfheizungen, so findet an der Eintrittsstelle eine Druckminderung des Dampfes statt, wozu die auf S. 77 erörterten Minderventile Verwendung finden. Von da ab sind die Gebäudeanlagen als gewöhnliche Niederdruckheizungen zu behandeln, die auf S. 80 eingehend besprochen wurden.

d) Warmwasserheizung der Gebäude.

In den meisten Fällen werden die an die Hochdruckfernleitung angeschlossenen Gebäude Warmwasserheizung erhalten. Die Dampfwärme wird in Dampfwarmwasserkesseln (S. 95) an Wasser übertragen und dieses entweder nur durch Schwerkraftwirkung oder auch durch Pumpen bewegt. Die so entstehenden Schwerkrafts- bzw. Pumpenheizungen sind auf S. 29 u. 68 ausführlich erörtert.

Naturgemäß können von der Hochdruckdampffernheizung ausgehend einzelne Gebäude Hochdruckdampfheizung, andere wieder Niederdruckdampf- oder Warmwasserheizung erhalten.

C. Warmwasser-Fernheizwerke.

In den letzten Jahren sind die Dampffernheizwerke mehr und mehr durch die mit Pumpen betriebenen Fernwarmwasserheizungen verdrängt worden (Abb. 192. Fernwarmwasser-Heizwerk Gottleuba b. Dresden, Jeglinsky und Tichelmann, Dresden). Von den vielen Vorteilen, die für die Anwendung letzterer Heizart sprechen, seien besonders folgende hervorgehoben: Einfachheit der Kesselanlage infolge des Fortfalles vieler Zubehörteile — geringere Beanspruchung der Kessel, daher größere Lebensdauer — bedeutsame Schonung der Rohrleitung durch die geringere und allmählich auftretende Erwärmung — Zulässigkeit nicht begehrter Kanäle — einfachere und seltener nötig werdende Dehnungsausgleicher — unmittelbarer Anschluß der Gebäudewarmwasserheizungen — Wegfall aller Dampftrockner, Dampfessertöpfe, Druckminderer samt der für diese Einrichtungen nötigen Bedienung — einfache und sichere Betriebsführung — geringere Wärmeverluste, die mit steigender Außentemperatur (verhältnismäßig) abnehmen — generelle Regelung vom Kesselhaus aus — Möglichkeit der Ausnutzung von Maschinenabampf zur Be-

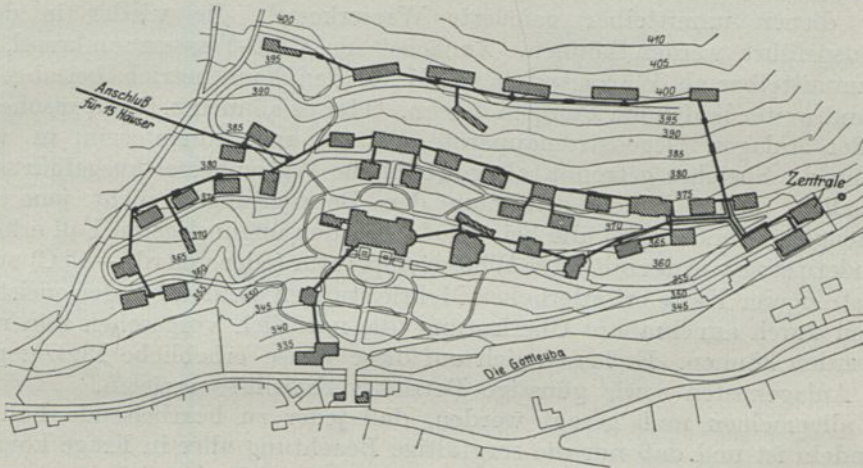


Abb. 192. Warmwasser-Fernheizwerk Gottleuba bei Dresden.
Jeglinsky & Tichelmann, Dresden.

heizung auch weit entfernt liegender Baulichkeiten. Über die Kostenfrage kann nur in jedem einzelnen Falle nach Durchführung aller erforderlichen Berechnungen entschieden werden.

Anwendungsgebiet: Das Anwendungsgebiet der Wasserfernheizung ist das gleiche wie der Fernheizungen überhaupt, jedoch ist festzustellen, daß Kranken- und Irrenhäuser sowie ähnlich zu behandelnde Baulanlagen fast ausschließlich Wasserfernheizung erhalten. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei die Ausgestaltung des Gesamtanlageplanes. Der Architekt muß jene Gebäude, die Dampf benötigen (Koch- und Waschküche, Desinfektion, vielleicht auch die Festräume) in unmittelbare Nähe des Kesselhauses legen, so daß die Anlage ausgedehnter Dampfleitungen entfällt. Einzel-Desinfektoren erhalten örtliche Heizung (z. B. Gas), kleinere Kochapparate (z. B. Teekessel) werden mit elektrischer Heizung versehen und für abgelegene Gebäude (Isolierzellen) wird Ofenheizung zu verwenden sein. Die in späteren Bauzeiten zu errichtenden Gebäude rücken an das Ende der bereits auch für sie zu bemessenden Warmwasserfernleitung.

a) Kesselanlage.

Zunächst ist auf das S. 32 Gesagte zu verweisen. In den meisten Fällen wird, wie bereits erwähnt, auch Nutzdampf gebraucht. Es sind dann

zunächst jene Wärmemengen festzustellen, die in Form von Hochdruck- oder Mitteldruckdampf zum Antrieb von Kraft- und Arbeitsmaschinen, zum Kochen und Waschen und dergleichen benötigt werden. Dafür sind gewöhnliche Hochdruckkessel aufzustellen und es ist Sorge für einen Hilfskessel zu tragen. Dieser kann, unter Verwendung eines Dampfwarmwasserbereiters, gleichzeitig auch als Ersatz für einen der später zu besprechenden Wasserkessel dienen. Weiter sind jene Dampfmenngen zu ermitteln, die aus dem gesamten Maschinenbetrieb als Zwischen- oder Abdampf gewonnen werden. Die dauernd freiwerdende Abwärme soll in erster Linie zur Speisung jener Betriebe verwendet werden, die Sommer und Winter Wärme benötigen, z. B. Bäder, warmes Gebrauchswasser, Spül- und ähnliche Betriebe. Erst der Rest wird für Heizzwecke auszunützen sein. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, müssen Schaubilder entworfen werden, die den Kraft-, Licht- und Heizbedarf nicht nur nach Monaten, sondern auch nach Tagen und Stunden (Spitzenleistungen) erkennen lassen. Aus diesen Schaubildern läßt sich zunächst die Größe der Akkumulatorenbatterien, ferner der Inhalt etwa nötiger Wärmespeicher und schließlich die in Form von Warmwasser zu erzeugenden Wärmemengen feststellen. Zur Schaffung letzterer dienen unmittelbar gefeuerte Wasserkessel, die wieder in doppelter Weise ausgeführt werden können. Zunächst als Groß-Wasserraumkessel, derart, daß sie unmittelbar als Wärmespeicher z. B. für den Nachtbetrieb, bei abgedeckten Feuern und weiter laufenden Pumpen dienen. Oder es können z. B. für rasches Hochheizen der Anlagen Gegenstromapparate (S. 95) anzuordnen sein, in welchem Falle dann die Speicher getrennt, als gewöhnliche Walzenkessel ausgeführt werden.

In allen diesen Fällen soll man den Betrachtungen nicht jene Höchstmengemenge zugrunde legen, die bei -20°C für den ungünstigsten Fall erforderlich wird, sondern etwa von der mittleren Wintertemperatur (oder von rd. -5°C) ausgehen. Die bei strengerer Kälte erforderlichen Mehrleistungen werden bei den meisten Ausführungen durch annehmbare Überlastung (die natürlich vorgesehen sein muß) erreicht werden können. Es lassen sich auf diese Weise erhebliche Platzersparnisse, niedrige Anlagekosten sowie günstige Betriebsverhältnisse erzielen.

Im allgemeinen muß gesagt werden, daß jeder zu bearbeitende Fall einzeln zu behandeln ist und daß nur die sorgfältige Beachtung aller in Frage kommenden Umstände die wirtschaftlich und technisch beste Ausführung sichert.

b) Rohrleitungen und Fernkanäle.

Die Rohrleitungen sind mit äußerster Sorgfalt und unter Anwendung der besten Verbindungsart herzustellen. Sind auf diese Weise alle Einzelheiten ausgezeichnet vorgesehen und ausgeführt, so kann die Anwendung nicht begehrter Fernkanäle unbedenklich zugelassen werden. Eine derartige Ausführung zeigt Abb. 193 (Fernheizwerk Lübeck, Rud. Otto Meyer, Hamburg). Kommt, was bisher niemals der Fall war, eine Rohrbeschädigung vor, so kann das betreffende Rohrstück durch Abheben der nach dem Aufgraben zugänglichen Deckplatten sofort freigelegt werden. Verschiedene Hilfsmittel ermöglichen es, das Aufgraben auf kurze Strecken zu beschränken. Die Fernkanäle sind, mit Rücksicht auf die Haltbarkeit des Wärmeschutzes, sorgfältig vor eindringender Feuchtigkeit zu schützen.

Die Wahl der Rohrführung im Gebäude (Zweirohr- oder Einrohrsystem) und die Größe des anzunehmenden Pumpendruckes ist für jeden Fall gesondert zu entscheiden, wobei die Berechnung des Rohrnetzes nach dem in Bd. II, S. 28 u. f. gegebenen Verfahren erfolgen kann. Immer wird danach zu streben sein, die jährlichen Betriebskosten der Anlage, die sich aus Tilgung und Verzinsung der Baukosten, aus den Löhnen, der Arbeit der Pumpen, dem Aufwand für Schmiermittel usw., sowie aus der Größe der Wärmeverluste bestimmen, einem Mindestwert zu nähern. Im allgemeinen

wird der für jedes Gebäude wirksame Druckunterschied mit etwa 1 m Wassersäule und der gesamte Pumpendruck nicht über 10 m Wassersäule zu schätzen sein. Die Schwerkraftwirkung kann meistens vernachlässigt werden. Hinsichtlich aller übrigen Einzelheiten (Pumpen, Antrieb, Regelung usw.) kann auf den Abschnitt Pumpenheizungen S. 68 verwiesen werden.

c) Anschluß der Pumpen und des Ausdehnungsgefäßes.

Die Pumpen sind gewöhnlich im Rücklauf anzuordnen, wobei folgendes zu beachten ist. Denkt man sich vom Kessel K (Abb. 194) ausgehend, den Vor- und Rücklauf der Fernleitung abgewickelt, so entsteht ein Kreis, der bis zum Punkte M als Hauptvorlauf (ausgezogen) von da ab als Hauptrücklauf (gestrichelt) gedacht ist. Zum Gebäude G_1 zweigt der Vorlauf V_1 ab, der Rücklauf R_1 führt zurück. Der zwischen den Endpunkten beider Leitungen verbleibende Druckunterschied ist der

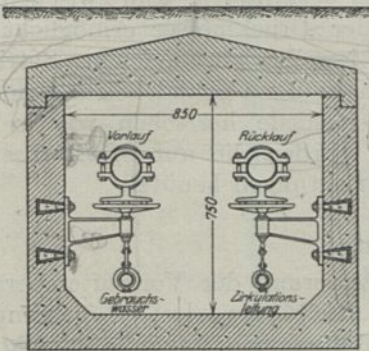


Abb. 193.
Nicht begehbare Fernkanal für Fernwasserheizung.
(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

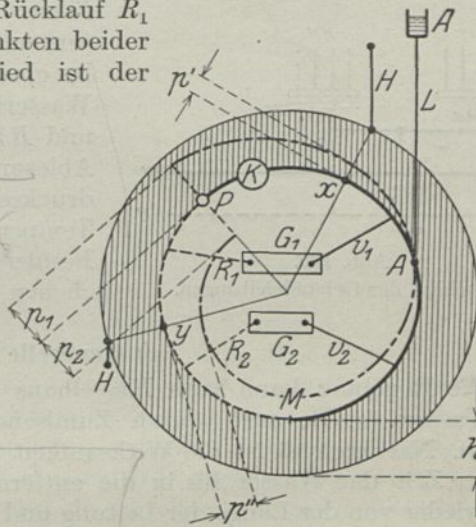


Abb. 194.
Schaubild der Druckverteilung in einer Pumpenheizung.

Betriebsdruck für das Gebäude G_1 . Sinngemäß gilt das gleiche für das Gebäude G_2 . Die Pumpe P liegt im Rücklauf. Über der ganzen Anlage lastet der statische Druck h , der durch die Lage des höchsten Punktes der Anlage bestimmt wird. Die durch h hervorgerufene Belastung ist durch den schraffierten Kreisring angedeutet.

Angenommen im Punkt A des Vorlaufs sei die Ausdehnungsleitung L angeschlossen, die zum Ausdehnungsgefäß AG führt. Dann geht durch A die strichpunktiierte Drucklinie der Pumpe. Das heißt, die Pumpe drückt von ihrem Druckflansch bis zum Punkt A und saugt von dort bis zu ihrem Saugflansch. Der Verlauf der Drucklinie ist durch die Reibungs- und Einzelwiderstände der Fernleitungen bestimmt. Jeder Punkt der Vorlaufleitung, der (im Uhrzeigersinn) zwischen P und A liegt, erhält bei der Inbetriebnahme der Pumpen eine Zusatzlast. Denkt man sich z. B. ein Gebäude im Punkt x angeschlossen, so haben die untersten Heizkörper nicht nur h , sondern auch noch den Pumpenüberdruck p' auszuhalten, also $H = h + p'$ zu ertragen.

Es ist nun der Anschluß der Ausdehnungsleistung so zu wählen, bzw. die Fernleitung so zu bemessen, daß H mit Rücksicht auf die gußeisernen Heizkörper nicht mehr als 30 m Wassersäule beträgt. Sind die Kessel aus Gußeisen, so gilt für sie die gleichartige Überlegung, wobei nahezu der gesamte Pumpenüberdruck p_1 zusätzlich wirksam wird.

Andererseits ist zu bedenken, daß die Pumpe (im Uhrzeigersinn) über A hinaus saugend wirkt. Ist daher z. B. ein Gebäude in y angeschlossen, so wird der auf den

Heizkörpern lastende Druck h im Betriebe um p'' herabgesetzt. Dies gilt sinngemäß aber auch für die Pumpe. Der auf ihrem Saughals lastende statische Druck h wird beim Pumpenbetrieb um die Größe p_2 vermindert. Die Lage des Anschlusses der Ausdehnungsleistung (Punkt A) bzw. die Abmessung der Fernleitung ist zu wählen, daß p_2 mindestens um 1 m Wassersäule kleiner ist als h , damit der Pumpe das heiße Rücklaufwasser sicher zugedrückt wird und kein störendes Abreißen der Wassersäule eintritt.

d) Verteil- und Sammelstelle in den Einzelgebäuden.

Der Anschluß der Gebäudeleitungen ist höchst einfach. Vom Hauptvorlauf HV (Abb. 195) zweigt die Vorlaufleitung V zum Vorlaufverteiler VT ab, während vom Rücklaufverteiler RV die Rücklaufleitung R zum Hauptrücklauf HR zurückführt. Die Verbindungsleitung L gestattet (unter Betätigung der Drosselvorrichtungen a , b , c) die zwischen VT und RV umlaufende Wassermenge zu beeinflussen. Ein zwischen VT und RV liegender Druckmesser ermöglicht die Ablesung des jeweilig vorhandenen Betriebsdruckes. Sollen in der Gebäudeheizung andere Temperaturunterschiede herrschen wie in der Fernleitung, so werden die auf S. 113 besprochenen Hilfseinrichtungen benützt.

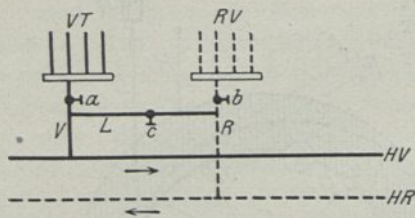


Abb. 195.

Anschluß der Gebäudeleitungen.

e) Generelle Regelung.

Die Regelung kann vom Kesselhaus durch Änderung der Vorlauftemperatur des Wassers (z. B. auch durch Zumischen von Rücklaufwasser) vorgenommen werden. Naturgemäß ist die Wirksamkeit dieser Maßnahmen davon abhängig, in welcher Zeit das Wasser bis in die entferntesten Heizkörper gelangt. Die Zeit ist aber wieder von der Länge der Leitung und der Wahl der Wassergeschwindigkeit abhängig. Bei einer sekundlichen Geschwindigkeit von 2,0 m und einer Entfernung von 1000 m kann die im Kesselhaus eingeleitete Änderung bereits nach rd. 8 Minuten wirksam werden.

f) Schaltraum.

Einer der Hauptvorteile der Fernwasserheizung ist die einfache Betriebsführung. Diese wird aber nur dann in einwandfreier Weise erreicht, wenn man in einem entsprechend bemessenen Schaltraum alle zur Beobachtung und Bedienung der Anlage erforderlichen Einrichtungen übersichtlich und handlich anordnet. Hierzu zählen: Geräte zur Überwachung des Kesselbetriebes einschließlich Saugzug, Anlasser und Meßgeräte für die Pumpen, Ventilatoren und sonstigen Hilfsmaschinen, Fernstellvorrichtungen zur Bedienung der Heiz- und etwaiger Lüftungsanlagen, die die ungünstigsten Zimmer der entferntesten Gebäude sowie außergewöhnliche Räume umfassen. Überhaupt ist im allgemeinen daran festzuhalten, daß stets nur die unbedingt nötigen Meßgeräte zu beschaffen sind, diese aber in einer derartigen Ausführung geliefert und so instand gehalten werden müssen, daß sie **dauernd** betriebsfähig bleiben.

g) Abwärmeverwertung.

In den Wasserfernheizwerken kann die Abwärme von Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen sowie auch die Abwärme von Verbrennungsmaschinen (Gasöfen, usw.) in bester Weise ausgenützt werden. Um den Zusammenhang der Darstellung nicht zu stören, sei in dieser Hinsicht auf den nachfolgenden Abschnitt „Abwärme-Heizanlagen“ (S. 114) verwiesen.

h) Heißwasserfernanlagen.

Warmwasserfernheizwerke gewöhnlicher Art werden selten über einen Umkreis von etwa 1000 m Halbmesser hinausgehen. Die Gründe hierfür liegen in der Leitungsbemessung, den Wärmeverlusten und der Pumpenarbeit. Naturgemäß hängen diese Fragen von der Antriebsart der Pumpen wesentlich ab. Eine weitere Entwicklung wäre auf folgender Grundlage möglich. Betreibt man die Gebäudeheizungen mit einem Temperaturgefälle von z. B. 90 auf 70° C, so kann bei gleicher Wärmeleistung die Wassermenge, die durch die Fernleitung kreist, auf die Hälfte herabgesetzt werden, wenn das Temperaturgefälle dieser Leitungen auf 40° gesteigert wird und somit 110° auf 70° beträgt. Damit fällt bei gleichen Leitungen der Kraftbedarf für die Pumpen auf rund $\frac{1}{8}$, oder es können bei gleichem Kraftbedarf die Leitungen wesentlich kleiner ausfallen. Eine derartige Anlage ist seitens der Firma Rud. Otto Meyer, Berlin, für den Erweiterungsbau des Rathauses in Charlottenburg vorgesehen worden.

Von der Heißwasserfernleitung kann auf die Gebäudeheizungen in zweifacher Weise übergegangen werden. Entweder es werden Gegenstromapparate (Bd. I, S. 95) aufgestellt, die statt mit Dampf mit Heißwasser gespeist werden. Oder es gelangt die „Recksche“ Mischwasserheizung zur Anwendung, wie dies auch in dem oben erwähnten Fall geschehen ist. Hierbei wird nach Abb. 196 der Vorlauf *V* vom Hauptvorlauf *HV* gespeist und in die Verbindungsleitung ein Ventil oder Hahn *a* gesetzt. Der Rücklauf *R* führt in den Hauptrücklauf *HR*, jedoch verbindet die Leitung *b* den Rücklauf *R* unmittelbar mit dem Vorlauf *V*. Die Regelvorrichtung *a* wird so gestellt, daß das von *HV* kommende z. B. 110grädige Wasser hinreicht, im Vorlauf *V* z. B. 90° C zu halten. Eine der eingeführten Heizwassermenge gleiche Menge 70grädigen Wassers fließt aus *R* nach *HR* zurück. Die Gebäudeheizung selbst kreist von *R* über *b* nach *V*, wobei die einzelnen Gruppen als Schwerkraftheizungen, oder auch als Schnellstromheizungen ausgebildet werden können.

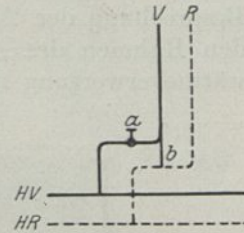


Abb. 196.

Die Möglichkeit genereller Regelung ist doppelt vorhanden und zwar durch Veränderung der Temperatur im Hauptvorlauf vom Kesselhaus aus, oder durch Beeinflussung der Regelvorrichtung *a* im Verteilerraum des Gebäudes.

Ein anderer Weg zur Ausbreitung der Wasserfernheizwerke ist folgender: Es werden Häuser zu Blocks zusammengefaßt und dafür einheitliche Kesselanlagen errichtet, von denen Pumpen-Wasserheizungen ausgehen. Die Kessel erhalten aber nicht Kohlen oder Koksfeuerung, sondern Gasheizung, wozu Preßgas an beliebiger Stelle und in beliebiger Menge zur Verfügung stehen müßte (s. a. Bd. I, S. 22). Auch Ölfornheizung ist möglich.

IX. Abwärmeverwertung¹⁾.

A. Allgemeines.

Die Abwärme- bzw. Zwischendampfverwertung kann in dreifacher Form erfolgen:

- durch Abwärme-Kraftanlagen, durch Abwärme-Heizanlagen.
- durch Brüden-Verdichtung,

¹⁾ Brabbée, Abwärmeverwertung. Zeitschrift Werkstattstechnik 1912. — Schneider, Die Abwärmeverwertung im Kraftmaschinenbetrieb. 3. Aufl. Springer, Berlin, 1920. Daselbst ausführliches Literaturverzeichnis. — Urbahn-Reutlinger, Ermittlung der billigsten Betriebskraft für Fabriken. 2. Aufl. Springer, Berlin 1920. — Barth, Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen, 2. Aufl. Springer, Berlin 1920. — Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Abdampf-Zwischendampf-Verwertung, Selbstverlag 1920. Behrens, Gemeindliche Wärmewirtschaft, Hausbrand Heft 2 u. 5, Verlag Weltwirtschaft und Technik, Berlin.

Hierbei werden unter Abwärme-Heizanlagen nicht nur Heizungsbetriebe, sondern auch Lüftungsanlagen und Warmwasserversorgungen, sowie die zum Kochen, Dämpfen, Trocknen usw. dienenden Anlagen verstanden.

Bei den Abwärme-Kraftanlagen wird der augenblicklich nicht benötigte Abdampf insbesondere bei unterbrochen arbeitenden Maschinen (Walzenzugs-Fördermaschinen, Dampfhämmer usw.) nach Speichern geleitet und von dort zur Speisung von Abdampfturbinen benutzt. Die Speicher arbeiteten früher unter Verwendung bedeutender Eisenmassen, während spätere Ausführungen hauptsächlich Wasserfüllung (Rateau-Speicher) verwendeten¹⁾. Andere Bauarten (Balcke-Speicher) sind nach Art der Gaslocken gebaut, wobei die Abkühlung des Dampfes durch guten Wärmeschutz der Glocken, sowie Benutzung von Sperrflüssigkeiten möglichst verhindert wird²⁾. Über neueste Speicher siehe Bericht über den „Kongreß für Heizungs- und Lüftungstechnik, München 1921“ (Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1921). Die Besprechung der Abwärmekraftanlagen, sowie der Brüden-Verdichtung geht über den Rahmen des „Leitfadens“ hinaus, so daß hier nur die dritte Art der Abwärmeverwertung näher besprochen werden soll.

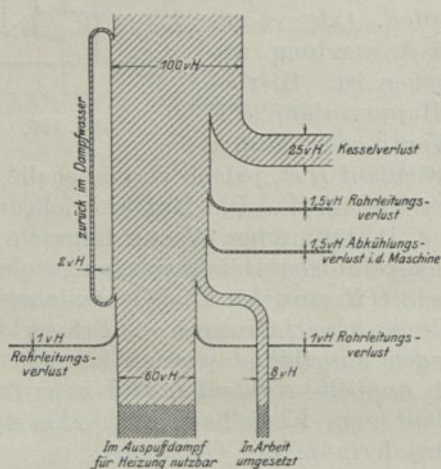


Abb. 197. Wärmebilanz einer Einzylindermaschine.

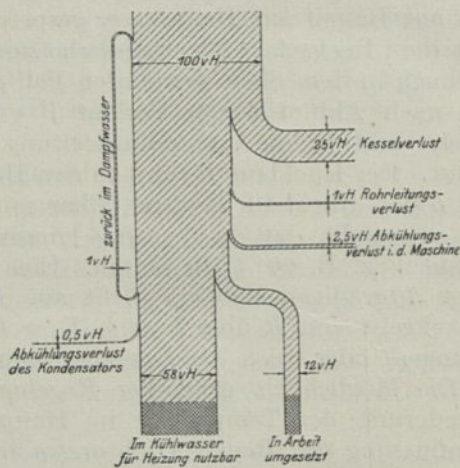


Abb. 198. Wärmebilanz einer Tandemverbundmaschine.

B. Abwärmeheizanlagen.

Betrachtet man die in den Abb. 197 bis 201 dargestellten Wärmewirtschaftsbilder, so erkennt man, daß bei allen zur Zeit benutzten Kraftmaschinen etwa 60 vH der im Brennstoff enthaltenen Wärmemengen in den Auspuffdampf bzw. in das Kühlwasser (und die Rauchgase) übergehen. Läßt man daher, wie dies an reinen Kraftanlagen tatsächlich geschieht, Abdampf, Kühlwasser und Rauchgase in die Atmosphäre entweichen, so werden rund 60 vH der im Brennstoff enthaltenen Wärmemengen vergeudet.

Bei der Ausführung von Kraftanlagen muß daher folgendes überlegt werden:

a) Ist Zwischendampf- oder Abwärmeverwertung zur Heizung, Trocknung, Warmwasserversorgung (Bäder) oder zu irgendeinem anderen Zweck im eigenen Betrieb ausreichend möglich?

¹⁾ Rüster, Abdampfkraftanlagen. Zeitschr. d. Bayer. Revisionsvereins 1909. — Treitel, AEG Turbinen. AEG-Zeitung, Jahrgang XIII.

²⁾ Koppin, Ein neuer Abdampfspeicher Glückauf 1911. — Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg. System Estner-Ladewig s. a. Fußnote 1.

b) Kann das Kraftwerk in städtebaulicher Hinsicht nicht derart angeordnet werden, daß die Abgabe von Zwischendampf oder Abwärme im obigen Sinn an nahe- liegende Betriebe möglich wird?

c) Können nicht Bäder oder industrielle Anlagen (Schlachthäuser, Brauereien, chemische Fabriken, Siedlungen usw.) derart an das Kraftwerk herangezogen werden, daß in ihnen Zwischen- dampf- oder Abwärmeverwertung möglich wird? In dieser Beziehung können, bei richtiger Lösung der Schornsteinfrage auch Krankenhäuser, Sanatorien usw. in Betracht kommen.

d) Läßt sich Abwärme (bzw. Zwischendampf) nicht zu Sonderzwecken verwenden? Hierbei kann an Dörranlagen, an Förderung des Früh- gemüsebaues, an den Frostschutz offener Badean- lagen und an viele andere Dinge gedacht werden.

Jedoch wird immer daran festzuhalten sein, daß für die Abwärme-Verwertung zunächst jene Betriebe im Vordergrund stehen, die Wärme während des ganzen Jahres brauchen. Heiz- anlagen kommen in zweiter Linie in Betracht.

Nach Beantwortung dieser Vorfragen ist der Bauplatz für das Kraftwerk festzulegen und dieses dann selbst einschließlich aller Maschinen so zu ent- werfen, daß Zwischendampf- bzw. Abwärmeverwertung wirtschaftlich richtig berücksichtigt erscheint. Öfters hört man von den Betriebsdirektoren der Kraftwerke die Ausrede, daß in ihren Werken das Kühlwasser die Maschinenanlagen mit so niedriger Temperatur ver- lasse, daß irgendeine weitere Verwendung dieses warmen Abwassers ausgeschlossen erscheine. Dabei ahnen solche Betriebsleiter gar nicht, welches vernichtende Urteil sie damit über ihr Werk fällen. Ist Abwärmeverwertung wirtschaftlich überhaupt mög- lich, so müssen die Maschinen von vornherein so gebaut werden, daß das Kühlwasser der Kondensatoren die für die Abwärmeanlage erforderliche Temperatur besitzt. Wohl entsprechen dem dann auftretenden größeren Dampfverbrauch erhöhte Maschinen-Betriebskosten; diese werden aber durch die Ersparnisse der Abwärmeanlage erheblich über- troffen. Es ist zuzugeben, daß derartige wärmewirt- schaftliche Betrachtungen früher nicht üblich waren und daher zahllose Maschinenanlagen ohne jede Rück- sichtnahme auf Abwärmeverwertung angelegt worden sind. Aber in solchen Fällen wird die Rechnung ent- scheiden müssen, ob die Anlage unverändert zu be- lassen, oder ob sie im Sinne einer sparsamen Brenn- stoffwirtschaft umzubauen ist.

Man kann schätzungsweise rechnen, daß bei Auspuffmaschinen rund 4000 WE/PS und bei Kondensationsmaschinen rund 2500 WE/PS_e zur Abwärmeverwertung aus- nützlich sind.

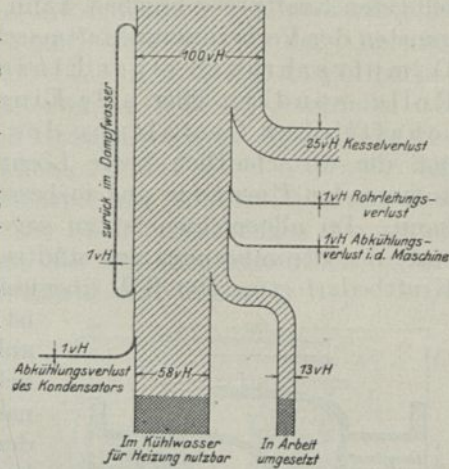


Abb. 199. Wärmebilanz einer 1000-KW-Turbodynamo.

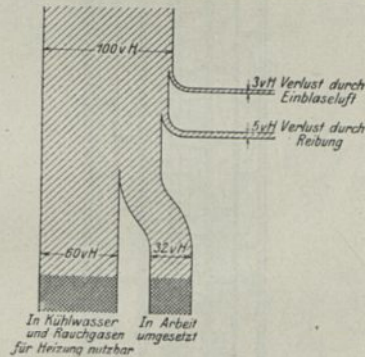


Abb. 200. Wärmebilanz einer 100 PS-Dieselmachine.

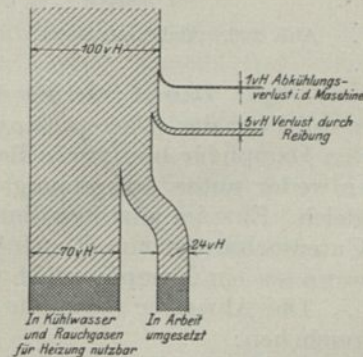


Abb. 201. Wärmebilanz einer 100-PS-Benzinmaschine.

Die Abwärme-Wirtschaft beeinflußt oft unmittelbar die Wahl der Maschinensätze. Während bei voller Abwärmeverwertung Dampfkraftanlagen die billigsten Kraftpreise ergeben, kann sich das Bild — ohne Abdampfausnutzung — zugunsten der Verbrennungskraftmaschinen verschieben. Nicht der etwa höhere Dampfverbrauch einer Einzelmaschine spielt die ausschlaggebende Rolle, sondern über alle Einzelheiten muß die Forderung der wirtschaftlichen Gestaltung des **Gesamtbetriebes** gesetzt werden. Es ist klar, daß die wirtschaftlich beste Lösung nur unter Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Umstände und insbesondere der Abwärmeverwertung gefunden werden kann. Im allgemeinen ist zu sagen, daß sich die Schaffung eigener Kraftanlagen statt des Strombezuges aus städtischen oder Überlandanlagen dann lohnt, wenn der Kraftbedarf etwa 500 KW übersteigt und genügende Abwärmeausnutzung möglich ist.

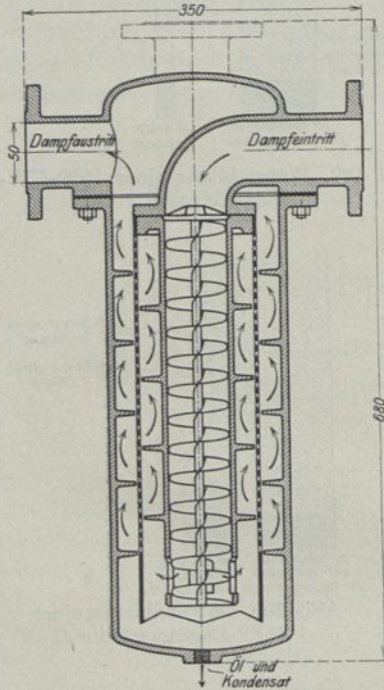


Abb. 202. Abdampfentöler.

Oft wird die Verbindung von Heiz- und Kraftanlagen — das Heizkraftwerk — dann wirtschaftlich richtig sein, wenn die Größe der Kraftanlage nach dem zu deckenden Heizbedarf bemessen und der Überschuß der elektrischen Energie an benachbarte Netze verkauft wird.

Wie bereits die Schaubilder 197 bis 201 zeigen, ist die Abwärmeverwertung sowohl bei Dampfkraftmaschinen, als auch bei Verbrennungskraftmaschinen möglich.

1. Abwärme von Dampfkraftmaschinen.

Naturgemäß können sowohl Kolbendampfmaschinen als auch Dampfturbinen zur Abwärmeverwertung herangezogen werden. In wärmetechnischer Hinsicht ist, namentlich bei Abdampfverwertung, die Kolbenmaschine vorzuziehen, während bei Zwischendampfentnahme auch die Dampfturbine als Anzapfmaschine in Frage kommt. Bei der Entscheidung ist aber zu beachten, daß der aus Kolbenmaschinen entnommene Dampf stets ölhaltig ist und ein vollkommen arbeitender Entöler bisher nicht gebaut wird. Dagegen ist der aus Dampfturbinen stammende Dampf fast ölfrei, was in dreifacher Hinsicht von Einfluß erscheint.

Öliger Dampf verringert die Wärmeübertragung von Heizfläche erheblich¹⁾, er wird bei der Rückspeisung des Dampfwassers den Kesseln gefährlich und macht den Dampf für bestimmte Betriebe (Färbereien) unbrauchbar. Die Entöler arbeiten entweder unter Ausnutzung der Stoß- oder Drehkraft oder beider Wirkungen zugleich. Eine im letzteren Sinne zu beurteilende Anwendung stellt Abb. 202 dar. Nach Untersuchungen von Eberle²⁾ müssen Entöler als gut wirkend bezeichnet werden, wenn sie ein Dampfgewicht von 1000 kg bis auf 10 g Öl reinigen.

Die Abwärme (bzw. die Zwischendampf-) verwertung kann in folgender Weise geschehen:

- a) Unmittelbare Entnahme von Dampf,
- b) Erwärmung von Wasser durch Dampf,
- c) Erwärmung von Luft durch Dampf oder Warmwasser.

¹⁾ Reutlinger, Heft 94 der Forschungsarbeiten der Ver. deutsch. Ing.

²⁾ Eberle, Versuche mit Dampfentölern. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1910; Zeitschr. d. Bayer. Revisionsvereins 1911.

a) Unmittelbare Entnahme von Dampf.

 α) Abdampferverwertung.

Der dem Niederdruckteil der Kraftanlage entströmende Dampf wird nach seiner etwaigen Entlüftung einem Sammler (Abb. 203) zugeführt. In der Abb. sind zwei gekuppelte Drosselklappen ersichtlich, die der Umschaltung auf Auspuffbetrieb dienen, ferner ein Sicherheitsventil, das das Auftreten zu hoher Gegendrücke verhindert, weiter ein Mannloch und die zugehörigen Entwässerungen. Schließlich wird der Sammler unter Zuhilfenahme von Druckminderern derart mit den Kesseln verbunden, daß bei Abdampfmangel selbsttätig Nachspeisung von Frischdampf niedriger Spannung erfolgt. Mitunter gelangt statt der oben besprochenen Anordnung ein Verbundregler zur Verwendung, der wie aus der Abb. 204 ersichtlich ist, alle wesentlichen Bestandteile der früher erwähnten Einrichtung aufweist.

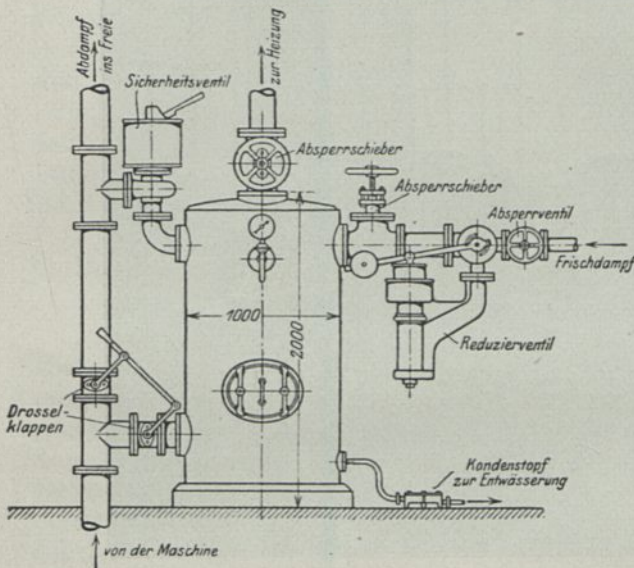


Abb. 203. Abdampfsammler.

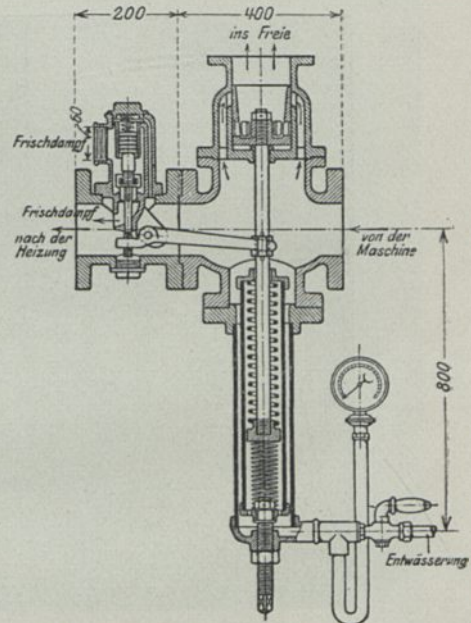


Abb. 204. Verbundregler.

Entspricht bei Auspuff-Abdampfheizungen die Abwärme der Maschinen stets dem Dampfverbrauch der angeschlossenen Anlage, so können, gegenüber Kondensationsmaschinen und Frischdampfheizung, etwa 50 vH Ersparnisse an Betriebskosten erzielt werden. Die hier gekennzeichnete Verbindung des Kraft- und Heizbetriebes wird erst dann unwirtschaftlich, wenn etwa die Hälfte des Abdampfes auspufft oder wesentlich mehr als die Hälfte Frischdampf zugespeist werden muß. Genauere Angaben über die hier in Betracht kommenden Maschinen-Einzelheiten sind dem Werk Schneider, „Die Abwärmeverwertung im Kraftmaschinenbetrieb“ (Springer 1920) zu entnehmen¹⁾. In diesem Buch ist die umfangreiche einschlägige Literatur ausführlich angegeben.

 β) Zwischendampferentnahme.

Reiner Abdampfbetrieb wird hauptsächlich dann in Betracht kommen, wenn die gewünschten Dampfmen gen, sowohl hinsichtlich ihres Wärmeinhaltes, als auch

¹⁾ S. a. Deinlein, Dampfmaschinen und Heizungsanlagen. Zeitschr. d. Bayer. Revisionsvereins 1908. — Derselbe, Vortrag im Kursus der Hauptstelle für Wärmewirtschaft, Berlin 1920.

mit Rücksicht auf ihre Spannung, dem zur Verfügung stehenden Auspuffdampf entsprechen. Anderenfalls kann gleichzeitig zur Zwischendampfentnahme geschritten werden, etwaig kommt letztere allein in Betracht. Die Vorteile dieser Betriebsart sind etwa nachstehende:

Möglichkeit der Dampfentnahme in weiten Grenzen, unabhängig von der Belastung. — Selbsttätige Regelung auf unveränderlichen Entnahmedruck. — Möglichkeit der Änderung dieses Druckes durch Verstellung des Druckreglers. — Selbsttätige Regelung der Maschine auf unveränderliche Drehzahl. — Betrieb der Entnahmemaschine als gewöhnliche Auspuff- oder Kondensationsmaschine bei abgestelltem Heizbetrieb. — Geringere Kosten als bei Umbau gewöhnlicher Kondensationsmaschinen in Auspuffmaschinen¹⁾.

Ein weiteres Eingehen auf Einzelheiten würde an dieser Stelle zu weit führen. Der Zwischendampf ist als Hochdruckdampf zu betrachten, so daß hinsichtlich

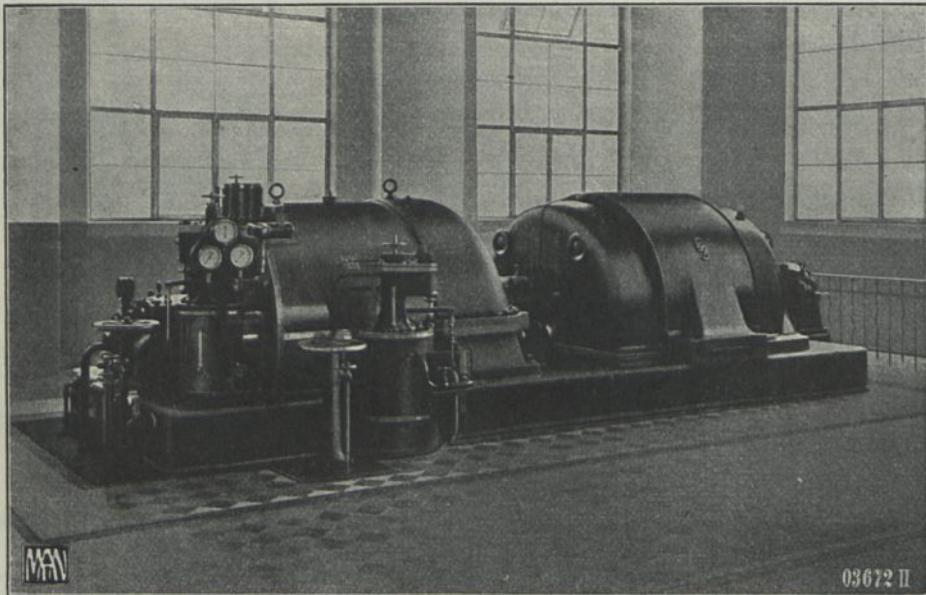


Abb. 205. Anzapfturbine von rund 3000 PS für eine stündliche Gesamtentnahme von 12 000 kg Dampf. (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.)

Berechnung und Ausführung der Anlagen auf diese Heizart zurückgegriffen werden kann. Zwischendampf findet zum Kochen, Dämpfen, Trocknen, zur Warmwasserbereitung und Heizung in vielen Betrieben, insbesondere in Färbereien, Bleichereien, Spinnereien, Webereien, Papierfabriken, Mälzereien, Brauereien, chemischen Industrien, Kaliwerken, Schlachthöfen, Badeanstalten, Trocknereien usw. ausgedehnte Anwendung.

Als Beispiel des betreffenden Maschinensatzes ist in Abb. 205 eine Anzapfturbine von rund 3000 PS (3000 Umläufe i. d. M.) für eine Gesamtentnahme von 12 000 kg Dampf i. d. Stunde dargestellt.

b) Erwärmung von Wasser durch Dampf.

Die Dampfmaschinen und Dampfturbinen werden für diesen Zweck mit Oberflächenkühlern (Kondensatoren) ausgestattet, deren Bauart den jeweiligen Verhältnissen angepaßt werden muß. Unter Aufrechterhaltung des üblichen Vakuums werden

¹⁾ s. Hottinger, Lüftung und Heizung. Weyls Handbuch d. Hygiene. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1913.

Wassertemperaturen von etwa 30 bis 50° C erhalten. Ist es im Winter nötig, mit höher erhitztem Wasser zu arbeiten, so läßt sich dieser Forderung durch Abschwächung der Luftleere (Einsaugen von Luft in die Auspuffleitung) entsprechen. Selbstverständlich steigt hiermit bei gleicher Leistung der Dampfverbrauch der Maschine und zwar bei der Einzylindermaschine weniger als bei der Zweizylindermaschine; noch mehr aber bei Dampfturbinen, die in ihrem Verhalten außerordentlich von einer guten Luftleere abhängen. Statt durch Abschwächung des Vakuums lassen sich höhere Wassertemperaturen in einfacher Weise auch dadurch erreichen, daß das aus dem Kondensator kommende Wasser in besonderen Apparaten (z. B. Gegenstromapparaten s. Abb. 173) durch Abdampf, Zwischendampf oder Frischdampf nachgewärmt wird. Zu diesem Zwecke ist mit Vorteil der Abdampf von Speisepumpen zu verwenden, wobei der (unter Benutzung von Turbinenantrieb) ölfreie Abdampf auch unmittelbar in das nachzuheizende Wasser eingelassen wird.

Die Überführung der Dampfwärme an das Wasser findet in Dampfwarmwasserbereitern statt, die eingehend im Bd. I, S. 95 beschrieben sind. Das erwärmte Wasser wird meist durch Pumpen seinem Verwendungsort zugeführt, so daß vom Warmwasserbereiter gewöhnliche Pumpenheizungen ausgehen. Diese sind in Bd. I, S. 68 ausführlich besprochen.

e) Erwärmung von Luft durch Dampf oder Wasser.

Der den Dampfmaschinen entnommene Zwischendampf, der ihnen entströmende Auspuffdampf oder das aus ihnen abfließende Kühlwasser kann naturgemäß auch zur Erwärmung von Luft Anwendung finden. Die hierfür in Betracht kommenden Einrichtungen sind im Abschnitt „Luftheizungen“ Bd. I, S. 97 ausführlich erörtert. Bemerket sei nur, daß derartige Anordnungen auch zur Vorkühlung (Vorkondensation) dienen können. Hierüber geben die späteren Beispiele Aufschluß.

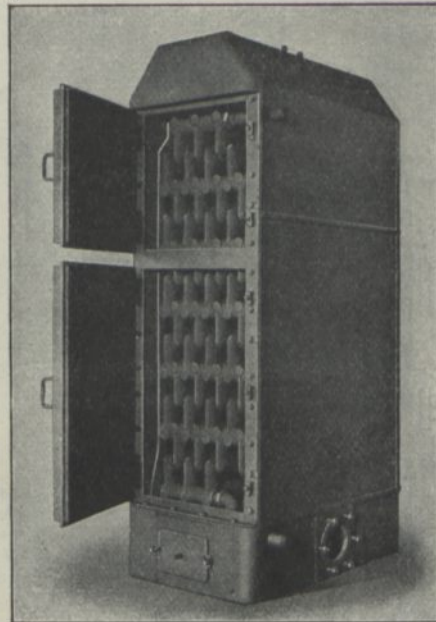


Abb. 206.
Dieselmotor-Abgasverwerter.
(Gebr. Sulzer, Winterthur, Schweiz.)

2. Abwärme von Verbrennungskraftmaschinen.

Bei derartigen Maschinen läßt sich das reine 50 bis 60grädige Kühlwasser ohne weiteres zu Heizzwecken bzw. zur Warmwasserversorgung verwenden. Im allgemeinen kann man bei Sauggasmaschinen mit etwa 800 WE/PSe und beim Dieselmotor mit rund 500 bis 600 WE/PSe rechnen. Die Abgase der Verbrennungsmaschinen weisen bei Vollast Temperaturen von rund 350° und bei Halblast Temperaturen bis rd. 300° auf. Die Ausnutzung des Wärmeinhaltes erfolgt z. B. in gußeisernen Heizkörpern, von denen einer in Abb. 206 dargestellt ist¹⁾. Auch die auf S. 102 besprochenen Rautenheizkörper können zu diesem Zweck Verwendung finden. Um Wasserausscheidung zu vermeiden, wird die Abkühlung bis höchstens 130° getrieben.

¹⁾ Hottinger, Die Abwärmeausnutzung bei Dieselmotoren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911.

Bei Sauggasanlagen kann man als nutzbare Abwärme rd. 500 bis 600 WE/PSe, bei Dieselmotoren, gemäß der Belastung 500 bis 350 WE/PSe anzusetzen. Greift man auf die früher genannten Werte von 4000 bzw. 2500 WE/PSe (s. S. 115) zurück, so erkennt man, wie außerordentlich günstig Dampfkraftanlagen gegenüber Verbrennungsmaschinen hinsichtlich der Abwärmeverwertung stehen. Hierzu tritt der Umstand, daß bei Verbrennungsmaschinen die Menge der Abwärme vollkommen von der Maschinenbelastung abhängt, während bei Dampfmotoren die Zwischen-dampfentnahme hiervon unabhängig macht.

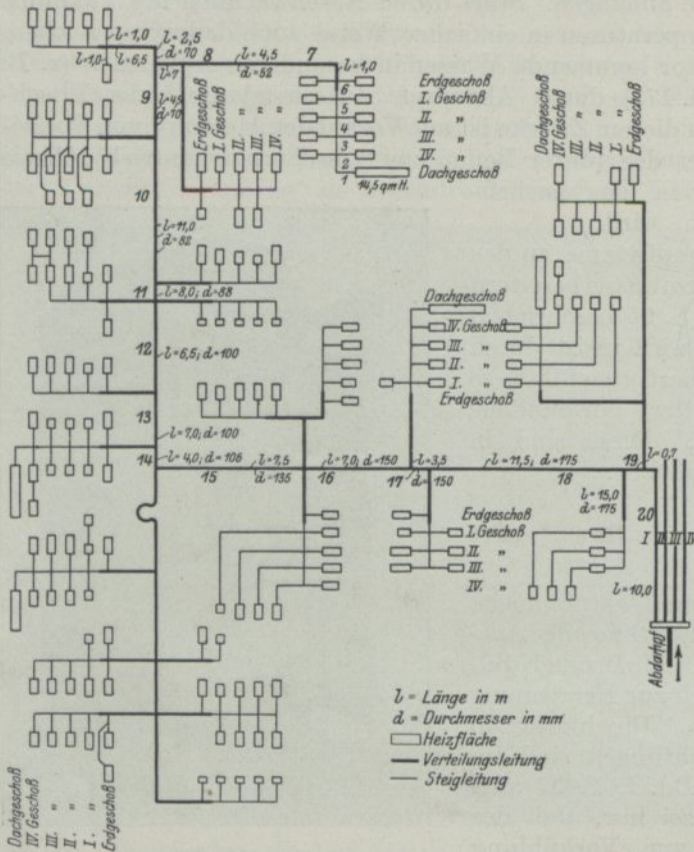


Abb. 207. Schematische Darstellung einer mit Abdampf betriebenen Heizungsanlage.
(Rud. Otto Meyer, Berlin.)

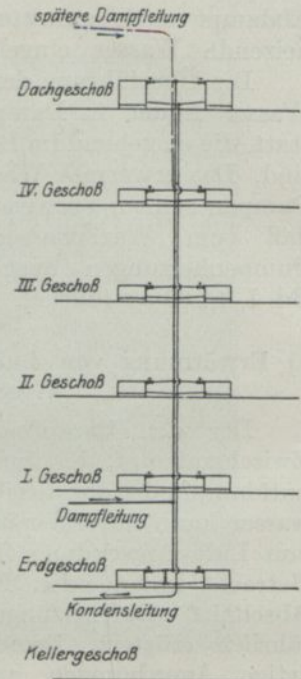


Abb. 208. Anordnung eines Heizstranges der Ausführung nach Abb. 207.

3. Einige Beispiele ausgeführter Abwärmeeanlagen¹⁾.

a) Abdampfheizung.

In Abb. 207 u. 208 ist der vierte Teil der in einem Fabrikgebäude der Deutschen Gasglühlicht-Aktien-Gesellschaft (Auergesellschaft) ausgeführten Heizungsanlage dargestellt; an den nur angedeuteten Strängen II, III, und IV hängen nahezu ebensoviel Heizkörper als an Strang I. Bei tiefster Außentemperatur erfordert das Gebäude etwa 2 Millionen WE/Std. Ursprünglich war die Ausführung einer Abdampfheizung vorgesehen, die mit einem Gegendruck auf die Maschinen von 0,2 Atm. (Überdruck) arbeiten sollte. Schon im ersten Winter aber zeigte sich, daß die Anlage bei unvollkommener Erwärmung des Gebäudes einen Überdruck von 1,5 Atm. erforderte, so daß der Abdampfbetrieb aufgegeben und Frischdampfheizung eingerichtet werden mußte.

¹⁾ S. a. Josse, Neuere Kraftanlagen. Verlag Oldenbourg, München.

Die Anlage wurde mir seinerzeit zur Begutachtung übergeben, und es gelang, die Mängel, die in erster Linie in fehlerhafter Berechnung und weiters in unsachgemäßer Ausführung bestanden, zu beseitigen¹⁾. Nach richtiger Durchführung der Entwässerungen, wirksamer Isolierung der Hauptstränge, Auswechslung der Ventile und Anordnung einer zweiten Dampfzuführung nach dem vierten Obergeschoß (Ausführung des Umbaues durch Rud. Otto Meyer, Berlin), kam die Anlage in ordnungsmäßigen Betrieb und die Förderung von 2 Millionen WE/Std. wurde bei einem Gegendruck auf die Maschine von nur 0,10 Atm. (Überdruck) erzielt.

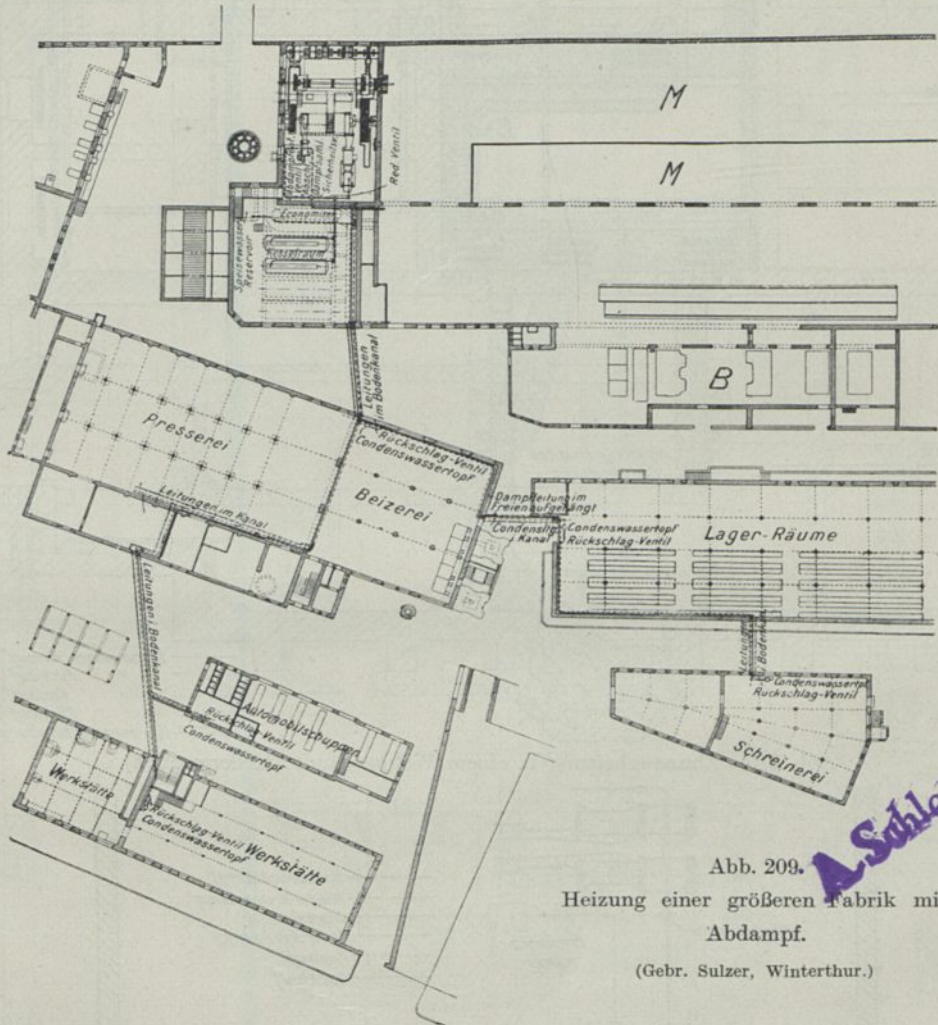


Abb. 209.

Heizung einer größeren Fabrik mit Abdampf.

(Gebr. Sulzer, Winterthur.)

Erhöht man den Auspuffdruck der Maschine ein wenig, so kann man auch Abdampferheizungen betreiben. Als Beispiel einer solchen zeigt Abb. 209 die Beheizung einer größeren Fabrik (Hallen *M*, Bureauräume *B*, Presserei, Beizerei, Lagerräume, Schuppen, Werkstätten und Schreinerei) mittels Abdampf.

b) Abwasserheizung.

Von einer Papierfabrik befand sich 100 m entfernt ein Wohngebäude (Abb. 210). Dieses war ursprünglich mit einer Feuerluftheizung versehen, die später unter Aus-

¹⁾ Brabbée, Die Heizungsanlage im Fabrikgebäude der Auergesellschaft. Ein Beitrag zum Thema „Wirtschaftliche Vorteile bei der Verbindung von Kraft-Heizbetrieben.“ Ges.-Ing. 1909, S. 221.

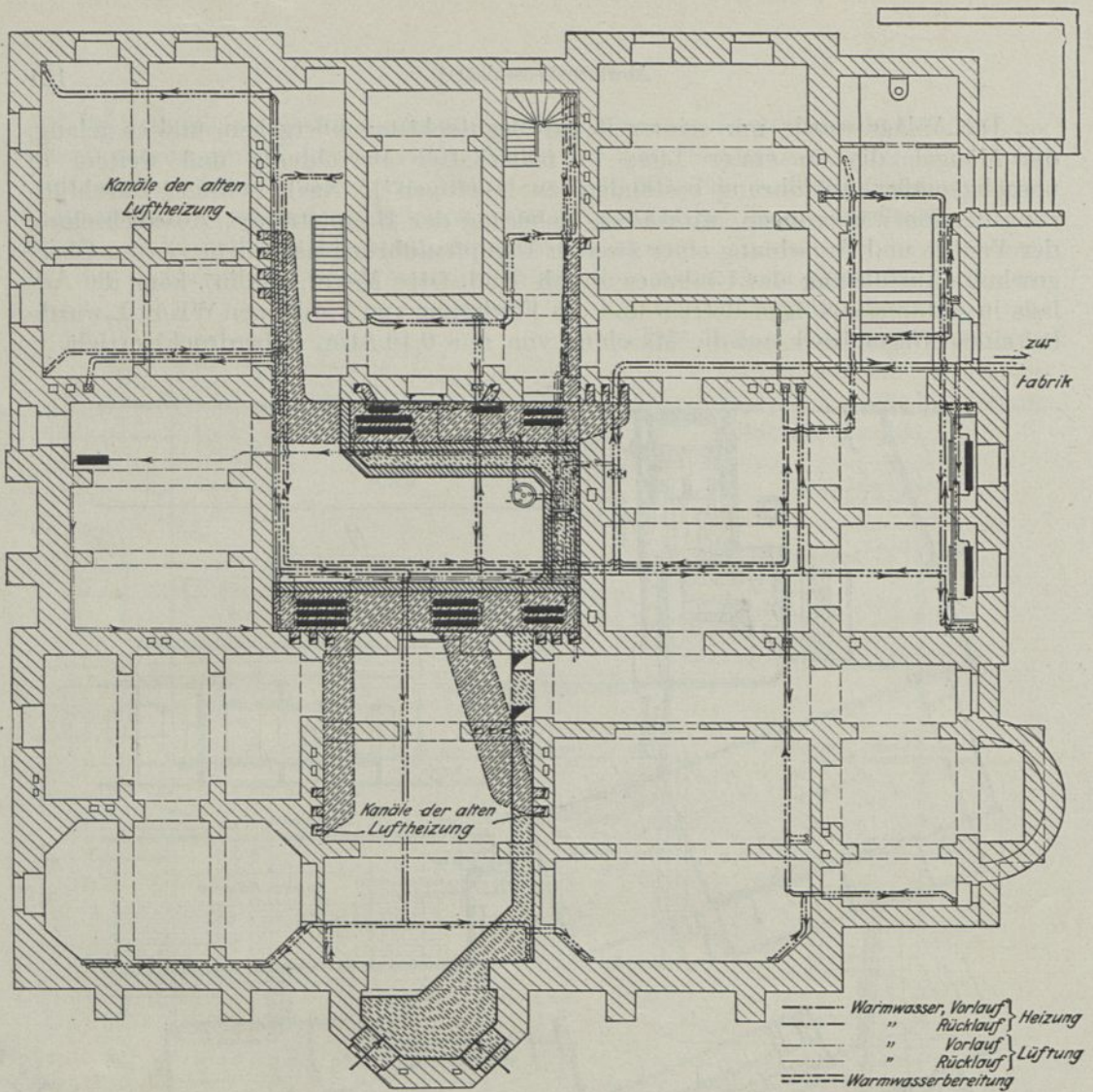


Abb. 210. Abwasserheizung in einem Wohngebäude (Kellergeschoß).

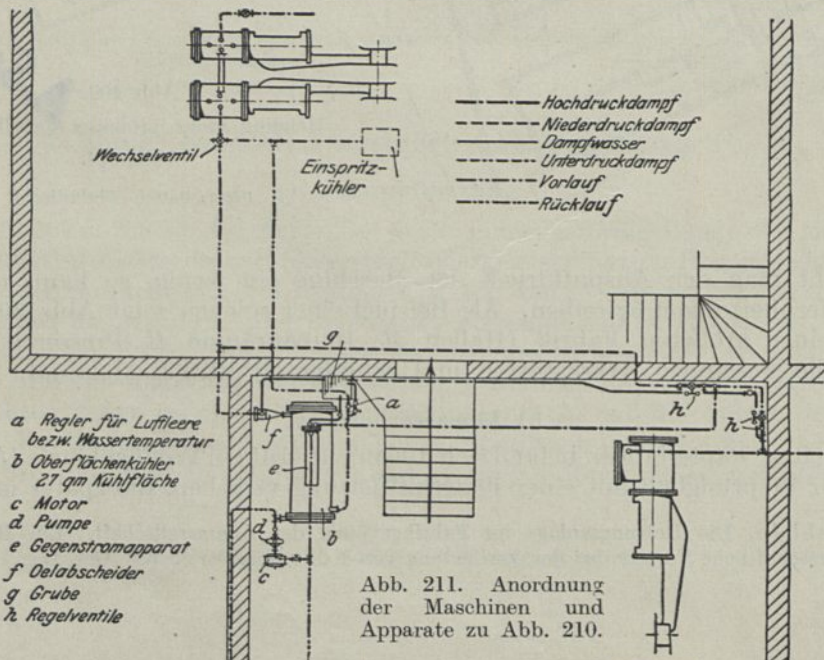


Abb. 211. Anordnung der Maschinen und Apparate zu Abb. 210.

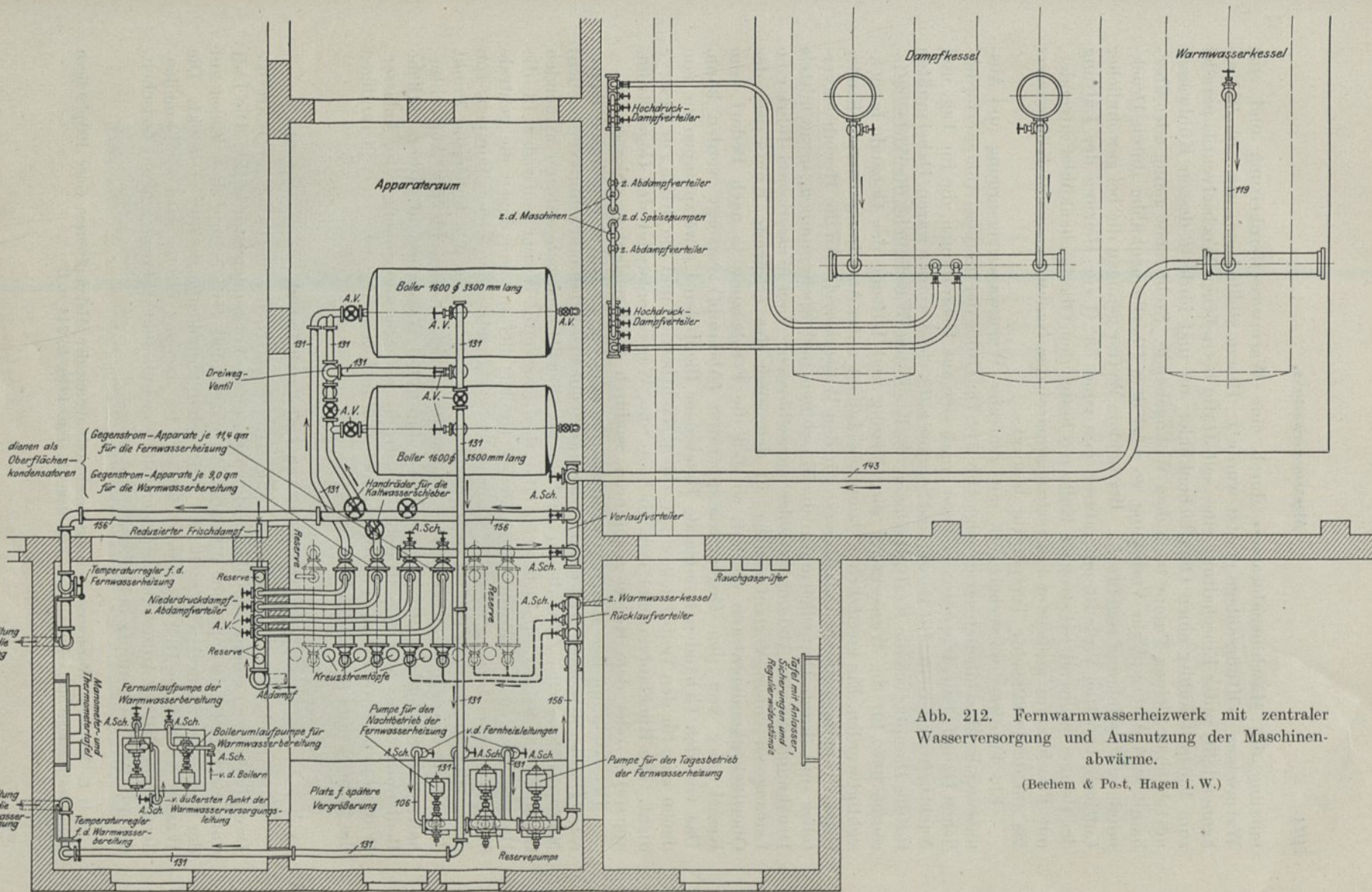


Abb. 212. Fernwärmewasserheizwerk mit zentraler Wasserversorgung und Ausnutzung der Maschinenabwärme.

(Bechem & Post, Hagen i. W.)

nutzung des Maschinenabwassers durch eine Warmwasserfernheizung und eine Warmwasser-Lüftungsanlage ersetzt wurde¹⁾). Hierzu stellte man, wie Abb. 211 erkennen läßt, unter Einschaltung eines selbsttätig betriebenen Wechseiventils parallel zum Einspritzkühler einen Oberflächenkühler auf und förderte dessen Kühlwasser mittels einer kleinen Pumpe nach dem Wohngebäude. Steht nicht genug oder überhaupt kein Abdampf zur Verfügung, so wird dem Oberflächenkühler durch Druckminderer Frischdampf zugebracht. Bei mildem Wetter genügen die bei gewöhnlicher Luftleere erzielten Vorlauftemperaturen von rund 55° C zur Heizung der Lüftung der Räume, während bei strenger Kälte ein hinter dem Oberflächenkühler sitzender, mit Frischdampf gespeister Gegenstromapparat das Nachwärmen des Kühlwassers bis auf die gewünschte Temperatur besorgt.

Ein Fernwarmwasserheizwerk mit zentraler Warmwasserversorgung und Ausnutzung der Maschinenabwärme zeigt Abb. 212. Die Größe der für diese Anlage erforderlichen Dampf- bzw. Warmwasserkessel ergab sich aus Diagrammen, die für Tag- und Nachtbetrieb, getrennt für Winter und Sommer aufgestellt worden waren. Dabei mußten für die Dampfkessel die Kraftmaschinen, die Koch- und Waschküche, die Wirtschaftsräume usw., für die Wasserkessel die Heizung und Lüftung der Gebäude berücksichtigt werden. Ein zusätzlicher Dampfkessel dient unter Anordnung entsprechender Gegenstromapparate auch als Reserve für den Wasserkessel. An die Hochdruckverteiler sind durch Doppelleitungen die Maschinen und Speisepumpen, sowie mittels Druckminderer der Abdampfverteiler angeschlossen. Vom Wasserkessel führt eine Leitung zu einem Vorlaufverteiler, in den auch das erwärmte Kühlwasser der Oberflächenkondensatoren eintritt, so daß die Fernheizung je nach Bedarf vom Kessel oder von den Gegenstromapparaten (Abdampf) versorgt werden kann. Das von den Gebäuden kommende Heizwasser fließt den Umwälzpumpen zu, von denen eine für den Tagbetrieb, eine für den Nachtbetrieb und die dritte zur Reserve dient. Ein Rücklaufverteiler ermöglicht es, das Wasser entweder den Gegenstromapparaten oder dem Kessel zuzuführen, wodurch der Kreislauf geschlossen ist.

Der Abdampf der Maschinen durchströmt die bereits früher erwähnten Apparate (Entöler usw.) und tritt dann zu dem (auch mit Frischdampfanschluß versehenen) Niederdruckverteiler. An diesen sind die als Oberflächenkondensatoren wirkenden Gegenstromapparate angeschlossen, die das erwärmte Wasser entweder in die Heizung oder in die Warmwasserspeicher (Boiler) liefern, von denen die zentrale Warmwasserversorgung ausgeht. Zwei elektrisch angetriebene kleine Pumpen, von denen die eine an die Warmwasserspeicher, die andere an den äußersten Punkt der Warmwasserversorgungsleitung angeschlossen ist, sorgen für die Aufrechterhaltung der erforderlichen Temperaturen durch den Wasserumlauf. Übersichtliche Bedienungsräume mit Schalttafeln für Strom- und Spannungsmeßgeräte, Anlasser, Widerstände, Manometer, Fernthermometer, Rauchgasprüfer usw. vervollständigen die Einrichtung der Zentrale.

c) Erwärmung von Luft durch Dampf.

Eine solche Ausführung zeigt Abb. 213. Vom Niederdruckzylinder führt die Dampfleitung zu einem Lamellenheizkörper, der als Vorkondensator wirkt. Die Luft durchstreicht Reinigungssiebe und eine Waschtrommel, tritt hierauf dem Bläser auf der Saugseite zu und wird von ihm durch den Lamellenheizkörper gedrückt. Die Warmluft dient zur Heizung von Websälen. Im strengen Winter wird der Lamellenheizkörper an den „Aufnehmer“ der Verbundmaschine angeschlossen und mit Zwischendampf (statt Abdampf) betrieben.

¹⁾ L. Meyers, Warmwasserheizung unter Ausnutzung der Abdampfwärme einer 100 pferdigen Kondensationsmaschine. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1910, S. 244 u. f.

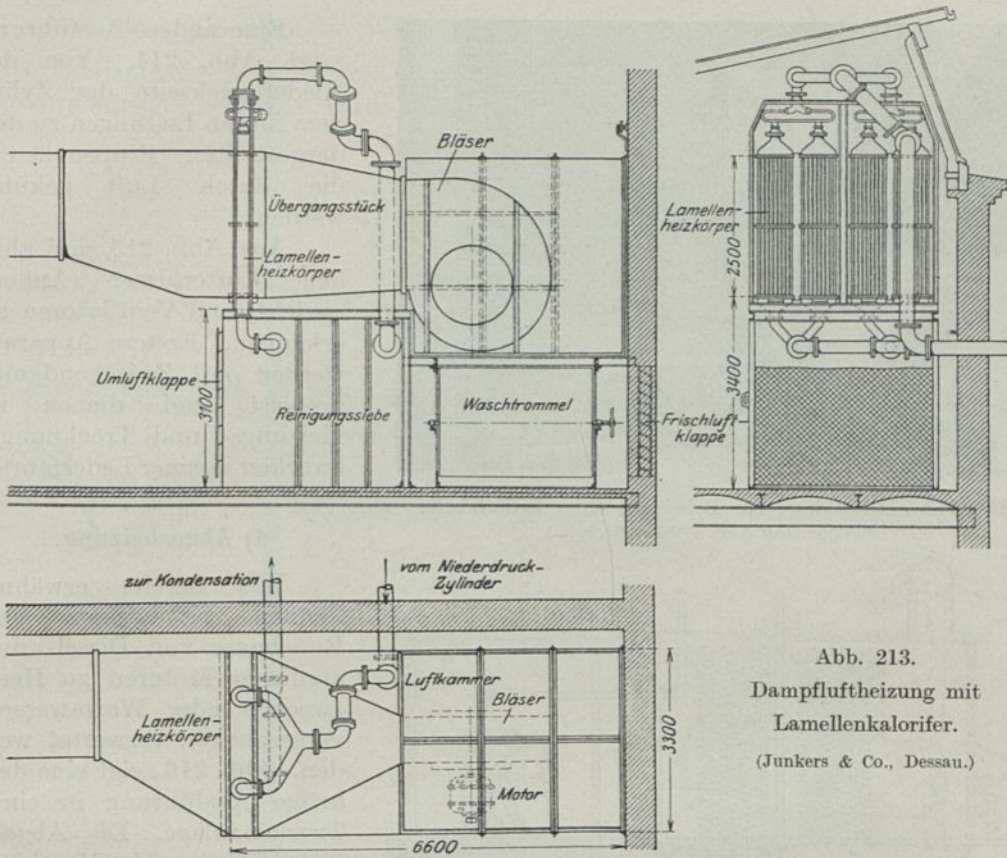


Abb. 213.
Dampf-
flut-
heizung
mit
Lamellen-
kalorifer.
(Junkers & Co., Dessau.)

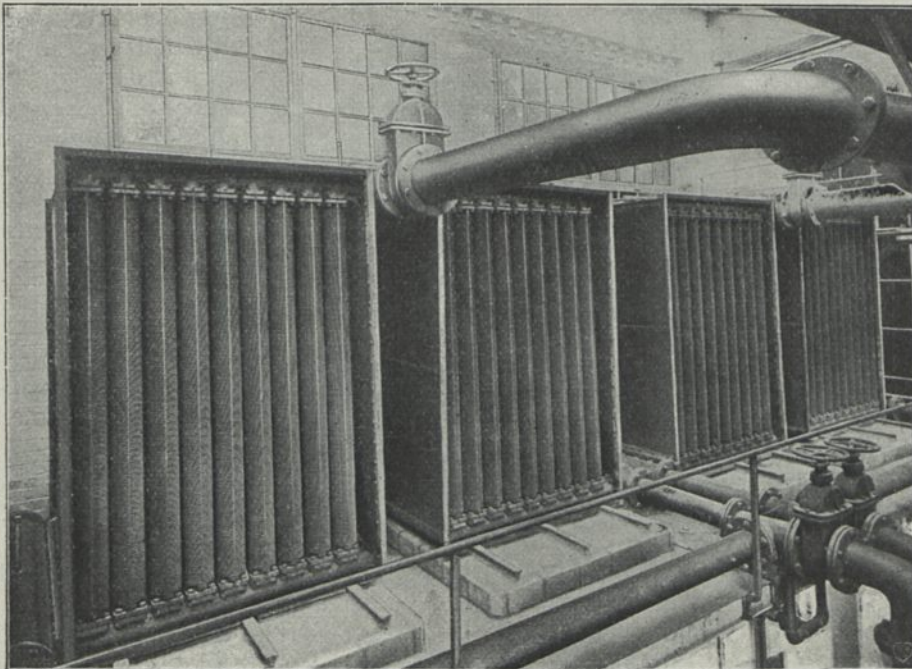


Abb. 214. Luftkondensator.
(Maschinenbau A.-G. Baleke, Bochum.)

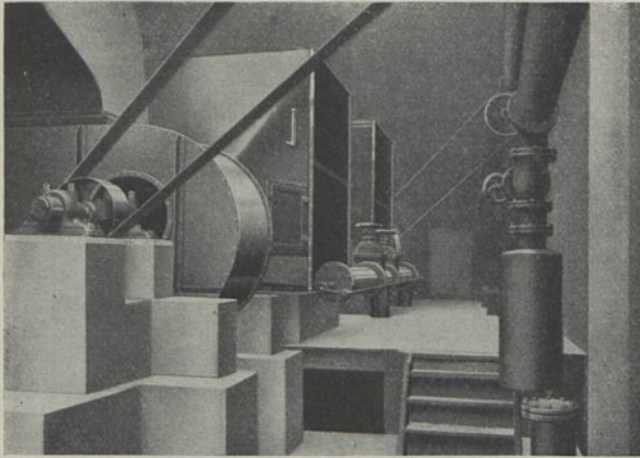


Abb. 215. Lufterhitzer zur Beheizung einer Lederfabrik.
(Maschinenbau A.-G. Boleke, Bochum.)

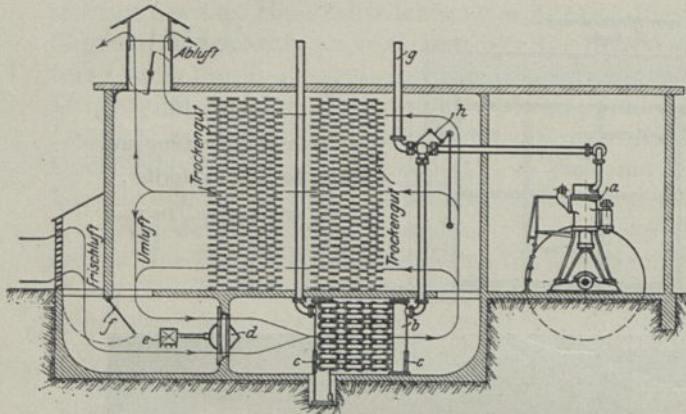


Abb. 216. Ausnutzung der Abwärme von Dieselmotoren bei Trockenanlagen.
(Gebr. Sulzer, Winterthur.)

Trockenluft, die ihrerseits wieder das Trockengut durchzieht (*f* Mischklappe für Frischluft bzw. Umluftbetrieb).

Eine andere Ausführung zeigt Abb. 214. Von der Niederdruckseite des Zylinders führen Leitungen zu den dargestellten Rippenkästen, die durch Luft gekühlt werden.

Aus Abb. 215 sind ähnliche Lufterhitzer (Außenansicht) und Ventilatoren zu erkennen. Erstere Apparate werden mit Zwischendampf gespeist und dienen zu Heizungs- und Trocknungszwecken in einer Lederfabrik.

d) Abgasheizung.

Wie bereits erwähnt, können Kühlwasser und Rauchgase von Diesel- und ähnlichen Motoren zu Heizzwecken oder Warmwasserversorgungen verwertet werden. Abb. 216 zeigt eine derartige Ausführung in einer Trockenanlage. Die Abgase treten bei *a* aus der Maschine, durchströmen die Umschaltklappe *h* (Auspuff *g*) und gelangen in den gußeisernen Heizapparat *b*, *c*. Diesen umspült die durch den Ventilator *d* (Motor *e*) bewegte

4. Anderweitige Abwärmeverwerter.

Als Beispiele der zahllosen Fälle, in denen Abwärme auch außerhalb der vorgenannten Systeme verwendet werden kann, seien folgende Ausführungen besprochen.

Abb. 217a zeigt einen Hochdruckdampfkessel, der durch die Abgase eines Glühofens geheizt wird. Die Glühofenabgase treten bei *A* zu, durchströmen die Rauchrohre *B* nach links, die Rohre *C* nach rechts und ziehen bei *D* in den Schornstein. Der Kessel hat 22 m² Heizfläche und arbeitet mit 8 at. Betriebsdruck.

Einen weiteren Abhitzdampfkessel, der die Abgase eines Schmiedeglühofens ausnutzt, zeigt Abb. 217b.

Abb. 218 zeigt Kokereiöfen, mit vertikalen Abgasröhren von etwa 20 m Länge über jedem Abschnitt. Ein Ventilator saugt aus größeren Höhen an und führt die Luft in einem weiten Rohr an den Abgasröhren vorbei. Die erhitzte Luft dient zur Heizung einer in der Nähe befindlichen Halle.

5. Beispiele über die Wirtschaftlichkeit von Abwärmeanlagen.

a) Bei der in den Abb. 207, 208 besprochenen Anlage, die von Hochdruckdampf- auf Abdampfbetrieb umgebaut wurde, betragen die hierdurch erzielten Ersparnisse rund

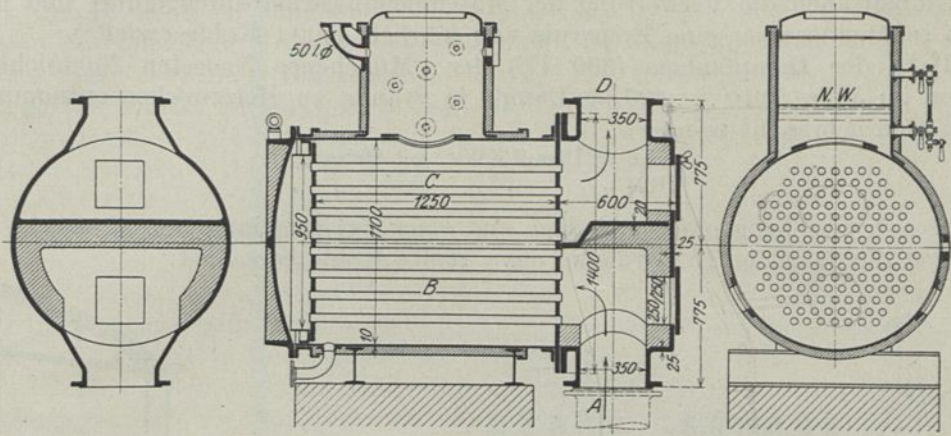


Abb. 217 a. Abhitzkessel.
(Gebr. Körting, Hannover.)

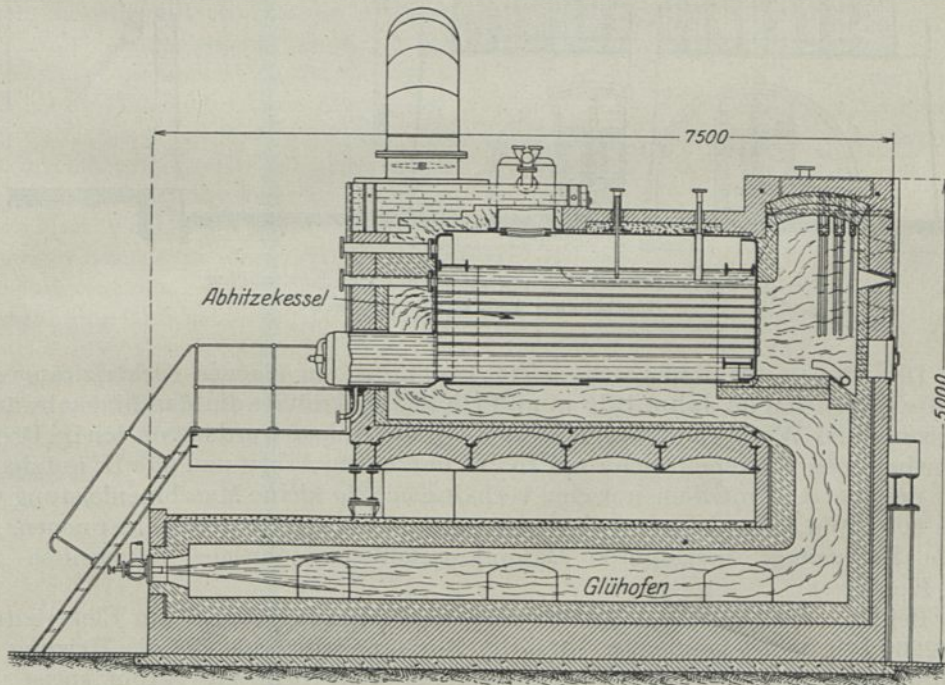


Abb. 217 b. Abhitzdampfkessel über einem Schmiedeglühofen.
(Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur, Schweiz.)

600 t Kohle jährlich. Zurzeit beträgt die Ersparnis ein Vielfaches dieser Summe, weil mehrere andere Dampfmaschinen in ähnlicher Weise auf Abwärmeverwertung umgeändert wurden.

b) Die nach Abb. 210, 211 ausgeführte Abwasserheizung ergibt gegen Frischdampfversorgung der Heizungs- und Lüftungsanlage, trotz ihrer Kleinheit, eine Ersparnis von rund 150 t Kohle jährlich.

c) Im Kreiskrankenhaus Groß-Lichterfelde wurde bei einem dort vorzunehmenden Umbau auch die Verwertung der Maschinenabwärme durchgeführt und hierdurch schätzungsweise eine Ersparnis von jährlich 4000 t Kohle erzielt¹⁾.

d) In der Dampfanlage (300 PS) der „Münchener Neuesten Nachrichten“ wurden im Jahre 1910 . . . 600 kg Dampf je Stunde zu Heizzwecken entnommen. Dabei sind gebraucht worden:

10,8 kg Dampf/KWst	mit Heizung,
10,3 „ „	ohne „ „

woraus sich bei obengenannter Anlage und einer Zwischendampfentnahme von nur 600 kg/st die jährliche Ersparnis zu etwa 1500 t Kohle berechnet.

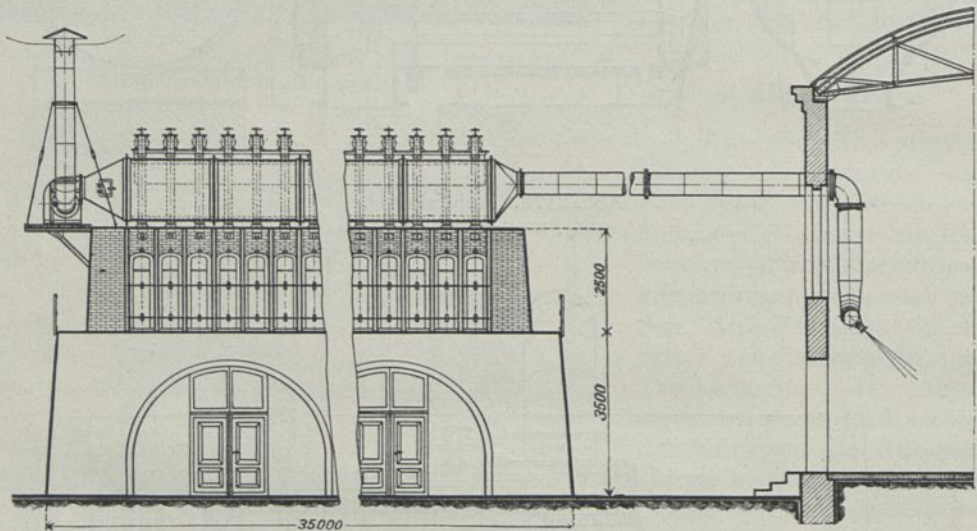


Abb. 218. Ausnutzung der Abwärme von Kokereiöfen.
(Maschinenbau A.-G. Balcke, Bochum.)

e) Die Stuttgarter Badegesellschaft²⁾ errichtete ein eigenes Elektrizitätswerk, verkaufte den Strom im Jahre 1910 um 6 Pf/KWst und nützte die Maschinenabwärme zur Heizung und Warmwasserbereitung aus. In der Anlage wurden von den im Brennstoff enthaltenen Wärmemengen rund 16 vH. nutzbar in Arbeit und 65 vH. nutzbar in Wärme umgesetzt. Trotzdem nur eine verhältnismäßig kleine Maschinenleistung von 500 bis 600 PS in Frage kam, ergaben sich gegenüber der Errichtung einer neuen, nur für die Badeanlage bestimmten Dampfkesselanlage, jährliche Ersparnisse von 2500 t Kohle.

f) Bei Bau des III. Neuen Krankenhauses in München wurde ein Elektrizitätswerk (2200 PS) derart geschaffen, daß die Maschinenabwärme für die Heizung der Anstalten ausreicht. Der für das Krankenhaus nicht benutzte Strom speist das städtische Netz. Jährliche Ersparnisse: rd. 8000 t Kohle.

¹⁾ Abdampfausnutzung zur Warmwasserbereitung und Heizung im Kreiskrankenhaus in Groß-Lichterfelde. Ges.-Ing. 1908.

²⁾ Verbindung von Bad und Elektrizitätswerk. Zeitschr. d. Bayer. Revisionsvereins 1909, S. 20. — Eberle, Die neue Dampfanlage der Stuttgarter Badegesellschaft. Zeitschr. d. Bayer. Revisionsvereins 1910, S. 96.

Wenn schon bei verhältnismäßig kleinen Anlagen derart günstige Ergebnisse zu erzielen sind, wie außerordentlich müssen die Ersparnisse sein, wenn z. B. größere städtische Elektrizitätswerke mit den Heizungs- und Warmwasserversorgungsanlagen städtischer Verwaltungsgebäude, Schulen, Badeanlagen, Schlachthöfe oder ganzer Straßenzüge verbunden werden.

Unsere heutigen vorzüglich durchgebildeten Kessel- und Maschinenanlagen lassen einschneidende Verbesserungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Betriebes kaum mehr erwarten. Der erbitterte Kampf der Maschinenkonstruktoren geringfügige Ersparnisse im Dampfverbrauch der Maschinen zu erzwingen, ist zumindest einseitig, und es gibt Stimmen, die dieses starre Streben geradezu als Hauptfehler unserer heutigen Kraft- und Wärmewirtschaft bezeichnen.

Nur durch richtige Ausbildung der Gesamtanlage können ausschlaggebende Vorteile erreicht werden, und es muß sich endlich die Erkenntnis Bahn brechen, daß die wirtschaftliche Weiterentwicklung unserer Kraftanlagen gebieterisch die Verbindung mit Heizbetrieben fordert. Aber gerade auf diesem Gebiet fehlt es in den zuständigen Körperschaften und nicht zuletzt in den städtischen Verwaltungen an großzügigen Entschlüssen.

Ich habe einen wesentlichen Teil dieser Ausführungen bereits vor rund 10 Jahren niedergeschrieben¹⁾. Damals haben sich nur **einige** Ingenieure mit solchen Fragen beschäftigt, heute sind diese Fälle — infolge der herrschenden Kohlenkatastrophe — in den Vordergrund des Interesses gerückt. Grundsätzlich hat sich nur die eine Erkenntnis geändert: **Damals war die Ausnützung der Abwärme im wirtschaftlichen Interesse des Betriebes zu empfehlen, heute ist die Abwärmeverwertung aus allgemeinen volkswirtschaftlichen Gründen eine unbedingte Notwendigkeit.**

Zur Lösung solcher großer Aufgaben sind vielfach junge Herren als sogenannte „Wärme-Ingenieure“ angestellt worden. Wie viel hat dieses Schlagwort schon geschadet! Manches Unternehmen ist getäuscht, viele Ingenieure sind enttäuscht worden. Sie finden sich plötzlich, ohne ausreichende Erfahrungen zu besitzen, einem undurchsichtigen Betrieb gegenüber, in dem sie — völlig einflußlos — allen möglichen Irrungen ausgesetzt sind.

Man wird eben nicht durch Lesen einiger Bücher und durch Anhören kurzfristiger Lehrgänge zum „Wärme-Ingenieur“, sondern dazu gehört gründliches Wissen im allgemeinen Maschinenbau und in der Heiz- und Lüftungstechnik sowie eine langjährige Erfahrung; außerdem die Fähigkeit, das als richtig erkannte auch gegen starke Widerstände durchzusetzen.

¹⁾ Werkstattstechnik, Verlag Springer, Berlin 1912. Es hätten sich viele neuere Beispiele für die Abwärmeverwertung anführen lassen, grundsätzlich anderes hätten sie nicht bringen können. Meines Erachtens bieten gerade diese einfachen übersichtlichen Fälle dem Studierenden einen klareren Einblick in die wirklichen Verhältnisse, als verwickelte große Ausführungen.

Lüftungsanlagen.

1. Abschnitt.

Notwendigkeit der Lüftung.

A. Einleitung.

Die Notwendigkeit der Lüftung ergibt sich aus der Tatsache, daß die Luft in den Aufenthaltsräumen der Menschen eine erhebliche Verschlechterung erfährt. Diese wird hervorgerufen durch:

- I. Wärme- und Wasserdampfabgabe der Menschen sowie der Beleuchtung;
- II. Kohlensäureabgabe der Menschen und der Beleuchtung;
- III. Auftreten von Ekelstoffen (Riechstoffen);
- IV. Staub.

Die Erkenntnis der eintretenden Luftverschlechterung ist um so bedeutungsvoller, als der Mensch innerhalb 24 Stunden rd. 12 kg luftförmiger und etwa 3 kg fester (und flüssiger) Nahrung aufnimmt. Man weist in Gasthöfen Teller, denen Staub anhaftet, naturgemäß zurück, beachtet aber z. B. nicht, daß der neben dem Sitzplatz befindliche verkleidete Heizkörper ungleich größere Staubmengen in die Atemluft überträgt. Und doch ist der in die Lungen dringende Staub schädlicher als die in den Magen gelangende Staubmenge.

In Fabriken kommt der günstige Einfluß einwandfreier Luftverhältnisse durch bessere Leistungen der Arbeiter zum Ausdruck. Da außerdem die Behörden auf die Schaffung guter Luftverhältnisse dringen (Gewerbeinspektionen), sind oftmals die Fabriken in der fraglichen Beziehung am besten eingerichtet. Dagegen findet man in öffentlichen Versammlungsräumen, Theatern, Gasthäusern usw. vielfach geradezu gesundheitsschädliche Zustände.

Viel zu wenig wird die Lüftung der Schulen beachtet. Es ist bekannt, daß Kinder, die bis zum 6. Lebensjahre blühend aussahen, nach verhältnismäßig kurzer Schulzeit bleich, matt und arbeitsunlustig sein können. Auch die Tatsache, daß alle Bestrebungen, die Lungentuberkulose einzudämmen, am wenigsten in der Zeit zwischen dem 6. und 10. Lebensjahre Erfolg haben, dürfte teilweise durch die oft mangelhaften Schullüftungsanlagen zu erklären sein. Auf Grund langjähriger Beobachtungen kann ich durch eigene Erfahrung feststellen, daß in gutgelüfteten Vorlesungsräumen die Auffassungsfähigkeit der Hörer einen Höchstwert, die Anstrengung des Vortragenden hingegen einen Mindestwert erreicht¹⁾.

Zurzeit werden allerdings die Kohlenwirtschafts- und die finanziellen Verhältnisse Deutschlands leider dazu beitragen, die Ausführung von Lüftungsanlagen einzuschränken.

¹⁾ Brabbée, Über die neue Hörsaallüftung in der Versuchsanstalt. Ges.-Ing. 1915, S. 441.

B. Wärme- und Wasserdampfabgabe der Menschen und Leuchtkörper.**a) Allgemeines.**

Die Bluttemperatur des Menschen beträgt im gesunden Zustand rd. $37,0^{\circ}\text{C}$. Hierbei ist zu beachten, daß diese Temperatur, falls keine Gesundheitsstörung auftritt, innerhalb weniger Zehntelgrade unveränderlich ist. Diese überraschende Tatsache bleibt bestehen, gleichgültig ob wir uns im tiefen Winter, oder im heißen Sommer, in kalter Luft oder im warmen Wasser befinden.

Hieraus folgt unmittelbar, daß der menschliche Körper die Fähigkeit hat, die durch die Oxydation der Nahrungsstoffe erzeugte Wärme derart abzuleiten, daß die Bluttemperatur unveränderlich bleibt. Dies ist nur dadurch möglich, daß der Körper, den jeweils vorhandenen Verhältnissen entsprechend, die ihm zur Verfügung stehenden Mittel der Wärmeabfuhr selbsttätig und gegenseitig unterstützend ausnützt.

Der Körper gibt seine Wärme durch Leitung und Strahlung, sowie durch Verdunstung ab. Es müssen daher die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der umgebenden Luft derartige sein, daß diese Wärmeabgabe in genügendem Maße erfolgen kann. Die Wärmeabfuhr aus dem Körper wird — ohne jede Änderung der Luftbeschaffenheit — begünstigt durch schnelleres Verdunsten des aus der Haut tretenden Schweißes. Aus diesem Grunde führen Fächereinrichtungen (s. Abb. 229 und 230, S. 144) ohne jedwede Frischluftzufuhr fast augenblicklich eine Besserung der Aufenthaltsverhältnisse herbei. Würde die Raumtemperatur 37°C . betragen und wäre dabei gleichzeitig die Luft vollkommen mit Wasserdampf gesättigt, so müßten schwere Gesundheitsstörungen auftreten, die durch „Wärmestauungen im Körper“ schließlich zum Tode führen.

Hieraus ist ersichtlich, daß nicht nur die Temperatur, sondern gleichzeitig auch der Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft ausschlaggebend für das Wohlbefinden der Menschen ist. Weiter aber wird klar, daß die durch die Menschen bzw. die Beleuchtung hervorgerufene Temperatur- und Feuchtigkeitszunahme im Raum als sehr wesentliche Verschlechterung der Luftverhältnisse bezeichnet werden müssen¹⁾. Die einwandfreie Feststellung dieser äußerst wichtigen Tatsache verdanken wir den Untersuchungen, die Flüge und seine Mitarbeiter um das Jahr 1905 veröffentlichten.

b) Wärmeabgabe der Menschen und Leuchtkörper.

Nach Untersuchungen von Pettenkofer und Rubner kann als stündliche Wärmeabgabe von Menschen angesetzt werden:

bei schwerer Arbeit	140 WE.
„ mittlerer „	120 „
„ Ruhe	100 „
für Kinder bis 10 Jahren	50 „

Ein Teil der abgegebenen Wärme wird durch Leitung und Strahlung an die Luft übertragen, ein anderer Teil dagegen zur Wasserverdunstung verbraucht²⁾. Bei vollbesetzten Räumen wird die Wärmestrahlung, infolge Rückstrahlung der benachbarten, gleich warmen Körper wesentlich herabgesetzt. Versuche hierüber fehlen, jedoch kann mit Rietschel³⁾ für die die Raumerwärmung bedingende Wärmeabgabe der Menschen angenommen werden:

bei mäßig besetzten Räumen (Wohnungen, Amtsstuben usw.)	75 WE/st/Kopf;
bei voll besetzten Räumen (Theater, Konzertsäle, Schulen usw.	50 WE/st/Kopf.

¹⁾ Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1890. — Flüge, Paul, Erckelenz, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1905.

²⁾ Nach Rubner übernimmt bei Verminderung oder Aufhebung der Wärmestrahlung, die Wärmeleitung (z. B. Wasserbad) bzw. die Verdunstung (z. B. beim Heißluftbad: Verdampfung des ausbrechenden Schweißwassers) die Wärmeabfuhr.

³⁾ Rietschel, Ges.-Ing. 1913.

Für Kinder von etwa 10 Jahren gelten die halben Werte. „Vollbesetzte Räume“ sind solche, bei denen auf 1 Menschen 1,0 bis 1,25 qm Bodenfläche entfallen.

Die Wärmeabgabe der Leuchtkörper¹⁾ geht aus der nachstehenden Zusammenstellung hervor:

Beleuchtungsart	Stündl. Verbrauch für 1 HK ²⁾	Stündl. Wärmeabgabe für 1 HK in WE
Bogenlicht	1,1 Watt	1,0
Metallfadenlicht rd.	1,2 „	1,0
Kohlenfadenlicht (16 HK)	4,5 „	4,0
Azetylenlicht	0,0006 cbm	5,5
Gasglühlicht (stehend)	0,0021 „	6,5
Argandbrenner	0,010 „	50,0
Braybrenner	0,013 „	67,0
Petroleumlicht	0,0033 kg	36,0

In der stündlich aufgewendeten Wärme ist sowohl die zur Licht- und Wasserbildung, als auch die frei werdende Wärmemenge verstanden. Da aber die zur Lichtbildung benutzten Mengen verhältnismäßig klein sind, die bei Gasbrennern u. dgl. zur Wasserbildung nötigen Wärmeeinheiten nicht ausschlaggebend und außerdem veränderlich erscheinen, können die angegebenen Werte ohne weiteres benutzt werden. Bei offenen Brennern ist dabei vorausgesetzt, daß sich die Verbrennungsgase mit der Raumluft vermischen.

c) Wasserdampfabgabe der Menschen und Leuchtkörper.

Die Ausscheidung von Wasserdampf durch Menschen wechselt mit dem Wassergehalt und der Temperatur der umgebenden Luft, ferner mit dem Alter, der Kost und der körperlichen Beschäftigung. Nach Rietschel³⁾ ist die Wasserdampfabgabe (Feuchtigkeitsabgabe) der Menschen zu setzen:

in mäßig besetzten Räumen (s. unter b)	40 g/st
in voll besetzten Räumen (s. unter b)	80 „

Für Kinder bis 10 Jahren gelten die halben Werte.

Die Wasserdampfabgabe der Beleuchtung kann wie folgt angenommen werden:

Gasbeleuchtung	für 1 cbm Gas	1000 g Wasserdampf
Kerzen	„ 1 HK	10 g Wasserd./st
Petroleum	„ 1 „	6 g „
Spiritusglühlicht	„ 1 „	4 g „

Elektrische Leuchtkörper geben naturgemäß keinen Wasserdampf an die Raumluft ab.

C. Kohlensäureabgabe der Menschen und Tiere.

Durch die Atmung⁴⁾ wird die Luft chemisch verändert und zwar sind nach Mengenteilen gerechnet, enthalten:

	in der trocknen atm Luft	in der ausgeatm. im Mittel
Sauerstoff	20,96 vH	16,4 vH
Stickstoff	78,00 vH	79,0 vH
Argon	1,01 vH	1,0 vH
Kohlensäure	0,03 vH	4,6 vH

¹⁾ Wedding, Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1901.

²⁾ HK = Hefnerkerze.

³⁾ Rietschel, Ges.-Ing. 1913.

⁴⁾ Bezieht sich auf die Lungenatmung und läßt die in dieser Beziehung nicht wesentliche Hautatmung außer Betracht.

Hiernach bleibt der Gehalt an Stickstoff und Argon nahezu unverändert, während der Sauerstoff um rd. $\frac{1}{5}$ verringert, die Kohlensäure auf mehr als das 100fache vermehrt wird. Es läßt sich auch beweisen, daß bei Fortdauer der Atmung ohne Raumlüftung nicht der abnehmende Sauerstoff sondern der zunehmende Kohlensäuregehalt den Tod der Menschen herbeiführen würde.

Luft mit einem Kohlensäuregehalt von 1 vH¹⁾ wird für längere Zeit, eine solche von 5 bis 10 vH vorübergehend ohne Schaden ertragen. Man begrenzt aber den noch zulässigen Kohlensäuregehalt der Raumluft nach Pettenkofer¹⁾ mit 0,7 und nach Rietschel zwischen 0,7 und 1,5 vT. Daraus ist erkenntlich, daß diese Grenze keineswegs mit Rücksicht auf die Giftigkeit der Kohlensäure festgesetzt ist, sondern mit Rücksicht auf die Tatsache, daß nach Pettenkofer die nicht meßbaren, unter D behandelten Ekelstoffe gleichläufig mit dem Kohlensäuregehalt der Luft zunehmen und bereits schädlich wirken, wenn letzterer bis zu 0,7 bzw. 1,5 vT ansteigt.

Nach Pettenkofer²⁾ bzw. Scharling³⁾ läßt sich annehmen, daß bei gewöhnlicher Raumtemperatur:

Erwachsene (im Mittel)	0,020 cbm/st/Kopf
Kinder bis 10 Jahre	0,010 „ „

Kohlensäure abgeben. Ferner ist nach Fischer⁴⁾ die bei der Verbrennung entstehende Kohlensäure (bezogen auf 0° C) zu rechnen mit:

0,6 cbm für 1 cbm Leuchtgas
1,6 „ „ 1 kg Petroleum
1,4 „ „ 1 „ Stearin.

Hierbei ist vorausgesetzt, daß sich die Verbrennungsgase mit der Raumluft mischen.

D. Das Auftreten von Ekelstoffen.

(Ammoniak, Anthropotoxin.)

Unter der Bezeichnung Ekelstoffe faßt man eine Reihe meist unbekannter Stoffe zusammen, die der Mensch durch die Haut und auf der Haut ausscheidet. Man findet unter ihnen Fettsäuren, wie Kapron- und Kaprylsäuren. Allen diesen Stoffen ist ein unangenehmer Geruch eigen, der sich selbst in großer Verdünnung bemerkbar macht⁵⁾. Hierher gehören auch die übelriechenden, durch Fäulnis der Nahrungsmittel im Darne entstehenden Gase. Ferner zählt zu diesen Stoffen auch das Ammoniak, das durch Fäulnis des Schleimes der Luftröhre und des Mundes, sowie durch die Karies der Zähne entsteht.

Um das Jahr 1880 glaubte man die Ursache der unangenehmen Eigenschaften der Atmungsluft in dem sog. Anthropotoxin (Menschen- oder Atemgift) gefunden zu haben. Aber Hermans⁶⁾, Jensen⁷⁾, Rauer⁸⁾, Formánek⁹⁾ u. a. wiesen nach, daß die benutzten Versuchsanordnungen nicht einwandfrei und die Ergebnisse jener Forschung nicht haltbar waren. Später hat Wolpert¹⁰⁾ die Lehre vom Atemgift

¹⁾ Pettenkofer, Annalen d. Chemie 1862/63.

²⁾ Zeitschr. f. Biologie Bd. II.

³⁾ C. S. Lehmann, Handbuch d. physiol. Chemie 1854.

⁴⁾ Fischer, Jahresbericht d. chem. Technologie 1883.

⁵⁾ Th. Weyl in seinem Handbuch der Hygiene Bd. IV, S. 259.

⁶⁾ Hermans, Archiv f. Hygiene 1882.

⁷⁾ Jensen, Archiv f. Hygiene 1890.

⁸⁾ Rauer, Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1893.

⁹⁾ Formánek, Archiv f. Hygiene 1900.

¹⁰⁾ Wolpert, Archiv f. Hygiene 1903.

wieder zu stützen versucht, aber auch diese Arbeiten sind von B. Heymann¹⁾ entkräftet worden.

Auch die Anschauungen Weichardts²⁾ über die sog. Ermüdungsstoffe (Kenotoxine) haben sich, insbesondere nach den Arbeiten von Inaba³⁾, keine allgemeine Geltung erringen können.

Ein Atemgift ist zurzeit nicht bekannt, wenn auch nicht zu bestreiten ist, daß die vom Menschen ausgehenden Ekelstoffe ein flaches Atmen begünstigen, wodurch mangelhafte Blutverteilung und als deren Folge Kopfschmerzen, Beklemmung, Übelkeiten usw. eintreten. Diese Verunreinigungen der Luft sind zurzeit nicht meßbar, sie werden, nach dem Vorschlag Pettenkofers, durch Festlegung der bereits besprochenen Kohlensäuregrenze berücksichtigt.

E. Staub.

Der Staub reizt und verwundet die Schleimhäute und macht sie zur Aufnahme krankheitserregender Keime geeignet. Ferner sind im Zimmerstaub verschiedene Krankheitserreger (Lungenentzündung, Tuberkulose, Eitererreger u. a.) nachgewiesen worden. Der Staub in den Räumen ist nicht durch Lüftung, wohl aber durch Reinlichkeit und durch Säubern der Möbel, Teppiche usw. mit Hilfe des Staubsaugers (nicht durch Klopfen im Raum) zu entfernen. Naturgemäß ist bei allen einwandfreien Lüftungsanlagen dafür zu sorgen, daß mit der Frischluft möglichst wenig Staubteilchen in die Zimmer gelangen.

Sind die Oberflächentemperaturen der im Raum befindlichen Heizfläche höher als 70—80° C, so wird der mit den Heizflächen in Berührung kommende Staub zersetzt. Die entstehenden Erzeugnisse reizen die Schleimhäute der Augen, des Mundes und der Rachenhöhle und sind die Ursache der zahlreichen und unberechtigten Klagen über zu trockene Luft⁴⁾.

2. Abschnitt.

Erforderlicher Luftwechsel.

A. Allgemeines.

In den älteren Auflagen des „Leitfadens“ ist die Ermittlung des erforderlichen Luftwechsels nach Maßgabe eines nicht zu übersteigenden Kohlensäuregehaltes erfolgt (Kohlensäuremaßstab). In der letzten Ausgabe des gleichen Werkes wurde die Bestimmung der nötigen Luftmenge nach:

- a) dem Wärmemaßstab,
- b) dem Feuchtigkeitsmaßstab,
- c) dem Kohlensäuremaßstab,
- d) Erfahrungssätzen

vorgenommen. Hierzu treten noch das Wärmehaltsmaß und der Druckmaßstab.

Neuere Studien zeigen, daß diese Maßstäbe (mit Ausnahme des unter D genannten) aus nachstehenden Gründen nicht einwandfrei benutzt werden können. Trotzdem sind die wichtigsten Fälle in Bd. II, S. 131 nach den bisher üblichen Annahmen näher behandelt.

¹⁾ B. Heymann, Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1905.

²⁾ Weichardt, Archiv f. Hygiene 1908.

³⁾ Inaba, Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1911.

⁴⁾ Nußbaum, Hyg. Rundschau 1905; v. Esmarch, ebenda 1905; Herbst, ebenda 1907.

B. Der Wärme-Maßstab.

Im Bd. I, S. 2 sind die in Räumen verschiedener Art einzuhaltenen Raumtemperaturen gegeben. Diese Werte müssen daher der „Berechnung des Luftwechsels nach Maßgabe einer nicht zu überschreitenden Raumtemperatur“ zugrunde gelegt werden.

Die Festsetzung dieser Temperatur ist aber nicht einwandfrei. Zunächst ist festzustellen, daß Zimmertemperaturen von $+18^{\circ}\text{C}$ im Winter ohne erhebliche Luftbewegung im Raum wohl als richtig bezeichnet werden können. Im Sommer hingegen klagten, wie ich in meinem gut gelüfteten Hörsaal vielfach feststellen konnte, alle Anwesenden bei $+18^{\circ}\text{C}$ über zu niedrige Temperatur. An sehr heißen, schwülen Sommertagen mußte die Raumtemperatur bis auf 22°C erhöht werden, um angenehme Verhältnisse zu erzielen. Die Höhe der Raumtemperatur ist wesentlich abhängig von der Stärke der Luftbewegung im Raum und zwar derart, daß bei kräftigerer Lüftung höhere Werte eingehalten werden müssen. Weiters sind wir zurzeit nicht in der Lage, die überaus einflußreichen Zustände der Wärmehaftspeicherung und Kälterückstrahlung der Wände zu verfolgen. Da man ferner nichts darüber weiß, ob alle Raumluft an der Luftbewegung teilnimmt und wieweit hierdurch die Ablufttemperatur beeinflußt wird, sind sichere Rechnungsgrundlagen nicht vorhanden. (S. Bd. II, S. 82.)

C. Der Feuchtigkeits-Maßstab.

Auch hierauf läßt sich ein sicherer Maßstab der Luftmengenbestimmung nicht gründen. Zunächst ist festzustellen, daß die Grenzen der zulässigen „relativen“ Feuchtigkeit sehr weit zu stecken sind. Nach Flügge genügen bei guter Luft bereits Feuchtigkeitsgehalte von 25 vH, während andererseits „relative Feuchtigkeiten“ von 60 bis 70 vH noch anstandslos ertragen werden. Auch hat Kißkalt¹⁾ festgestellt, daß die Umfassungswände eines Raumes, je nach ihrer Ausführung die Fähigkeit haben große Feuchtigkeitsmengen aufzunehmen, wodurch die Grundlagen der Rechnung erschüttert werden. (S. Bd. II, S. 82.)

D. Der Kohlensäure-Maßstab.

Der Kohlensäuremaßstab ergibt erfahrungsgemäß fast immer erheblich kleinere Werte als der Wärme- bzw. Feuchtigkeitsmaßstab, so daß er nur in seltenen Fällen zur Anwendung kommt. (S. Bd. II, S. 83.)

E. Der Wärmeinhalt-Maßstab.

Wie bereits erwähnt, ist für das Wohlbefinden der Menschen in erster Linie der Zusammenhang zwischen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnis der Luft maßgebend. Nun stellt der Wärmeinhalt der Luft einen Wert dar, der sowohl von der Temperatur als auch von der Feuchtigkeit der Luft abhängt. Es entspricht²⁾:

die Temperatur von 18°C und die rel. Feuchtigkeit von 68 vH	einem Wärmeinhalt von rd. 9,5 WE/kg
„ „ „ 20°C „ „ „ „ „ „ „ „	„ „ „ rd. 9,5 „
„ „ „ 22°C „ „ „ „ „ „ „ „	„ „ „ rd. 9,5 „

Die links des Striches stehenden Temperaturen und Feuchtigkeitsverhältnisse sind als annehmbare Werte bekannt; rechts des Striches erscheint ein unveränderlicher Wärmeinhalt. Man könnte daher auf den Gedanken kommen, die Berechnung der

¹⁾ Kißkalt, Der Einfluß von Temperatur und Winddruck auf die Selbstlüftung. Ges.-Ing. 1913, S. 853.

²⁾ Otto Marr, Die Feuchtigkeit der Luft. Ges.-Ing. 1915, S. 73 u. 90.

erforderlichen Luftmenge nach einem stets zu erreichenden Wärmehalt von rund 9,5 WE/kg vorzunehmen. Aber auch dieser Maßstab wäre praktisch nicht brauchbar, denn es haften ihm alle unter B und C aufgeführten Mängel an.

F. Der Druck-Maßstab.

Dietz¹⁾ hat die Arbeiten O. Krells zur Aufstellung eines „Druckmaßstabes“ erweitert, indem er sagt, daß die im Betriebe erforderliche Zuluft „nur durch die für Herstellung des Überdruckes erforderlichen Mengen“ bestimmt wird (jedoch mindestens 30 cbm/Kopf und st).

G. Bestimmung des Luftwechsels nach Erfahrungssätzen.

Man pflegt in der Praxis die Größe des Luftwechsels nach Erfahrungssätzen zu bestimmen. Hierbei wird derselbe bei einer bestimmten Zahl der Anwesenden je Kopf und Stunde, bei unbekannter Besetzung nach dem Vielfachen des Rauminhaltes gegeben. Bezeichnet man den Inhalt des zu lüftenden Raumes mit J , so beträgt die erforderliche Luftmenge L z. B. bei fünffachem Luftwechsel

$$L = 5 J / \text{st}.$$

Früher hatte man angenommen, daß es, mit Rücksicht auf die Vermeidung von Zugerscheinungen unmöglich sei, über die 5fache Lüftung eines Raumes hinauszugehen. Untersuchungen im Hörsaal der Versuchsanstalt haben aber gezeigt, daß es bei geschickter Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen und Einhaltung richtiger Lufttemperaturen möglich ist, auch 10fache Lüftung und mehr ohne jedwede Belästigung durch Zug zu erreichen. Hierbei ist allerdings Lüftung von „unten nach oben“ vorausgesetzt (s. S. 159).

Gegen Zug sind die Menschen verschieden empfindlich. Zahlreiche Beobachtungen in dem erwähnten Hörsaal haben bewiesen, daß die Empfindung von Zug beginnt, wenn Luft von Raumtemperatur in der Nähe der Menschen mit einer Geschwindigkeit von mehr als 0,2 m/sk ausströmt. Bei tieferen Temperaturen setzen, insbesondere bei Einführung der Luft von oben, Klagen über Zugerscheinungen schon erheblich vor Erreichung dieser Geschwindigkeit ein. Selbst unfühlbare (insensible) Luftströmungen können nach Rubner²⁾ zu Gesundheitsstörungen führen, wenn die Luft stark unterkühlt ist. Auf Grund der verschiedenen Erfahrungen kann für die Ermittlung der zur genügenden Lüftung eines Raumes erforderlichen Luftmengen nachstehende Zusammenstellung gegeben werden.

a) Räume mit bekannter Besetzung.

α) Parlamente, Theater, Hörsäle, Schulen, Versammlungsräume usw.

Im Winter	20 bis 30 cbm für Kopf/st
„ Sommer	40 „ 50 „ „ „
jedoch nicht über den 10fachen Luftwechsel ansteigend.	

β) Gefängnisräume.

Schlafzellen für Gefangene	10 cbm für Kopf/st
Einzelzellen „ „	15 bis 20 „ „ „
Räume für gemeinschaftliche Haft	10 „ „ „

¹⁾ Dietz, Lehrbuch der Lüftungs- und Heizungstechnik. 2. Aufl. Oldenbourg, München u. Berlin 1920.

²⁾ Rubner, Über insensible Luftströmungen, Archiv f. Hygiene 1907.

b) Räume mit unbekannter Besetzung.

Wohnräume und Räume, die diesen nach Be- setzung und Benutzung gleichen	1 bis 2fach
Treppenhäuser, Flure bei starker Benutzung . . .	1 „ 2 „
„ „ „ schwacher „	1/2 „ 1 „
Gasthausräume	3 „ 5 „
Kleiderablagen	2 „ 3 „
Baderäume	1 „ 2 „
Aborte	3 „ 5 „
Küchen	bis 40 „

3. Abschnitt.

Erzielung des Luftwechsels.

Vor Besprechung der Möglichkeiten für die Erzielung eines bestimmten Luftwechsels müssen die Druckverhältnisse in einem geschlossenen Raume erörtert werden.

A. Druckverhältnisse in einem geschlossenen Raum.

Hat man einen geschlossenen, völlig dichten Raum R mit der Luftmenge L zu lüften (Abb. 219), so ist es gleichgültig, ob man dem Raum die Luftmenge L zudrückt (Drucklüftung, Pulsionslüftung) oder ob die Luftmenge L aus dem Raum R abgesaugt wird (Sauglüftung, Aspirationslüftung). In der Praxis sind die Umfassungswände eines Raumes niemals völlig dicht, weshalb sich Druck- und Sauglüftung in der Anwendung wesentlich unterscheiden. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, seien zunächst die Druckverhältnisse betrachtet, die in einem allseits geschlossenen Raum R auftreten, falls dieser höher als die umgebende Luft erwärmt wird (Abb. 220). Es sei t_2 die Außen- und t_1 die Innentemperatur, wobei $t_1 > t_2$ ist. Denkt man sich in der mittleren Raumhöhe Öffnungen o vorhanden, so findet in der Ebene dieser Öffnungen Druckausgleich statt. Die Ebene EE heißt Ausgleichsebene (neutrale Zone), der Druck in ihr sei p (kg/qm).

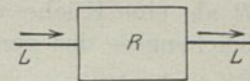


Abb. 219.

Betrachtet man eine unterhalb EE liegende Schicht, z. B. s , so ergibt sich folgendes: Im Rauminneren hat der Druck von p auf p_1 zugenommen, wobei

$$p_1 = p + h \gamma_1$$

ist. Hierin bedeutet h den lotrechten Abstand der Schicht s von der Ausgleichsebene EE in m, γ_1 das Raumgewicht der t_1 grädigen Innenluft in kg/cbm. Außerhalb des Raumes hat der Druck von p auf p_2 zugenommen, wobei

$$p_2 = p + h \gamma_2$$

ist, wenn γ_2 das Raumgewicht der t_2 grädigen Außenluft in kg/cbm bezeichnet.

Da $t_1 > t_2$ sonach $\gamma_1 < \gamma_2$ ist, wird

$$p_2 > p_1,$$

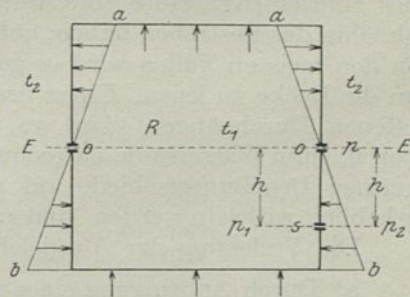


Abb. 220. Druckverteilung in einem erwärmten Raum.

d. h. in der Schicht s wirkt ein Überdruck von außen nach innen. Dieser wächst mit der lotrechten Entfernung der betrachteten Schicht von der Ausgleichsebene und ist am größten am Raumfußboden. Die auf diese Weise unterhalb der Ausgleichsebene entstehende Druckverteilung ist in Abb. 220 angedeutet. Genau das

Entgegengesetzte findet oberhalb der Ausgleichsebene statt, so daß dort ein gegen die Decke zunehmender Überdruck von innen nach außen auftritt. Auch diese Druckverteilung erscheint in Abb. 220 ersichtlich, wobei zu bemerken ist, daß der Linienzug *ab* streng genommen nicht eine gerade, sondern eine logarithmische Form aufweist.

Solange der Raum *R* dichte Umfassungswände hat, können die Überdruck- bzw. Unterdruckkräfte nicht zur Wirkung kommen. Unsere Räume in der Praxis weisen nun zwar keine Öffnungen in der Ausgleichsebene, wohl aber zahllose feine, ziemlich gleichmäßig über bzw. unter der Ausgleichsebene vorhandene Öffnungen (Durchlässigkeit des Mauerwerks) auf, die hinsichtlich ihrer Wirkung den Öffnungen *O* in der Ebene *EE* gleichkommen. Dadurch werden nun (infolge der Durchlässigkeit der Baustoffe) die verschiedenen Kräfte ihre Wirkung fühlbar machen, wodurch folgendes eintritt:

In gewöhnlich ausgeführten, ohne Kanäle versehenen Räumen stellt sich etwa in der Raummitte die Ausgleichsebene ein. Oberhalb dieser tritt warme Innenluft nach außen, unterhalb der Ausgleichsebene drängt kalte Außenluft nach innen. Letztere Wirkung ist es, die die bekannten und sehr störenden Zugscheinungen an den unteren Fugen und Ritzen der Fensterrahmen herbeiführt. Deshalb Aufstellung der Heizkörper unmittelbar unter den Fenstern.

Denkt man sich, der Raum *R* sei der Zuschauerraum eines Theaters, so würden durch jede in der Nähe des Fußbodens sich öffnende Tür große Mengen kalter Luft einströmen und schwere Zugscheinungen hervorrufen. Stellt man sich andererseits *R* als eine Küche vor, so würden die oberhalb der Ausgangsebene abströmenden Küchengase das ganze Haus durchziehen. Man erkennt:

In Räumen, in denen das Auftreten von Zugscheinungen möglichst auszuschließen ist (Theater, Versammlungsräume, Schulen usw.) muß über die ganze Raumböhe Überdruck herrschen; die Ausgleichsebene ist an oder unter den Fußboden zu verlegen. In Räumen, in denen sich störende Gerüche entwickeln (Küchen, Kleiderablagen, Aborte) muß über die ganze Raumböhe Unterdruck vorhanden sein; die Ausgleichsebene ist an die Decke oder über die Decke zu verlegen¹⁾.

Der Überdruck ist nicht größer als unbedingt nötig anzunehmen, da sonst unnützerweise erhebliche Wärmemengen aus den Räumen abströmen. Der Unterdruck ist nicht größer als erforderlich anzusetzen, da sonst die schlechten Gerüche des Hauses (Kellerluft), die, infolge der Schlotwirkung der erwärmten Stockwerke, ohnehin das Bestreben haben, aufzusteigen, in vermehrtem Maße angesaugt werden²⁾. In den meisten Fällen wird es genügen, die Ausgleichsebene an den Fußboden bzw. an die Decke zu legen. Unter besonderen Verhältnissen (z. B. Theatern, Küchen mit offenen Durchgängen) wird an diesen Stellen mit einem Über- bzw. Unterdruck von 0,5 mm Wassersäule zu rechnen sein. Zu beachten ist hierbei, daß selbst derartig geringe Druckunterschiede auf große Türen (eiserne Vorhänge im Theater) ganz erheblich wirksam werden, und z. B. bei einer Fläche von 100 qm = 50 kg betragen.

Die Verlegung der Ausgleichsebene nach unten erreicht man:

- a) Durch Anbringung eines möglichst widerstandslosen (großen) unteren Zuluftkanals und Schaffung eines oberen Abluftkanals von erheblichem Widerstand;
- b) durch Drucklüftung, d. i. Einführen der Außenluft durch Ventilatoren (Bläser), bei gleichzeitiger Erschwernis der Ablüftung.

¹⁾ Diese wichtigen Verhältnisse hat Prof. Dr. G. Recknagel erstmalig behandelt; s. G. Recknagel, Lüftung der Häuser. Handbuch der Hygiene von Pettenkofer. Leipzig 1894.

²⁾ Forster, Zeitschr. f. Biologie 1873. — Emmerich, Die Wohnung. Pettenkofers Handbuch der Hygiene 1894. Dasselbst werden Fehlböden als Kohlensäurequellen nachgewiesen.

Die Verschiebung der Ausgleichsebene nach oben wird erzielt:

- a) Durch Anlage eines möglichst widerstandslosen (großen) oberen Abluftkanals und Ausführung eines unteren Zuluftkanals von erheblichem Widerstand;
- b) durch Sauglüftung, d. i. Absaugen der Raumluft durch Ventilatoren (Bläser), bei gleichzeitiger Erschwerung des Luftzutrittes von außen.

Die Möglichkeit, die Ausgleichsebene in bestimmte Lagen zu bringen, entfällt naturgemäß, wenn die Umfassungswände erhebliche Undichtheiten aufweisen. Will man daher in Räumen bestimmte Druckverhältnisse erzielen, so müssen die Umfassungswände (auch Decken, Fenster usw.) bauseitig möglichst dicht gemacht, dann aber auch bestimmte Kräfte zur Erzwingung der beabsichtigten Lüftung aufgewendet werden. Will man dagegen nur die durch die Umfassungswände selbsttätig (im Sinne der Abb. 220) stattfindende Lüftung benutzen, so werden die Umfassungswände aus gut luftdurchlässigen Baustoffen herzustellen sein.

Die eben besprochenen Erscheinungen verstärken sich mit zunehmender Innentemperatur. Es ist daher z. B. in Kirchen möglich, daß sie in leerem Zustand einwandfrei erscheinen, während sich nach der Besetzung schwere Zugserscheinungen ergeben. Man muß daher gerade bei Kirchen danach trachten, den durch die Wärmeabgabe der Menschen entstehenden Luftströmungen entgegenzuwirken, weshalb es z. B. grundsätzlich falsch ist, die Heizflächen unter dem Kirchengestühl anzubringen.

Ist die Raumtemperatur niedriger als die Außentemperatur, so treten die in Abb. 220 angedeuteten Druckwirkungen ebenfalls, natürlich nur in entgegengesetztem Sinne auf.

B. Selbstlüftung eines Raumes.

Die Größe der den Raum durchziehenden Luftmenge hängt — außer von der Undichtheit der Fenster (Oberlicht) und Türen — von der Durchlässigkeit der Baustoffe ab. Hierüber haben Lang¹⁾ und Gosebruch²⁾ Untersuchungen angestellt und gefunden:

$$L = \frac{F c (p - p_0)^3}{e}$$

Hierin bedeutet:

- L die stündliche Luftmenge in cbm;
 c die Durchlässigkeitszahl, d. i. jene Luftmenge, die bei einem Druckunterschied von 1 kg/qm durch eine Wand von 1 qm Fläche und 1 m Stärke in der Stunde hindurchgeht;
 $p - p_0$ den Druckunterschied vor und hinter der Wand in kg/qm;
 e die Stärke der Wand in m.

Im Mittel ist c nach Lang zu setzen:

Bruchstein	$c = 0,000124,$
Ziegel	$c = 0,000201,$
Klinker, glasiert	$c = 0,000000,$
„ unglasiert	$c = 0,000145,$
Luftmörtel	$c = 0,000007,$
Beton	$c = 0,000258,$
Portland-Zement	$c = 0,000137,$
Gips, gegossen	$c = 0,000041,$
Eichenholz über Hirn	$c = 0,000007,$
Fichtenholz „ „	$c = 0,001010.$

¹⁾ Lang, Über natürliche Ventilation und Porosität der Baumaterialien. Stuttgart 1877.

²⁾ Gosebruch, Über die Durchlässigkeit der Baumaterialien. Dissertation, Berlin 1897.

³⁾ Dagegen hat Kibkalt (Ges.-Ing. 1913, S. 853, Der Einfluß von Temperatur und Winddruck auf die Selbstlüftung) nachgewiesen, daß die Selbstlüftung von der Temperatur „wenn überhaupt, dann nur in sehr geringem Grade abhängt“, während diese Lüftung „mit dem Winddruck steigt und fällt“. Hierbei sei es gleichgültig, ob der Druck positiv oder negativ ist.

Andere Werte für c gibt v. Thielmann¹⁾ an, z. B.:

Schwemmstein	$c = 0,997,$
Lochstein	$c = 0,0058,$
Maschinenziegel, hart gebrannt	$c = 0,00050,$
Portland-Zement	$c = 0,00057.$

Aus den Werten für c geht hervor, daß der Luftwechsel durch die Baustoffe gering ist. Er wird noch durch Tapete oder Anstrich bedeutend vermindert, auch von der Feuchtigkeit der Wand wesentlich beeinflusst. Da in gewöhnlichen Wohnräumen ein stündlicher Luftwechsel bis zur Größe des Rauminhalts beobachtet worden ist, so ist dieser hauptsächlich den zufälligen Undichtheiten, weniger der Durchlässigkeit der Baustoffe zuzuschreiben. Die zufälligen Undichtheiten entziehen sich der Beurteilung und somit ist der auf natürlicher Lüftung beruhende Luftwechsel rechnerisch nicht zu ermitteln. Da außerdem der Luftwechsel von Witterungseinflüssen, besonders vom Wind abhängig, also sehr schwankend und im Hinblick auf die Forderungen der Hygiene meist unzureichend ist, so soll auf die natürliche Lüftung nicht weiter eingegangen werden. Zweck einer jeden Lüftungsanlage bildet die Erzielung eines unter bestimmten Verhältnissen geforderten Luftwechsels.

Immerhin ist die natürliche Lüftung von Bedeutung für alle Räume, die einer Lüftungsanlage entbehren. Wollte man in der Praxis Räume, z. B. aus Eisenwänden, mit dicht schließenden Fenstern und Türen und ohne Lüftungsanlagen errichten, so würden die Einwohner schwere Schädigung ihrer Gesundheit, bei längerem Aufenthalte in den Räumen infolge Zunahme des Kohlensäure- und Wasserdampfgehalts unweigerlich den Tod erfahren. Aber auch bei Errichtung von Lüftungsanlagen ist die Kenntnis der Durchlässigkeit der Baustoffe und der ganzen Bauweise des Gebäudes für den ausführenden Ingenieur von Wichtigkeit. Die Durchlässigkeit der Baustoffe vermindert sich (nach Lang) in nachstehender Reihenfolge:

Kalkstein,	Portland-Zement,
Fichtenholz über Hirn (Faserrichtung),	Sandstein,
Luftmörtel,	schwach gebrannte Handziegel,
Beton,	Eichenholz (Faserrichtung),
stark gebrannte Handziegel,	Gips (gegossen),
Klinker (Verblendsteine), unglasiert,	glasierte Klinker (undurchlässig).

Die Reihenfolge der Verminderung der Durchlässigkeit durch die Wandbekleidung ist folgende:

Anstrich von Kalkfarbe,	Ölfarbenanstrich (neu undurchlässig),
Anstrich von Leimfarbe,	Wasserglas (mit der Zeit undurchlässig).

Tränkung mit Wasser vermindert die Durchlässigkeit bei:

Sandstein und Ziegel um etwa 80 vH,	Beton und Zement um 100 vH.
Luftmörtel um etwa 90 vH,	

Man kann den natürlichen Luftwechsel eines Raumes wie folgt bestimmen (Abb. 221). Es wird im Raum durch Entzünden von Kerzen oder Gasflammen oder auf chemischem Wege ein reichlich hoher Kohlensäuregehalt hergestellt. Hierauf werden alle Kohlensäurequellen entfernt, die Luft im Raum wird kräftig gemischt und es erfolgt zu den Zeitpunkten z_1, z_2 die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes p_1, p_2 in vT Teilen (s. Bd. II, S. 83). Dann ergibt sich der natürliche Luftwechsel L (cbm/st) aus der Beziehung:

$$L = \frac{J}{z_2 - z_1} \ln \frac{p_1 - a \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_0}}{p_2 - a \cdot \frac{\gamma_2}{\gamma_0}}$$

¹⁾ v. Thielmann, Die Luftdurchlässigkeit von Baumaterialien, Ges.-Ing. 1915, S. 265.

In ihr bedeutet, außer den bekannten Größen:

- J den Rauminhalt in cbm;
- a den Kohlensäuregehalt der Außenluft;
- γ_1 das mittlere Raumgewicht der Raumluft (cbm) während der Zeit z_2 bis z_1 (in Stunden);
- γ_2 das mittlere Raumgewicht der Raumluft (cbm) während der Zeit z_3 bis z_2 (in Stunden);
- γ_0 das jeweilig mittlere Raumgewicht (cbm) der Außenluft.

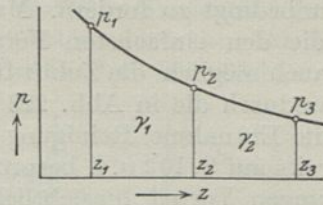


Abb. 221.

Sinngemäß das gleiche gilt für die Zeiten z_2, z_3 und die dazugehörigen Werte p_2, p_3 .

Eine rein mathematische Behandlung (allerdings auf Grund noch nicht genügend bestätigter Annahmen) versucht Hencky in seinem Werk: Die Wärmeverluste durch ebene Wände, Verlag R. Oldenbourg, München-Berlin 1921 (s. Bd. II, S. 10). Vergl. dagegen Arnold, Ges. Ing. 1921¹⁾.

C. Auftriebslüftung.

Man versteht darunter Lüftungsanlagen, die allein durch Schwerkraftwirkung betrieben werden. Die betreffenden Anlagen werden ohne oder mit Erwärmung der Abluft ausgeführt.

a) Auftriebslüftungen ohne Erwärmung der Abluft.

a) Zuleitung der Luft.

Die einfachste Anordnung der Luftzuleitung besteht in einer unmittelbaren Verbindung des zu lüftenden Raumes mit der Außenluft. Sie ist jedoch nicht zu empfehlen, da im Winter Zugescheinungen unausbleiblich sind, Staub in die Räume eindringt, Wind, Regen und Schnee störende Einflüsse geltend machen und bezüglich der Entnahmestellen der Luft freie Wahl nicht möglich ist. Für einfache „Fensterlüftung“ ist der in Abb. 222 dargestellte „Fürstenberger“ weit verbreitet.

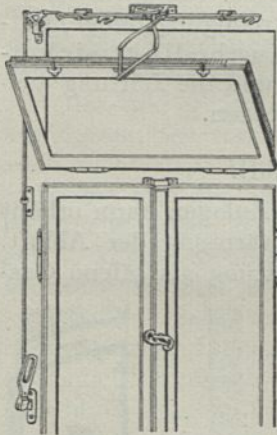


Abb. 222. Fensterlüfter.
(Fürstenberg, Berlin.)

Zugescheinungen lassen sich vermindern, unter Umständen auch ganz beseitigen, sofern die Luft vor Eintritt in den Raum an einem Heizkörper vorübergeführt, also vorgewärmt wird. Schnee und Regen können durch geeig-

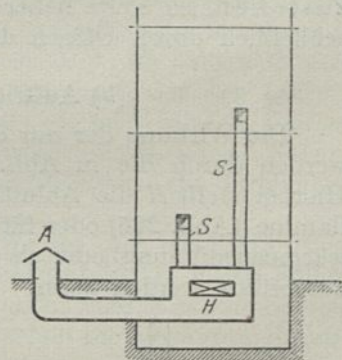


Abb. 223. Zentrale Zuleitung der Luft.

neten Schutz der äußeren Entnahmeöffnungen abgehalten werden. Dagegen gelingt es fast nie, den Einfluß des Windes so vollkommen zu beseitigen, daß störende Wirkungen unbedingt ausgeschlossen erscheinen. Die Entnahmestellen der Luft werden durch Klappen oder ähnliches verschlossen, die sich grundsätzlich derart öffnen sollen, daß die Luft gegen die Raumdecke zu austritt.

Hinsichtlich der Einführung der Frischluft hinter Heizkörpern ist die Reinigungsmöglichkeit nicht nur für die Heizkörper, sondern auch für alle Teile des Luftweges

¹⁾ Arnold, Hauch-Schreider- und Porenlüftung, Ges.-Ing. 1921, S. 252.

unbedingt zu fordern. Man findet in der Praxis in dieser Beziehung Ausführungen, die den einfachsten Forderungen der Hygiene geradezu Hohn sprechen. Es ist auch möglich, die Zuluft für mehrere Räume an einer Stelle gemeinsam zu erwärmen, wodurch die in Abb. 223 angedeutete Heizkammer (Heizkörper *H*) entsteht. Über die Entnahme, Reinigung usw. der Luft s. Bd. I, S. 148; die Heizkörper *H* sind bereits auf S. 102 u. f. besprochen worden. Die Ausführung nach Abb. 223 hat einen geringen Vorteil hinsichtlich der Luftförderung, da die mit warmer Luft gefüllten Steigkanäle *s* bestimmbare Auftriebskräfte auslösen. Hinsichtlich der Berechnung der Anlage sei auf Bd. II, S. 91 verwiesen.

β) Ableitung verbrauchter Luft.

Die einfachste Anordnung besteht wie bei der Zuleitung in einer unmittelbaren Verbindung des zu lüftenden Raumes mit der Außenluft, doch kann dies nicht empfohlen werden. Ableitung nach einem Nebenraume, Flur usw., wenn dieser mit der Außenluft unmittelbar in Verbindung steht, ist etwas besser. Die Anordnung kann in manchen Fällen, d. h. wenn die Sammlung verbrauchter Luft im Nebenraume statthaft ist und Schallübertragungen nicht störend wirken, zulässig erscheinen.

Die eben beschriebene Lüftungsart ist vollkommen abhängig von den Temperatur- und Windverhältnissen der Außenluft. Nur in Notfällen wird sie zur Ausführung gelangen können. Insbesondere ist davon abzuraten, derartige Anordnungen in Krankenhäusern zu benutzen und hierbei etwa die Kanäle verschiedener Räume miteinander zu verbinden. Bei ungünstigen Temperatur- und Windverhältnissen kann sehr leicht ein Umschlagen der Kanäle eintreten, d. h. die Abluftkanäle wirken zeitweise als Zuluftkanäle. Hierdurch können in ungünstigen Fällen ansteckende Krankheiten übertragen werden. Ist es in Krankenhäusern infolge der Kosten unmöglich, in jeder Beziehung einwandfreie (reinigungsfähige) Lüftungsanlagen auszuführen und ihren geordneten Betrieb unbedingt sicherzustellen, so sollte lieber auf jede Kanalführung verzichtet und die Lüftung ausschließlich durch Öffnen der Fenster (Kippflügel) bewirkt werden.

b) Auftriebslüftung mit Erwärmung der Abluft.

Die Wirkung der nur durch die Schwerkraft betriebenen Anlagen kann erhöht werden durch die in Abb. 224 schematisch dargestellte Erwärmung der Abluft. Hierbei stellt *H* die Abluftheizung vor, die z. B. für Abortlüftung als offene Gasflamme (Abb. 225) oder für Säle als Krone (Abb. 226 mit Abwärmeausnützung) oder als gewöhnlicher Heizkörper (Abb. 227) ausgeführt werden kann.

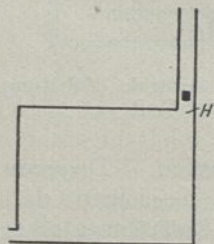


Abb. 224. Erwärmung der Abluft durch Heizkörper *H*.

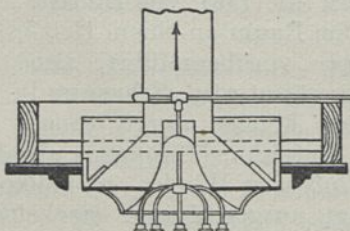


Abb. 226. Lüftung durch Abhitze einer Gaskrone.

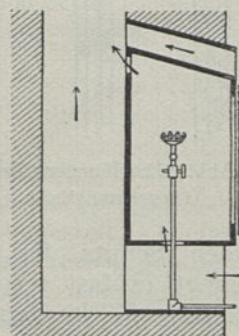


Abb. 225. Abortlüftung durch offene Gasflamme.

Es ist auch möglich, die Abwärme von Schornsteinen für diesen Zweck auszunützen, wobei Schornstein- und Abluftkanal unmittelbar nebeneinander gelegt,

und nur durch eine gußeiserne Wange getrennt werden (Abb. 228). Hinsichtlich der Kanäle und der sonstigen Bestandteile solcher Lüftungsanlagen kann auf Bd. I, S. 104 verwiesen werden, die Berechnung aller Teile ist im Bd. II, S. 91 behandelt.

Auch diese Lüftungsarten sind von den Temperatur- und Windverhältnissen der Außenluft stark abhängig, und es können vor allem nicht jene Luftmengen und Druckverhältnisse erzwungen werden, die für den jeweiligen Fall als nötig zu erachten sind. Deshalb können derartige Anlagen nur für untergeordnete Räume mit geringer Besetzung (z. B. Küchen, Aborte) empfohlen werden.

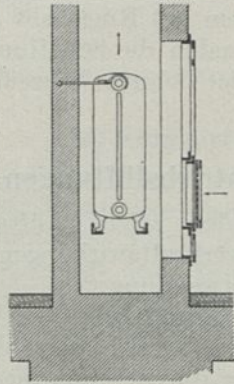
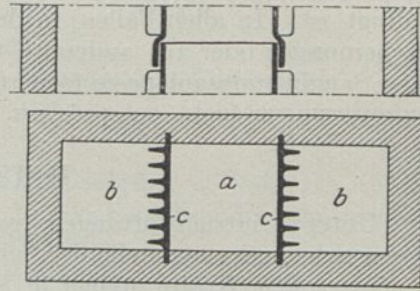


Abb. 227. Erwärmung der Abluft durch einen Radiator.



a = Rauchgaskanal,
 b = Abluftkanäle,
 c = gußeiserne Schornsteinwangen.

Abb. 228. Lüftung durch Ausnutzung der Abwärme eines Schornsteines.

c) Schreiderlüftung.

Eine eigenartige Stellung nimmt die sog. Schreiderlüftung ein. Sie zählt zu den eben besprochenen Lüftungsarten und hat mit ihnen die unmittelbare Einführung der Außenluft in die zu lüftenden Räume und die Unterstützung der Lüftungswirkung durch einen großen, warmliegenden Abluftschacht, nämlich das Treppenhaus, gemeinsam. In manchen Fällen wird aus baupolizeilichen Gründen (Rücksicht auf Feuergefahr) ein besonderer Abluftschacht gefordert. Es ist anzuerkennen, daß Schreider in unermüdlicher Lebensarbeit, insbesondere durch die fein verteilte und gleichmäßig angeordnete Luftzufuhr eine außerordentliche Vervollkommnung der von ihm ausgebildeten Lüftungsart erreicht hat. Er verschloß sich auch nicht den Anregungen, die ihm hinsichtlich der Notwendigkeit der Lufterwärmung und der hygienischen Ausgestaltung der Anlagen gegeben wurden, und es ist ihm gelungen für Sonderfälle entsprechende Einrichtungen zu schaffen. Naturgemäß konnte er aber jene Eigenschaften der Anlagen nicht ändern, die durch ihre Bauweise bedingt sind. Hierüber ist folgendes zu sagen:

α) Die Einführung unerwärmter Außenluft ist im Winter und bei Einführung nennenswerter Luftmengen unmöglich. Schreider hat sich daher in vielen Fällen entschließen müssen, durch sorgsam überlegte Anordnungen eine Erwärmung der Frischluft durchzuführen. Hierbei wird an Dampfheizflächen die bekannte Staubversengung eintreten, während hinsichtlich der Anwendung von Warmwasserheizfläche mit Rücksicht auf das Einfrieren Vorsicht geboten ist. Naturgemäß steigen durch die Luftwärmung nicht nur die Betriebskosten der Anlagen, sondern auch die Herstellungskosten, da die Heizflächen entsprechend größer bemessen werden müssen.

β) Die Wirkung des warmen Treppenhauses bzw. des Abluftschachtes muß mit steigender Außentemperatur abnehmen und — falls im Sommer — die Außentemperatur höher ist als die Ablufttemperatur, nicht nur zum Stillstand, sondern sogar zur umgekehrten Wirkung der Anlage führen. Deshalb ist auch die Kühlwirkung derartiger Anlagen äußerst beschränkt bzw. überhaupt nicht vorhanden. Auch der auf den Abluftschächten sitzende Saugkopf (s. S. 145) muß bei Windstille versagen. Schreider hat sich daher auch in vielen Fällen entschließen müssen, in

das Treppenhaus bzw. in den Abluftschacht Ventilatoren einzubauen, die z. B. durch Elektromotore betrieben werden.

γ) Das Wesentliche aller Schreiderschen Lüftungsanlagen ist das Vorhandensein von Unterdruck in den Räumen, dessen Auftreten durch das System der Anlage bedingt ist. In allen Fällen, in denen mit Rücksicht auf die Verhütung von Zugerscheinungen oder aus anderen Gründen die Schaffung einer Überdruck- und nicht einer Sauglüftungsanlage zu fordern ist, können Schreiderlüftungen den zu stellenden Anforderungen nicht entsprechen.

D. Umtriebslüftungen.

Unter Umtriebslüftungen werden solche Lüftungsanlagen verstanden, bei denen neben oder an Stelle der Schwerkraftwirkungen andere Kräfte wirksam sind. Als solche Kräfte stehen in Verwendung:

- α) Saug- und Preßköpfe, unter Ausnützung des Winddruckes;
- β) kleine, durch Federkraft oder Wasser angetriebene Lüfter;
- γ) größere, meist elektrisch oder durch Dampfmaschinen sowie Dampfturbinen angetriebene Ventilatoren, die Druck- oder Sauglüftung hervorrufen.

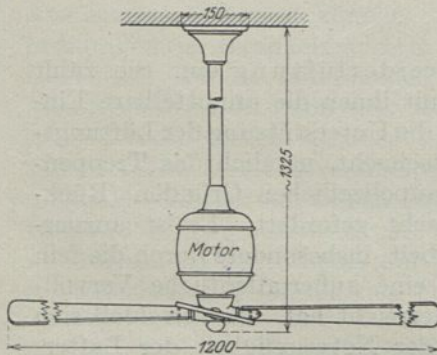


Abb. 229. Deckenventilator.
(Siemens-Schuckert-Werke, Berlin.)

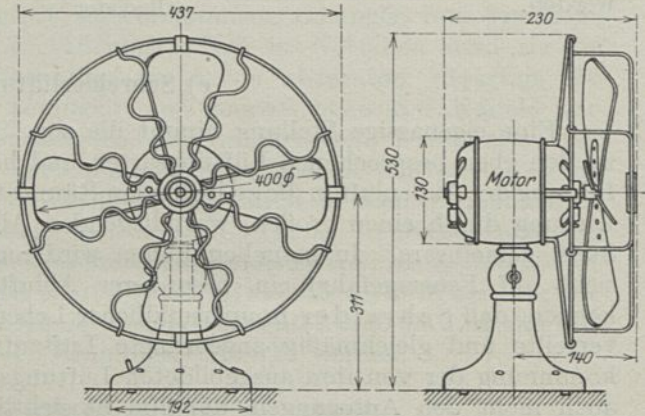


Abb. 230. Tischventilator (Luftfächer).
(Siemens-Schuckert-Werke, Berlin.)

I. Allgemeines über Frischluft- und Umluftbetrieb.

Umtriebslüftungen sollen grundsätzlich nur so betrieben werden, daß sie den Räumen dauernd Frischluft zuführen. Manche Anlagen sind, bei gleichzeitiger Wirkung als Heizung, derart eingerichtet, daß sie aus Ersparnisgründen die Abluft neuerlich ansaugen (Umluftbetrieb). Hierdurch wird ein- und dieselbe Luftmenge, die dauernd durch Menschen und Beleuchtung wesentliche Verderbnisse erfährt, in den Räumen im Umlauf erhalten. Solche Ausführungen sind aus hygienischen und technischen Gründen nicht zu empfehlen, werden jedoch aus Ersparnisgründen öfters gewählt (s. a. Bd. I, S. 97). Bemerkenswert sind jene Einrichtungen, die z. B. auf Eisenbahnen oder Schiffen zur Verwendung kommen. Sie benutzen weder Kanäle noch Heizkammern und setzen einfach die Raumluft in kräftige Bewegung. Derartige Ventilatoren (Luftfächer), von denen beispielsweise zwei in den Abb. 229 und 230 dargestellt sind, wirken, ohne eine Verbesserung der Raumluft herbeizuführen, dennoch günstig auf das Wohlbefinden der Menschen. Durch die kräftige Luftbewegung werden die auf der Hautoberfläche auftretenden Schweißmengen rasch verdampft, womit eine bedeutende Wärmeentziehung verbunden ist. Nach dem auf S. 131 Gesagten müssen solche Anlagen in überhitzten Räumen wesentliche Erleichterungen schaffen.

II. Umtrieblüftung durch Ausnutzung des Winddruckes.

Zur Ausnutzung des Winddruckes werden

- a) Saugköpfe (Deflektoren),
- b) Preßköpfe

benutzt, die auf Schiffen gemeinsam den Namen Ventilatoren führen.

a) Saugköpfe.

Wird ein Kanal K durch eine Platte P nach Abb. 231 bekrönt, so kann ein auf die Platte auftretender Windstrahl nicht nur nicht in den Kanal eindringen, sondern er verursacht, infolge des hinter der Platte auftretenden Unterdruckes ein Absaugen der Luft aus dem Kanal K . Die „Saugköpfe“ benutzen nun eine Reihe solcher Platten

derart, daß beliebig gerichteter Wind stets saugend auf den angeschlossenen Kanal wirkt. Man bekommt ein gutes Bild über die Wirkung dieser Einrichtungen, wenn man ein Polarkoordinatensystem (Abb. 232) benutzt, die Strahlen unter dem jeweiligen Winkel der Windrichtung zieht und auf den Strahlen die geförderte Luftmenge aufträgt. Von guten Saugköpfen ist nicht ein besonders hoher Spitzenwert, sondern vielmehr ein möglichst gleichmäßiges Saugen über alle Winkelstellungen zu verlangen. Auf die beschriebene Art sind eine ganze Reihe verschiedenartiger Saugköpfe in der Versuchsanstalt geprüft worden¹⁾.

Als Beispiele guter Saugköpfe seien genannt: der Wolpertsche Sauger (Abb. 233), der Grove-Sauger (Abb. 234, viel bei Eisenbahnen verwendet), ein Schiffsventilator (Abb. 235, Norddeutscher Lloyd).

Für die Berechnung der mit Saugköpfen zu erzielenden Wirkungen ist neben Kenntnis der zu fördernden Luftmenge auch die Bestimmung des erzielbaren Unterdruckes wichtig. Deshalb ist bei den erwähnten Prüfungen in der Versuchsanstalt auch der jeweils auftretende Unterdruck gemessen und ebenso wie in Abb. 232 im Polarkoordinatensystem aufgetragen worden. Schließlich wurde auch noch die Regendichtheit der verschiedenen Bauarten untersucht und vergleichsweise gewertet.

Da die Wirkung aller Saugköpfe von der Geschwindigkeit und der Richtung des Windes abhängt, sollen bei ortsfesten Anlagen Sauger zum Betriebe von Lüftungs-

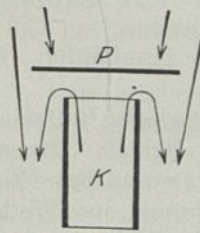


Abb. 231. Feststehender Sauger.

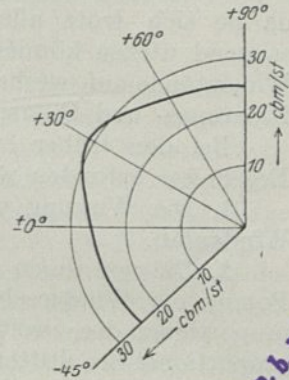


Abb. 232. Schaubild der Leistung eines Saugkopfes bei verschiedenen Windrichtungen.

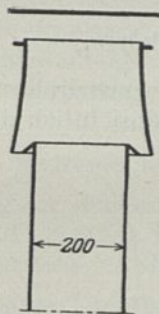


Abb. 233. Feststehender Sauger. (Nach Wolpert.)



Abb. 234. Feststehender Sauger. (David Grove, Berlin.)

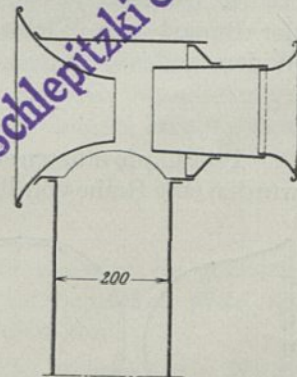


Abb. 235. Beweglicher Sauger. (Norddeutscher Lloyd.)

¹⁾ Heft 2 der Mitteilungen der Anstalt. R. Oldenbourg, München-Berlin 1910.

anlagen überhaupt nicht Verwendung finden. Sie dienen dann nur dazu, ein Hineinpressen des Windes in die Kanäle und somit ein Umschlagen der Abluftanlage zu verhüten. Dagegen werden Sauger bei Schiffen und Eisenbahnen unmittelbar als Betriebsmittel für die Lüftungsanlage benutzt, obwohl sie auch hier z. B. bei Stillstand bzw. bei entsprechend starkem Mitwind versagen müssen.

Liegen Kanalmündungen bei niedrigen Gebäuden unmittelbar neben hohen Wänden, so können Saugköpfe nichts nützen. In diesem Fall wird nämlich die Windgeschwindigkeit beim Stoß an die hohe Wand in Druck umgesetzt, wodurch die ungünstige Wirkung auf den niedrigen Kanal dennoch eintritt. Unter solchen Umständen schafft nur die Hochführung des niedrig mündenden Kanals über die Oberkante der Wand Abhilfe (s. a. S. 15). Drehbare Sauger sind tunlichst zu vermeiden, da sie sich trotz aller Vorsichtsmaßregeln festsetzen und dann pressend statt saugend wirken können. Die Sauger selbst treten im Abluftkanal naturgemäß als Widerstände auf, weshalb ihr freier Querschnitt groß und die in ihnen stattfindenden Richtungs- und Querschnittsänderungen klein sein sollen.

Bei den früher erwähnten Messungen in der Versuchsanstalt sind folgende Ergebnisse gefunden worden:

1. Die Wirkung von Saugköpfen (Preßköpfen) ist wesentlich abhängig vom Windanfall.
2. Die von ihnen geförderte Luftmenge ist etwa linear proportional der ersten Potenz der Windgeschwindigkeit. Der erzeugte Unter- bzw. Überdruck ist etwa proportional der zweiten Potenz der Windgeschwindigkeit. Die Leistung ist etwa proportional der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit und nimmt wesentlich ab, wenn der zu überwindende Widerstand zunimmt.
3. Die „relative Wertigkeit“ der einzelnen Bauarten ist unabhängig von der Windgeschwindigkeit.
4. Die relative Wertigkeit der Saugköpfe ändert sich — was für die Auswahl der Bauart von Wichtigkeit ist — wesentlich mit der Größe des angeschlossenen Widerstandes.

b) Preßköpfe.

Preßköpfe müssen stets dem Wind entgegengedreht werden. In der Versuchsanstalt wurden eine Reihe von Preßköpfen sowohl hinsichtlich der geförderten Luftmenge als

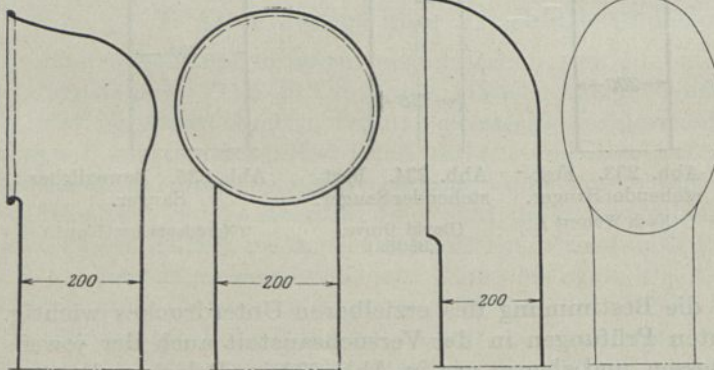


Abb. 236. Preßkopf.
(Norddeutscher Lloyd.)

Abb. 237. Preßkopf.
(Nach Rietschel.)

auch bezüglich des erzeugten Überdruckes geprüft und die Ergebnisse wieder im Polarkoordinatensystem aufgetragen. Als Beispiel bringt Abb. 236 einen Preßkopf des Norddeutschen Lloyds und Abb. 237 eine von Rietschel angegebene Ausführungsform. Preßköpfe finden nur auf Schiffen Anwendung, werden aber dort — ebenso wie die Saugköpfe in ihrer Wirkung

wesentlich überschätzt. Ist der durch diese Einrichtungen erzeugte Unter- bzw. Überdruck bekannt, so erfolgt die Berechnung der Kanalanlage wie bei anderen Lüftungsanlagen (s. Bd. II, S. 91 u. f.).

III. Verwendung von Feder- und sonstigen Kleingebläsen.

Manchmal findet man kleine Bläser, die durch Federkraft oder durch Wasserrädchen angetrieben werden. Da in jeder Lüftungsanlage erhebliche Widerstände zu überwinden sind, können derart ausgerüstete Anlagen nur in den seltensten Fällen ausreichende Wirkung erzielen. Ihre Anwendung ist daher äußerst beschränkt, z. B. für Küchenabluft, wobei das Wasser der kleinen Antriebsturbine als Spülwasser weiter verwendet wird. In diese Abteilung gehören auch die kleinen Dampfstrahlgebläse, die unter erheblicher Geräuschbelästigung meist nur geringe Wirkungen erzielen lassen.

IV. Mit Ventilatoren betriebene Druck- bzw. Sauglüftungen.

a) Vor- und Nachteile, Anwendungsgebiet.

Vorteile: Unabhängigkeit von allen Temperatur- und Windverhältnissen der Außenluft — Sichere Erzwingung bestimmter Druckverhältnisse — Möglichkeit wirksamer Luftreinigung, Waschung, Trocknung, Kühlung usw. — Innerhalb bestimmter Grenzen Freiheit in der Wahl der Luftkanalquerschnitte — Zusammenfassung vieler Räume zu einer einheitlichen, leicht zu bedienenden Gesamtanlage.

Nachteile: Höhere Betriebskosten. Wie bereits erwähnt, ist die Notwendigkeit der Ausrüstung bestimmter Baulichkeiten mit Lüftungsanlagen so tief begründet, daß die Tatsache der höheren Betriebskosten die Ablehnung solcher Anlagen nicht rechtfertigen kann. Naturgemäß ist jeder Bau so zu bearbeiten, daß die Betriebskosten einen Mindestwert erreichen. Dieser muß aber richtig erkannt und in dem Haushaltplan als ordentliche Dauerausgabe vorgesehen werden. Geschieht dies nicht, so erfolgen bei der Benutzung der Gebäude alsbald Betriebs Einschränkungen oder Unterbrechungen der Lüftung, wodurch mehr Schaden entsteht, als wenn die Anlagen überhaupt nicht ausgeführt worden wären. In den nachstehenden Abschnitten wird daher bei allen Einzelheiten immer wieder die Rücksichtnahme auf niedrige Betriebskosten in den Vordergrund gestellt.

Anwendungsgebiet. Mit Ventilatoren betriebene Druck- bzw. Sauglüftungen werden für Parlamente, Versammlungsräume, Theater, Konzerthallen, Hörsäle usw., für Fabriken und Schulen angewendet.

β) Berechnung der Anlagen.

Um den Zusammenhang der Rechenverfahren nicht zu stören, sind die gesamten Berechnungen in den II. Bd., S. 91 u. f. verlegt worden. Zu bemerken wäre, daß als höchste äußere Temperaturen im allgemeinen anzunehmen sind:

+ 25° bis + 30° C., sofern der Luftwechsel sowohl im Sommer wie Winter voll erreicht werden soll (für Kühlanlagen + 35° C.), + 5° bis + 10° C., sofern die Lüftung nur während der Heizzeit gefordert wird.

Die niedrigste äußere Temperatur kann unbedenklich mit — 10° angenommen werden, da bei tieferen Außentemperaturen eine Einschränkung des Luftwechsels statthaft erscheint.

γ) Ausführung der Anlagen.

1. Reinigungsfähigkeit sämtlicher Teile.

Die wichtigste an eine einwandfreie Lüftungsanlage zu stellende Forderung ist: Reinigungsfähigkeit in allen Teilen. Es ist zuzugeben, daß die Erfüllung dieser Bestimmung in technischer Hinsicht manche und wesentliche Erschwernisse bringt. Bedenkt man aber, daß nicht reinigungsfähige Teile

- α) schon nach kurzer Zeit stark verschmutzen,
- β) dieser Zustand Jahre und Jahrzehnte fortbesteht,
- γ) durch die ungereinigten Teile sämtliche den Menschen zuzuführende Luft streichen muß,

so erkennt man die unbedingte Notwendigkeit dieser, aus hygienischen Gründen zu fordernden Maßnahme. Allerdings werden sich Architekten und Ingenieure mehr als bisher mit dem Ersinnen neuer Ausführungsformen, die die Erfüllung der genannten Bedingung möglich machen, beschäftigen müssen. Aus meiner gutachtlichen Praxis kann ich anführen, daß es mir — freilich unter verständnisvoller und wohlwollender Mitarbeit der Bauleiter — stets gelungen ist, auch bei den umfangreichsten Lüftungsanlagen, die gewünschte Reinigungsfähigkeit zu erreichen. Zu bemerken ist noch, daß eine derartige Reinigung nicht alle Tage vorgenommen zu werden braucht, sondern daß es z. B. für die Kanalanlage genügt, sämtliche Teile etwa innerhalb Jahresfrist einmal gründlich zu säubern. Es muß festgestellt werden, daß bei vielen heute bestehenden Anlagen die Durchführung dieser grundsätzlich zu fordernden Reinhaltung vollkommen unmöglich erscheint. Gerade hierin muß die neuere Entwicklung der Lüftungstechnik unbedingt Wandel schaffen.

2. Die Zuluftanlage.

a) Entnahme der Luft.

Die Entnahme der frischen Luft hat an einer vor Wind, Staub, Rauch und Ruß geschützten Stelle mit lotrechten und nicht wagerechten Einfallöffnungen zu erfolgen. Die Schöpfstelle braucht nicht unmittelbar über Erdboden zu liegen, sondern kann sich auch in beliebiger Gebäudehöhe befinden. Bei der neuzeitigen gedrängten Bauweise kann die Entnahme der Luft vom Dach nötig sein. Bei Anlagen mit sehr geringen Antriebskräften erweist es sich manchmal zweckmäßig, zwei in entgegengesetzter Richtung liegende Entnahmestellen anzuordnen, um die Einflüsse des Windes ausschalten zu können. Im allgemeinen ist darauf zu achten, vom Beginn der Anlagen möglichste Einfachheit und Übersichtlichkeit zu fordern, wodurch gleichzeitig auch leicht zu erfüllende Betriebsbedingungen geschaffen werden. Besser als die Anordnung mehrerer Luftentnahmestellen samt den dazugehörigen verwickelten Kanalführungen und Umstellklappen ist eine unter allen Umständen gutwirkende Reinigung der Luft.

Die Entnahmestelle ist zum Fernhalten von Blättern, Tieren usw. mit einem nicht zu weiten Gitterwerk zu versehen. Kurz hinter der Entnahmestelle soll eine Verschlußvorrichtung vorgesehen werden, die bei Betriebsunterbrechungen zu schließen ist, damit die Anlage während dieser Zeit nicht von außen her verstaubt. Zum Regeln soll die Verschlußvorrichtung nicht benutzt werden, da hierdurch die Luftverteilung gestört und unter Umständen ein Umschlagen der Kanäle herbeigeführt werden kann.

b) Reinigen der Luft.

Da der Staub eine wesentliche Verschlechterung der Luftverhältnisse herbeiführt (s. S. 134) ist es nötig, die den Räumen zuzuführende Luft möglichst staubfrei zu gestalten. Hierzu dienen die nachstehend beschriebenen Einrichtungen.

α) Staubkammern.

Staubkammern sind Erweiterungen des Luftweges zu großen Räumen derart, daß die Luft eine möglichst kleine Geschwindigkeit annimmt. Infolgedessen setzen sich die schwereren Verunreinigungen ab. Der Widerstand einer

solchen Kammer ist gering, jedoch ist darauf zu achten, daß infolge der meist plötzlichen Querschnittsänderungen die volle Geschwindigkeitshöhe verlorengeht. Staubkammern müssen derartig ausgebildet sein, daß in ihnen nicht etwa eine Verschlechterung der Luft eintritt. Deshalb sollen die Wände, die Decke und der Fußboden mit Fliesen oder Wandplatten versehen sein oder einen ganz glatten, harten Anstrich erhalten. Bewährt hat sich — allerdings nur bei vollkommen trockenem Mauerwerk — folgende Ausführungsart: putzen, filzen, mit Gipsölmischung abglätten, mehrfach mit Ölfarbe streichen, lackieren. Derartig behandelte Flächen können mit feuchten Tüchern ausreichend gesäubert werden. Werden die Wände dauernd mit Wasser in Berührung gebracht, so ist Fliesenbelag und ähnliches zu empfehlen.

Selbstverständlich muß die Staubkammer gegen das Eintreten von Grundwasser und Grundluft gesichert sein und darf zu nichts anderem, also auch nicht zu Durchgangszwecken benutzt werden. Die Kammern sind hell, begehbar, mühelos zugänglich, aber doch so anzuordnen, daß sie dem gewöhnlichen Verkehr entzogen sind und daher nicht als Vorrats- oder Gerätschaftsräume usw. benutzt werden können. Staubkammern können naturgemäß nur die groben, aber nicht die feinen Staubteilchen aus der Luft entfernen.

β) Streifilter (Staubfänger).

Streifilter sollen der vorüberstreifenden Luft Staub entziehen, aber möglichst wenig Widerstand bieten. Sie werden fast nur bei „Auftriebslüftungen“ benutzt; die Wirkung ist verhältnismäßig gering. Die Filter bestehen aus sehr rauhen Stoffen, die nach Maßgabe der Abb. 238, 239 auf Rahmen gespannt werden.

γ) Durchgangsfilter.

Bei allen Durchgangsfiltern wird die Luft gezwungen, durch die Filter hindurchzugehen, wobei sie eine weitgehende Reinigung erfährt. Die Wirkung eines Filters ist stets in zweifacher Hinsicht zu beurteilen:

1. Reinigungsfähigkeit,
2. Druckverlust.

Hierbei ist zu beachten, daß diese Eigenschaften gegenläufig sind, also gut reinigende Filter auch erhebliche Druckverluste aufweisen. In letzterer Hinsicht enthält Bd. II, S. 85, mehrere zur Berechnung der Anlagen erforderliche Angaben.

Stoff-Rahmenfilter. Die Filterstoffe, die in verschiedenen Rauheiten und Durchlässigkeitsgraden vorrätig sind, werden auf Rahmen gespannt (Abb. 240) oder, z. B. bei Watte, zwischen dünnen lotrecht, stehenden Metallnetzen eingelagert. Die Reinigung der Filter erfolgt durch Abklopfen oder besser durch Staubsauger (Anschluß im Luftweg gerechnet, vor dem Filter). Die gute Zugänglichkeit aller Teile, auch bei hohen Filtern ist wichtig, die Tücher sollen leicht abnehmbar sein. Am zweckmäßigsten wird die gründliche Reinigung im Pauschatsatz der liefernden Firma übertragen, in welchem Falle naturgemäß zwei Filterstoffsätze nötig werden. Zu empfehlen ist die dauernde Beobachtung des Filterwiderstandes, wobei die Reinigung des Filters jedesmal veranlaßt wird, wenn der Druckverlust einen vorher bestimmten Wert erreicht hat.

Taschenfilter. Beliebte sind die sog. Taschenfilter (Abb. 241), da sie eine sehr große Filterfläche bei geringer Platzbeanspruchung aufweisen. Die Rahmen sollen

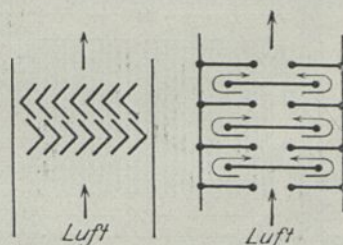


Abb. 238.

Abb. 239.

Streifilter.

einzelnen auswechselbar, die Filter jedes Rahmens leicht abnehmbar und die ganze Anordnung in allen Teilen gut reinigungsfähig sein.

Koks-, Holz-, Steinfilter usw. Man kann auch Koks, Holzwolle, Torfstreu zwischen Drahtnetze¹⁾ legen und die dadurch entstehenden Filterkästen nach

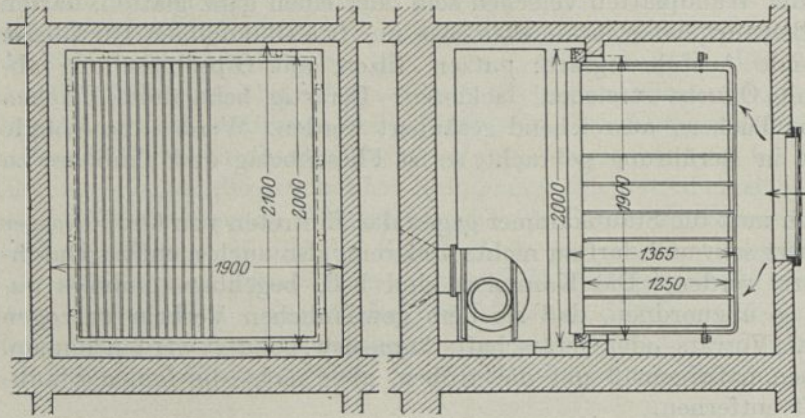


Abb. 240. Luftfilteranordnung.
(K. Th. Möller, G. m. b. H., Brackwede.)

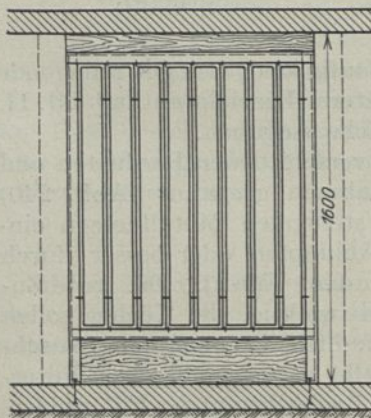
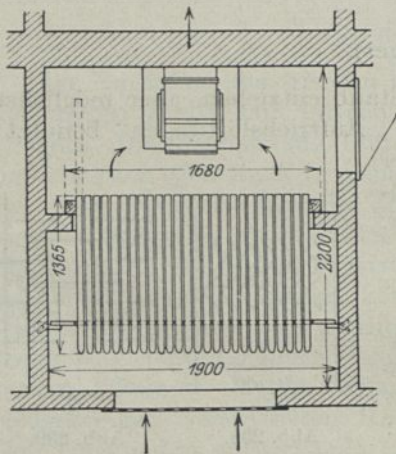


Abb. 241. Taschenfilter.
(X. Haberl, Berlin.)

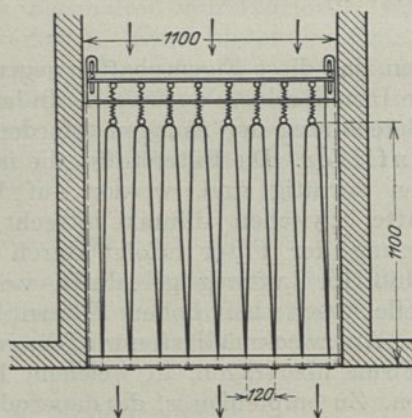


Abb. 242 anordnen. Die Verwendung der erwähnten Stoffe hat den großen Nachteil, daß kleine und kleinste Teile (z. B. Koksabfälle) ausgeschieden werden, die dann in die Lüftungsanlage gelangen und eine Verschmutzung der Einrichtungen herbeiführen. Man sollte daher die Ausführung der-

artiger Filter, die oft eine zusätzliche Wasserberieselung erhalten, aufgeben. Besser ist die Verwendung entsprechend gekörnten Flußschotter, der infolge der langen Wasserabschleifung eine glatte, vollkommen saubere Fläche aufweist. Auf eine derartige in der Versuchsanstalt benutzten Anordnung wird bei Abb. 244 zurückzukommen sein.

Luftwäscher. Es ist nicht zu bestreiten, daß Luftwäscher in der Lage sind, Verunreinigungen aus der Luft in mehr oder weniger vollkommener Weise auszuwaschen, jedoch liegen abschließende Untersuchungen hierüber nicht vor. Die Luftwäscher werden in verschiedenen Formen ausge-

führt, wovon die einfachsten die

Streudüsen

Abb. 243 sind. Die

Wasserstrahlen werden entweder zu Wasserscheitern vereinigt, durch die die Luft hindurchzieht, oder es werden durch die Streudüsen Filter besprüht oder schließlich Wände befeuchtet, an denen die Luft ent-

¹⁾ Die Deutsche Luftfilter-Baugesellschaft, Breslau, benutzt mit Viscinol benetzte Hohlkörper, die zwischen Gitterflächen lagern.

lang streicht. Die ziemlich klein bemessenen Düsen haben den Nachteil, daß sie sich leicht zusetzen; sie müssen daher reinigungsfähig bzw. auswechselbar sein. Die Berieselung der Waschflächen (z. B. schneckenförmig gebogenen) kann auch ohne Benutzung von Streudüsen erfolgen.

Das in Abb. 244 dargestellte Kiesfilter zeigt die in der Versuchsanstalt verwendete Einrichtung. Man erkennt verschiedene Abteilungen, deren jede ein Sprührohr *S* und eine Wasserableitung *A* (Blechrinne) aufweist. Die Verteilung der Streudüsen ist derart bemessen, daß alle Sprührohre gleichmäßig

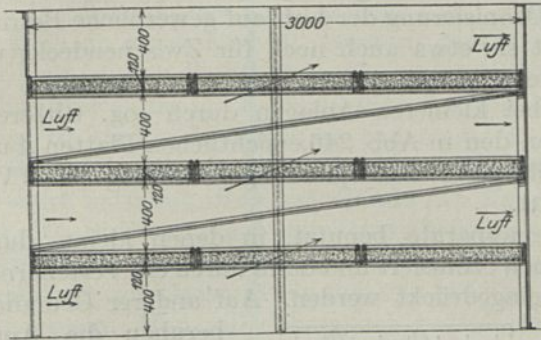


Abb. 242. Luftfilter mit Koks-, Holzwolle-, Kies- oder Torffüllung.

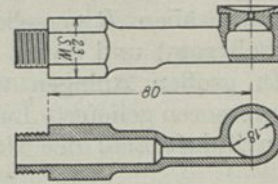


Abb. 243. Streudüse.
(Rud. Otto Meyer, Hamburg.)

Wasser erhalten. Die Öffnungen der (nachher) im Vollbad verzinkten Rohre kann ziemlich weit gehalten werden, so daß ein Zusetzen nicht zu befürchten ist. Aus der mit vier solchen Filtern versehenen Kammer werden in größeren Zeitabständen die ausgewaschenen (erheblichen) Schmutzmengen entfernt. Die Anordnung dient

in der Versuchsanstalt nicht nur zur Reinigung, sondern auch zur Befeuchtung bzw. Trocknung und Kühlung der Luft, wobei zu bemerken ist, daß wir die Kühlung der Luft, auch unter ungünstigsten Verhältnissen, bis auf rund 2° C. über Wassertemperatur erzwingen. Der Widerstand der Filter

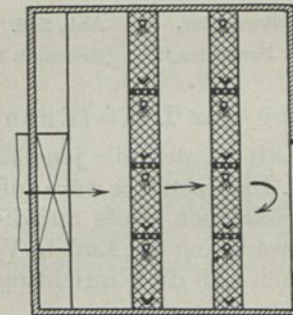
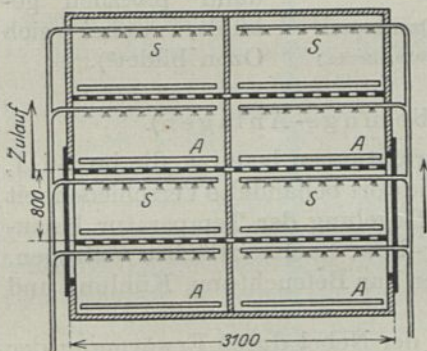
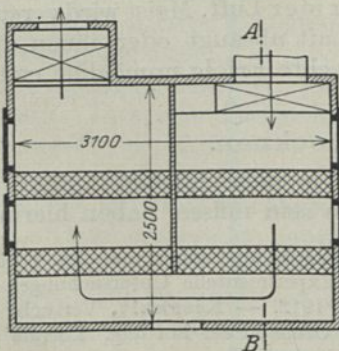


Abb. 244. Luftwäscher und Kühler der Versuchsanstalt.



ist stark abhängig von der Korngröße der Steine und wächst, wenn das Filter mit Wasser berieselt wird. (S. Bd. II, S. 85.)

In Amerika werden die Vorrichtungen zum Heizen, Waschen, Befeuchten und Trocknen der Luft in eine Gruppe zusammengefaßt. Abb. 245 zeigt schematisch eine solche Anordnung, in der *A* den Vorwärmeheizkörper, *B* die Sprühvorrichtung, *C* den Tropfenabscheider und *D* den Ventilator bedeutet. Ein Nachwärmeheizkörper sitzt (hier unsichtbar) im Druckrohr des Ventilators.

c) Ozonisieren der Luft.

Während früher die Meinungen über die Anwendung der Ozonisierung der Luft geteilt waren¹⁾, ist jetzt eine Klärung der Anschauungen eingetreten. Zunächst ist festzustellen, daß die Ozonisierung eines Raumes niemals dessen Lüftung ersetzen kann. Ferner hat sich ergeben, daß die Zuführung von Ozon in die zur Lüftung der Räume bestimmten Luftmengen unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht erforderlich ist und sogar unangenehme Einflüsse (Augenbrennen, Kopfschmerz usw.) hervorrufen kann. Man hat daher die Ozonisierung der Luft auf gewerbliche Betriebe (Schlachthöfe) beschränkt und wendet sie etwa auch noch für Zwischendecks von Auswandererschiffen, für Obdachheime usw. an.

Die Erzeugung von Ozon wird bei kleineren Anlagen durch sog. Gittereinrichtungen bewirkt, bei denen zwischen den in Abb. 246 ersichtlichen Platten *A* und den mit Stäben *B* versehenen Glasröhren *C* Hochspannungsentladung (8000 Volt Wechselstrom) und damit Ozon auftritt.

In großen Anlagen werden Zellenapparate benutzt, in denen kleine, durch Kompressoren gelieferte Luftmengen hoch ozonisiert und dann durch ein Verteilernetz in den Zuluftkanal der Hauptanlage eingedrückt werden. Auf anderer Grundlage

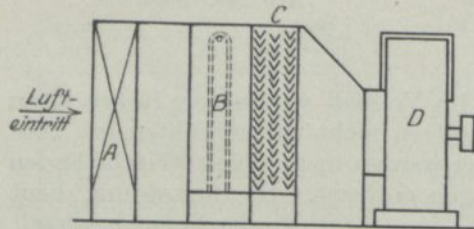


Abb. 245. Amerikanischer Luftwäscher.
(Warren, Webstern & Co., Cambden New Jersey.)

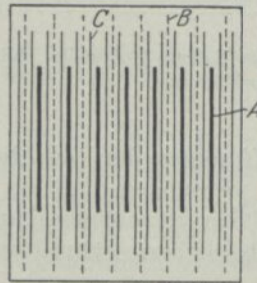


Abb. 246. Ozonisator.
(Siemens & Halske, Berlin.)

beruhen die Apparate der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin. Es wird Luft, die sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegt, hoch erhitzt (1400 bis 2000°) und dann plötzlich gekühlt, wobei sich Ozon bildet²⁾.

d) Erwärmung der Luft (Entnebelungs-Anlagen).

Zur Erwärmung der Luft werden alle jene Einrichtungen benutzt, die im Bd. I, S. 102 u. f. beschrieben sind. Insbesondere wäre auf die dort behandelte Verschiedenheit der Dampf- und Wasserheizflächen sowie auf die Regelung der Temperatur hinzuweisen. Öfters wird die Erwärmung der Luft in Vor- bzw. Nachheizflächen vollzogen, die örtlich getrennt, zwischen sich die Einrichtungen zur Befeuchtung, Kühlung und Trocknung aufnehmen.

Weist die Luft Nebelbildung auf, so läßt sich der Nebel durch Erwärmung der Luft bis über den Taupunkt des Wassers entfernen. Entnebelungsanlagen bedürfen daher, was sehr oft übersehen wird, der Einführung warmer Luft. Meist wird versucht, Räume dadurch zu entnebeln, daß man aus ihnen Luft absaugt oder ihnen durch Fensterlüfter Außenluft zuführt, wodurch der gewünschte Erfolg unmöglich erreicht werden kann.

e) Befeuchten, Kühlen, Trocknen.

Während früher die Anschauung herrschte, daß in menschlichen Aufenthaltsräumen 50—60 vH. relative Feuchtigkeit vorhanden sein müsse, haben hierin die

¹⁾ Lubbert, Über die Gesundheitsschädlichkeit der Luft bewohnter Räume und ihre Verbesserung durch Ozon. Ges.-Ing. 1907. — Erlander u. Schwarz, Experimentelle Untersuchungen über Luftverbesserung. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1912. — Kisskalt, Versuche über Desodorierung. Ebenda 1912. — Konrich, Zur Verwendung des Ozons in der Lüftung. Ebenda 1913.

²⁾ Berlowitz, Weyls Handbuch der Hygiene. Bd. IV. Leipzig 1913.

Untersuchungen Flügges und seiner Mitarbeiter Wandel geschaffen. Man weiß heute, daß der Aufenthalt in Räumen mit trockener Luft gesünder ist, als wenn zu hohe Feuchtigkeitsgrade herrschen. Auch pflanzen sich im letzteren Falle die Erreger der Lungenerkrankungen leichter fort. Es kann angenommen werden, daß — bei reiner Luft — 25 vH rel. Feuchtigkeit in den Räumen genügt und daß im ungünstigsten Falle und bei entsprechender Temperatur 60 bis 70 vH Wasserdampfgehalt noch gut ertragen wird.

Die Klagen über „zu trockene Luft“ sind, wie bereits erwähnt, meist nicht auf wirklich zu trockene Luft, sondern darauf zurückzuführen, daß die Staubteilchen der Luft an den Heizflächen versengt bzw. verbrannt werden. Hierdurch entstehen Schwelstoffe, die die Schleimhäute des Mundes und der Rachenhöhle reizen. Allerdings ist hierbei folgendes zu bedenken. In Räumen, die ständig geheizt werden, findet infolge der auftretenden Druckverhältnisse dauernd Lüftung statt. Diese trocknet natürlich die Gegenstände des Raumes (Bilder, Möbel usw.), auch Blumen aus. Da in Wohnungen mit Zentralheizung meist alle Zimmer vom Herbst bis zum Frühling ununterbrochen und oft zu hoch geheizt werden, tritt die erwähnte Austrocknung der Gegenstände mehr in solchen Wohnungen als in Räumen mit Ofenheizung ein. Man soll daher auch bei Zentralheizungen einzelne Zimmer vernünftig kühl halten und in ihnen zeitweise (nachts) die Heizung völlig abstellen. Noch schärfer zeigen sich die Zustände der Austrocknung in Räumen, die kräftig gelüftet werden. Für solche kann daher die Befeuchtung der Luft erforderlich sein (gewerbliche Betriebe verschiedener Art).

Für Textilfabriken erweist sich eine kräftige Befeuchtung mit Rücksicht auf die Eigenschaften der zu bearbeitenden Stoffe meist als nötig.

In Gemäldegalerien, Möbelausstellungen usw. wird mit Rücksicht auf die mit der Lüftung verbundene Austrocknung in der Regel auf Lüftungsanlagen verzichtet.

Die **örtlichen Befeuchter** bestehen meist aus wassergefüllten Verdunstungsgefäßen, die auf die Heizkörper gesetzt oder in anderer Weise an ihnen befestigt werden. Abgesehen davon, daß die so erzielbare Befeuchtung nur sehr gering ist, sind solche Gefäße an sich durchaus verwerflich. Sie dienen meist zur Aufbewahrung von Asche, Papierschnitzeln, Zigarrenenden usw. und verstoßen gegen die hygienisch wichtigste Forderung der Reinlichkeit. Auch die große Zahl anderer, ähnlich wirkender Befeuchter ist gleichartig zu beurteilen.

Ein neuerer Befeuchter ist in Abb. 247 dargestellt. Er wird meist zu medizinischen Zwecken (Zerstäubung verschiedener Flüssigkeiten) verwendet und manchmal auch für Lüftungsanlagen benutzt. Ein auf einem entsprechend gebauten Untersatz *U* aufgesetzter Elektromotor *M* bringt eine tellerförmige Platte *P* und ein kleines Schleuderrad *S* in schnelle Drehbewegung. Durch letzteres wird Flüssigkeit aus dem Behälter *B* auf die Platte *P* gehoben und dort aufgegossen. Die Flüssigkeitsteilchen zerstäuben, indem sie von der Platte gegen den Lamellenring *L* geschleudert werden. Die Luft wird durch den kleinen Ventilator *V* angesaugt, und mit den Flüssigkeitsteilchen innig vermischt, in den Raum geblasen.

Die **Zentralbefeuchter** werden an geeigneten Stellen in den Hauptluftweg eingebaut. In vielen Fällen findet man in den Heizkammern dampfgeheizte Verdunstungsschalen (Abb. 248). Alle Einrichtungen, die auf den Seiten 150, 151 beim „Waschen“ der Luft besprochen wurden, können auch zur Befeuchtung dienen. Hinsichtlich der dort erwähnten Kiesfilter ist zu bemerken, daß sich mit ihnen bei jeder Lufttemperatur eine nahezu vollkommene Sättigung der Luft mit Wasserdampf erreichen läßt, wobei nur die Anzahl der Filterrohre sowie die Wassermenge und die Temperatur entsprechend einzustellen ist.

Die Zentralbefeuchter können auch zur **Kühlung und Trocknung** der Luft Verwendung finden. Hierbei ist zu beachten, daß im Sommer der Hauptwert

nicht auf kalte, sondern auf trockene Luft zu legen ist. Aus diesem Grund sind die Luftverhältnisse vor Gewittern, wo die warme Luft mit Feuchtigkeit gesättigt

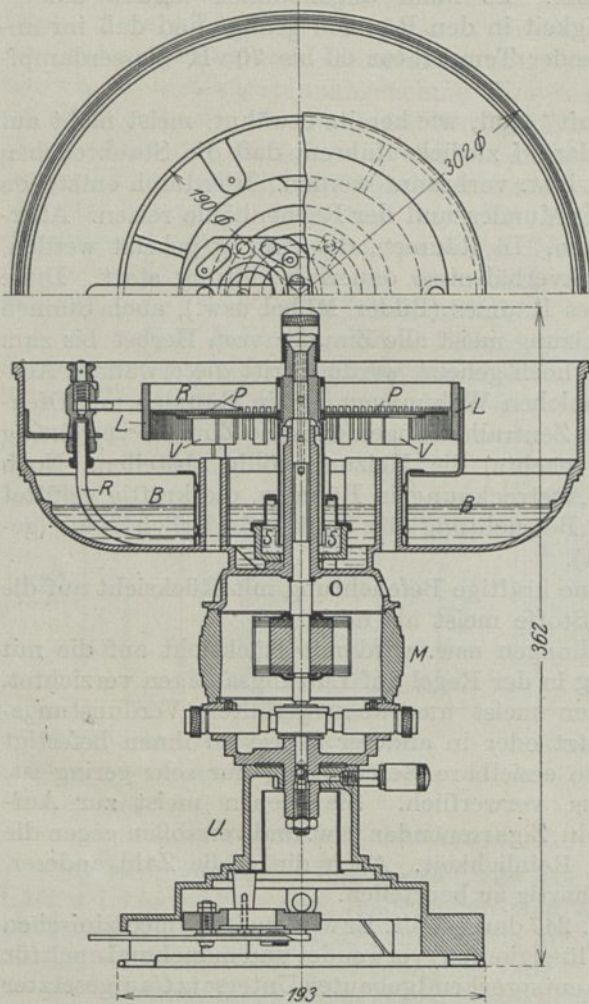


Abb. 247. Prötzerstäuber.

(Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.)

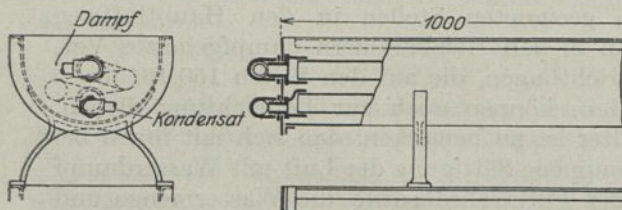


Abb. 248. Verdunstschale.

(Rietschel & Henneberg, Berlin.)

ist, besonders unangenehm. Die stärkste Entwärmung des Körpers erhält man durch die Schaffung trockener bewegter Luft, während die Temperatur mit Rücksicht auf die hohe Außenwärme, auf die sich der menschliche Körper eingestellt hat, nicht zu tief gehalten werden darf. Alle jene Anlagen, bei denen Kühlflüssigkeiten die Raumheizkörper durchströmen, können nicht als einwandfrei bezeichnet werden. Einerseits setzt sich an diesen Schweißwasser an und verunreinigt die Räume, andererseits genügt aber diese Wasserabscheidung nicht zur ausreichenden Lufttrocknung. Das Aufhängen feuchter Tücher im Sommer ist durchaus verfehlt, da hierdurch die Raumfeuchtigkeit nicht erniedrigt, sondern erhöht wird.

Die Trocknung der Luft durch chemische Mittel (Schwefelsäure, ungelöschten Kalk, Chlorkalzium usw.) ist für große Gebäudelüftungen ausgeschlossen, wenn sie auch für Sonderfälle immerhin in Betracht gezogen werden kann (Unterseeboote). Eine gute Lufttrocknung ist auf folgende Weise möglich. Man unterkühlt die Luft so tief, daß sie selbsttätig Wasser ausscheiden muß, und heizt sie nachher auf die richtige Einströmtemperatur nach. Mit den in Abb. 244 beschriebenen Einrichtungen, werden an heißen, schwülen Sommertagen aus rund 4000 cbm Luft stündlich 50 kg Wasser ausgeschieden. Als Kühlflüssigkeit wird dabei 10grädiges Wasserleitungswasser benutzt, so daß hier die Trocknung durch Wasser erfolgt. Sind Anlagen sehr umfangreich, dann werden bedeutende Wassermengen nötig, zu deren Beschaffung eigene Brunnen anzulegen sind.

f) Ventilatoren, Bläser, Lüfter.¹⁾

Bauart. Man unterscheidet: Schrauben- und Fliehkraft-(Zentrifugal-)lüfter. Die ersteren sollen die Luft in axialer Richtung fortschieben, schleudern aber erfahrungsgemäß dennoch teilweise senkrecht zur Achse, so daß in der Mitte Rückströmungen auftreten. Der Wirkungsgrad dieser Maschinen sinkt rasch mit zunehmendem Gegendruck, so daß sie in der Regel nur für geringe Leistungen Verwendung finden. In den meisten Fällen sitzen die mit unmittelbarem elektrischen Antrieb versehenen Lüfter, wie Abb. 249 zeigt, in Außenmauern bzw. Fenstern. Eine bemerkenswerte Ausführung von Schraubenlüftern stellt das Schlottergebläse (Abb. 250) dar, das Lauf- und Leitrad-schaufeln anwendet. Über die Prüfung einer derartigen Bauart ist in den Mitteilungen der Anstalt berichtet²⁾. Das Gebläse weist mancherlei Vorteile auf, ist jedoch für Lüftungsanlagen in Gebäuden, infolge des verursachten Geräusches nicht verwendbar.

Die Fliehkraftlüfter bedingen eine Ablenkung des Luftweges um 90°, wodurch ihr Einbau manchmal erschwert wird. Sie arbeiten bei richtiger Ausführung gut und können hohe Drücke erzeugen. Im allgemeinen wird man (in einer Stufe) nicht über 15 mm W.S. gehen, weil die Maschinen dann zu brummen anfangen.

Von den gangbaren Bauarten seien beispielsweise genannt: Der Meteor-Ventilator Abb. 251 (Gehäuse fortgelassen) mit vielen axial kurzen, radial langen

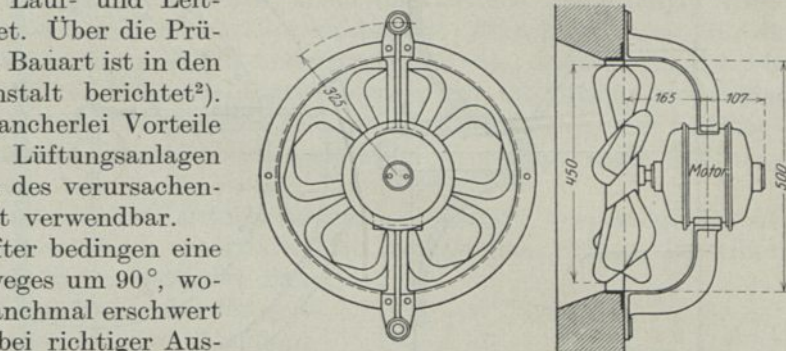


Abb. 249. Meteorventilator.
(Th. Fröhlich, Berlin.)

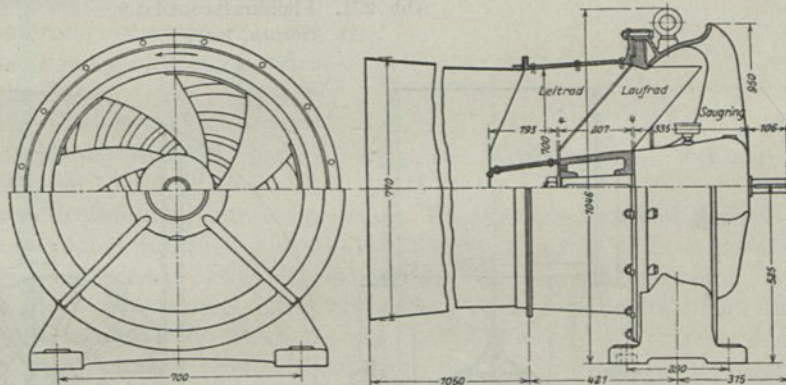


Abb. 250. Schlottergebläse.
(Siemens-Schuckert-Werke, Berlin.)

der Fliehkraftlüfter Abb. 252 der Siemens-Schuckert-Werke (hier als Doppelventilator, beiderseitig saugend, dargestellt), mit wenigen radial langen Schaufeln der Schiele-Ventilator, ähnlich der erstgenannten Bauart u. a.

Von wesentlicher Bedeutung für den Betrieb jedes Bläasers ist sein Kraftbedarf und die Veränderlichkeit dieses Wertes bei verschiedenen Betriebszuständen. Bei gegebener Leistung ist der Kraftbedarf einer Anlage abhängig von dem Wirkungsgrad, weshalb dessen Verlauf näher verfolgt werden soll. Trägt man auf der Abzissenachse Abb. 253 den Wert $A = c \frac{Q}{\sqrt{h}}$ und auf der Ordinatenachse den Wir-

¹⁾ Berlowitz hat im Ges.-Ing. 1921 S. 141 u. f. beachtenswerte Vorschläge für die Bezeichnung der Luftfördermaschinen gemacht.

²⁾ 18. Mitteilung der Anstalt. R. Oldenbourg, München-Berlin 1914.

kungsgrad η auf, so erhält man eine der wichtigsten Kennlinien der betreffenden Bauart. Es bedeutet:

Q die stündlich zu fördernde Luftmenge in cbm,

h den vom Bläser erzeugten Gesamtdruck in mm/WS (kg/qm),

c einen Beiwert,

A die „gleichwertige Düse“.

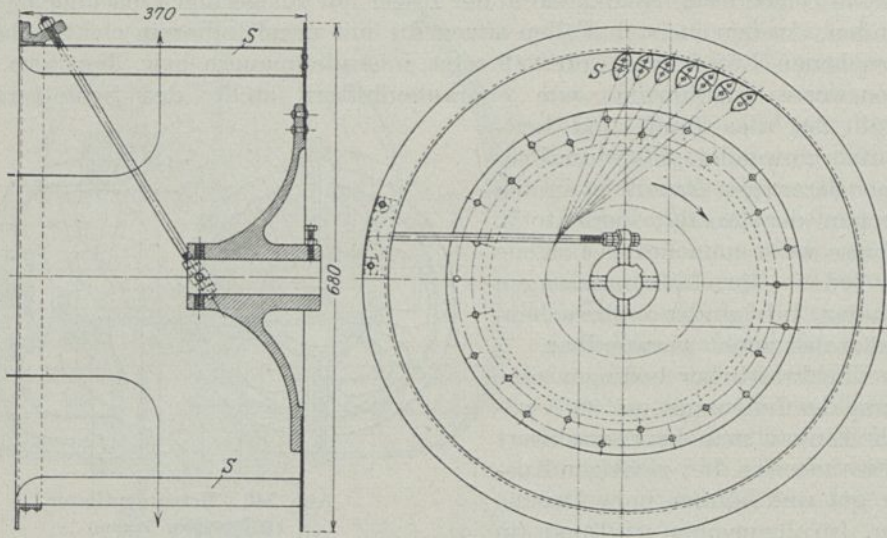


Abb. 251. Fliehkraftventilator.

(Th. Fröhlich, Berlin.)

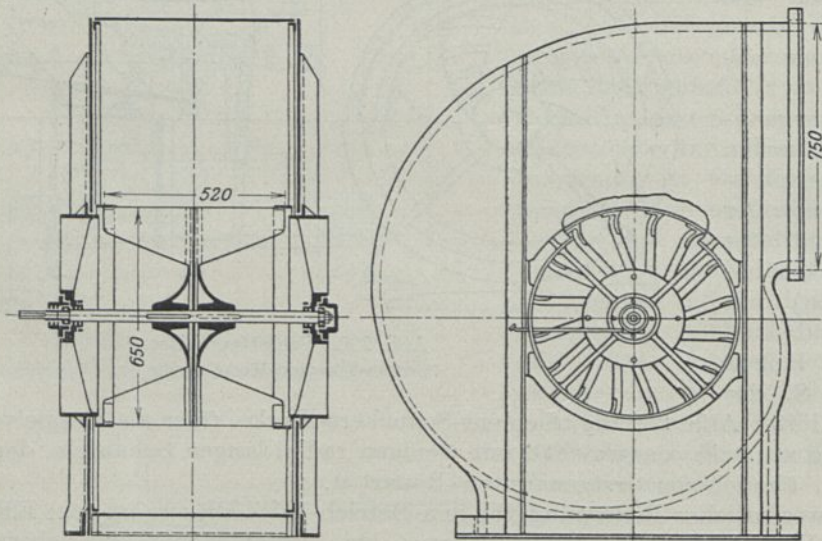


Abb. 252. Fliehkraftventilator.

(Siemens-Schuckert-Werke, Berlin.)

Hierbei ist folgendes zu beachten:

1. Bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit hat eine Prüfung des Wirkungsgrades für die in der Lüftungstechnik verwendeten Ventilatoren nicht stattgefunden, wobei allerdings zuzugeben ist, daß solche Untersuchungen auf ganz erhebliche Schwierigkeiten stießen. Erst nachdem der Verein Deutscher Ingenieure im Jahre 1912 „Regeln

für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren“ herausgegeben hat, ist die Prüfung von Bläsern auf eine allgemeine bindende Grundlage gestellt worden. Auch jetzt ist es naturgemäß unmöglich, alle in der Lüftungstechnik nötigen Bläser einzeln zu untersuchen, aber es kann eine Prüfung der gangbaren Typen wohl gefordert werden. Bläser für größere Leistungen sind jeweils einzeln zu untersuchen.

2. Es darf nicht Hauptzweck werden, die Bläser so zu bauen, daß sie für Reklamezwecke über einen ganz kleinen Bereich einen möglichst hohen Wirkungsgrad aufweisen. Im Gegenteil muß darnach getrachtet werden, Bauarten zu finden, die über ein möglichst weites Gebiet entsprechend hohe Wirkungsgradzahlen aufweisen.

3. Die Folge falscher Ventilatorbauarten, unrichtiger Bestellung, fehlender Überwachung bei der Abnahme und vor allem im Betriebe zeigt sich in Überschreitungen der jährlich vorgesehenen Betriebskosten. Manche Anlagen, für die ein Wirkungsgrad von 60 vH angeboten und zugesichert war, arbeiten im Betriebe mit 20 und weniger vH, wodurch die Betriebskosten auf das 3fache und höher steigen¹⁾. Die Folge davon ist eine Einschränkung oder Stilllegung des Lüftungsbetriebes, wodurch mehr Schaden entsteht, als wenn überhaupt keine Lüftungsanlagen vorhanden wäre.

Deshalb ist für neuzeitliche Lüftungsanlagen zu fordern: Sorgfältige Berechnung der im Betriebe tatsächlich zu erwartenden Verhältnisse, richtige Bestellung der Ventilatoren, Auswahl der passenden Bauart auf Grund der Kennlinien, die für jede Type einwandfrei festzustellen sind, Abnahmeprüfung der Anlage, Überwachung des Betriebes.

Antrieb und Regelung²⁾. Bläser werden meist durch Elektromotore angetrieben, die entweder unmittelbar gekuppelt sind oder Riemenübertragung besitzen. Die Vorteile ersteren Antriebes sind: Geringer Platzbedarf, Kühlung der Motoren durch die Luft, insbesondere bei doppelseitigem Ansaugen, keine

Nachspannung der Riemen, einfache Abnahmeprüfung. Dagegen kommt dem Riemenantrieb zugute: Verwendung gewöhnlicher schnell laufender Motore, leichter Ersatz der Antriebsmaschinen, geringere Geräuschübertragung, was wichtig erscheint, da oft die Motoren und nicht die Bläser Lärm machen. Ausschlaggebend für die Motorenwahl sind die im praktischen Betriebe der Lüftungsanlagen auftretenden großen Schwankungen, denen durch Drehzahländerung des Motors und nicht durch Drosselung der Luftmenge entsprochen werden soll. Im allgemeinen erweist es sich als nötig, 40 vH abwärts und 15 vH aufwärts zu regeln, was am besten beim Antrieb durch Gleichstrom-Nebenschlußmotoren zu erreichen ist. Bei Drehstrom empfiehlt sich die Anwendung von Kommutatormotoren, die ohne wesentliche Verluste in weiten Grenzen regelbar sind. In letzterer Zeit hat man mit Erfolg größere Bläser, insbesondere bei Luftheizanlagen durch Kolbendampfmaschinen oder Dampfturbinen angetrieben, wobei der Abdampf zur Luftherhitzung ausgenutzt wird. Steht ausreichende Wasserkraft zur Verfügung, so können die Bläser naturgemäß auch durch Wasserturbinen betrieben werden.

Aufstellungsort. Zwecks Verminderung der Geräuschübertragung ist es vorteilhaft, den Zuluftventilator im Sinne des Luftweges, vor die Heizkammern zu setzen. Die Anordnung der Bläser hinter der Heizkammer hat jedoch den Vorzug der guten

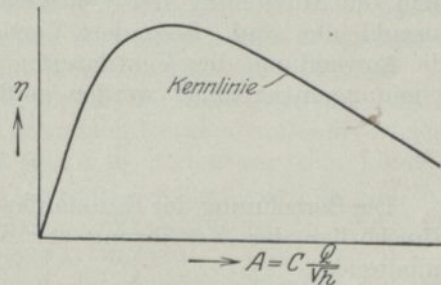


Abb. 253. Kennlinie eines Ventilators.

¹⁾ Brabbée-Berlowitz, Untersuchung an Lüftungsanlagen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1910.

²⁾ Siehe auch Hüttig, Die Zentrifugalventilatoren und Zentrifugalpumpen und ihre Antriebsmaschinen, Verlag Otto Spamer, Leipzig 1919.

Luftdurchmischung. Läßt man den Ventilator, wie dies vielfach geschieht, mit großer Geschwindigkeit in eine Kammer (Heizkammer, Druckkammer usw.) ausblasen, so geht hierbei eine volle Geschwindigkeitshöhe verloren. Man sollte in dieser Hinsicht mehr Wert auf die Anwendung von Übergangsstufen legen und plötzliche Querschnittsänderungen soweit als irgend möglich vermeiden. Bei der Aufstellung der Abluftventilatoren (Abluftsauger) ist sinngemäß das gleiche zu beachten.

Geräuschloser Betrieb. Von größter Wichtigkeit ist es, daß Bläser und Antriebsmaschinen an sich möglichst geräuschlos arbeiten. Auf keinen Fall dürfen störende Geräusche in den zu lüftenden Raum übertragen oder in anderen Räumen lästig werden. Als Mittel zur Erzielung geräuschlosen Arbeitens sind zu nennen: Sorgfältige Berücksichtigung dieser Forderung beim Bau der Ventilatoren (geringe Umfangsgeschwindigkeiten) und Antriebsmaschinen, etwa Riemenantrieb und damit Verlegung der Motoren in Nebenräume, Ersatz der bei großen Ausführungen manchmal vielfach mitschwingenden Blechgehäuse durch Betonausführungen, Trennung des Maschinenfundamentes von allen Bauteilen durch Zwischenlage besonderer Gewebeplatten oder Holzbalken, Anwendung federnder Schwingungsdämpfer. Die Kanalanlagen sollen durch Lederbälge oder dichte Segeltucheinsätze von den schwingenden Maschinenteilen getrennt, etwaig die dem Bläser nächsten Rohre mit dämpfenden Stoffen ausgekleidet werden. Wirksam ist manchmal auch die Aufstellung der Ventilatoren in Holzkästen, die mit dämpfenden Stoffen auszukleiden sind. Besondere Vorsicht hinsichtlich der Geräuschübertragung bedarf die Anwendung der Ventilatoren auf Dachböden, wobei auch mit Resonanzerscheinungen gerechnet werden muß.

g) Kanalanlage.

Die Berechnung der Kanalanlage ist in Bd. II, S. 91 zusammenfassend behandelt. Hinsichtlich der Ausführung der Kanäle ist an zwei Forderungen unbedingt festzuhalten:

1. Geringster Widerstand.
2. Gute Reinigungsfähigkeit.

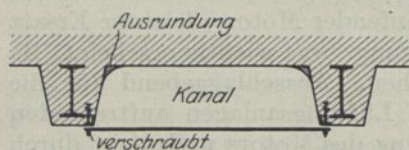


Abb. 254a.

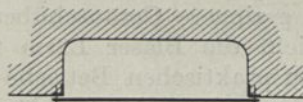


Abb. 254b.

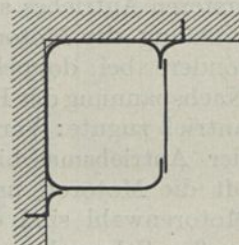


Abb. 254c.

Die Erfüllung der ersten Bedingung erfordert ein sorgfältiges Studium der Kanalanlage. Plötzliche Querschnittsänderungen und scharfwinklige Richtungsänderungen sind zu vermeiden, die unbedingt nötigen Übergänge müssen hinsichtlich Richtung und Querschnitt allmählich gestaltet werden. Übersichtliche und großzügig einfache Rohranordnung ist stets das Kennzeichen einer wohldurchdachten Anlage. Wie bereits erwähnt, ist die Reinigungsfähigkeit aller Teile aus hygienischen Rücksichten unter allen Umständen zu fordern. Dazu müssen die Kanäle zugänglich angeordnet und schon in ihrer Formgebung so gestaltet sein, daß Säuberung möglich ist (Abb. 254a bis c). Blechkanäle sollen innen und außen verzinkt und so verbunden werden, daß glatte Innenflächen entstehen. Noch besser ist die Ausführung in glasierten Tonrohren, falls deren Verbindung einwandfrei erfolgt. Auch Holzkanäle können unter Umständen befriedigen. Das Durchspülen bzw. Durchblasen der Leitungen ist zu vermeiden, da einerseits der fest anhaftende Staub nicht abgeht,

andererseits die Wasserrückstände das Zerstoren der Kanalanlagen begünstigen. Die Angabe, daß Kanäle, in denen verhältnismäßig hohe Luftgeschwindigkeiten herrschen, sich selbst reinigen, ist unzutreffend. Wagerechte Kanäle sollen begehbar, Fußbodenkanäle nur dann zulässig sein, wenn sie nach Entfernung der Deckplatten gut und sicher gesäubert werden können. Gerade auf diesem Gebiet lassen sich für jeden vorkommenden praktischen Fall einwandfreie Lösungen finden, wenn Architekten und Ingenieure die Angelegenheit mit genügendem Verständnis und gutem Willen bearbeiten.

Die Kanäle können Stellklappen erhalten, die bei der ersten Einregelung derart festzustellen sind, daß alle Kanäle die gewünschte Luftmenge fördern (Voreinstellung). Außerdem weisen in vielen Fällen die Ausmündungen der Zu- und Abluftkanäle örtliche Regelungsvorrichtungen auf.

h) Bewegung der Luft im Raum.

Die Lüftung des Raumes kann erfolgen:

- von unten nach oben,
- von oben nach unten,
- von oben nach oben.

Bei den verschiedenen Formen der in Frage kommenden Räume, den verschiedenartigen Bauausführungen und den immer wieder neu sich gestaltenden Aufgaben ist die Festlegung bestimmter Ausführungsarten nicht möglich. Dies um so weniger, als die Heizwirkung der Menschen und etwaiger Heizkörper, der Einfluß kalter Außenwände, das Mitreißen von Luft, das Öffnen von Türen nach Räumen anderen Druckes in jedem Falle andere Nebeneinflüsse auslösen, die von Bedeutung sein können. Hierbei sind der Tätigkeit des Ingenieurs vielerlei Grenzen gesetzt, so daß die Lüftung großer Räume als Aufgabe schwierigster Art — als Ingenieurkunst — bezeichnet werden muß. Im allgemeinen kann folgendes gesagt werden:

Die beste Art der Lüftung ist zweifelsohne jene, die an jeder Stelle der Luftverderbnis sofort frische Luft in gleicher Menge zuführen würde. Betrachtet man daraufhin z. B. ein Theater, einen Hörsaal usw., so würde es am zweckmäßigsten sein, jedem Anwesenden Frischluft zuzuleiten. Diese Erkenntnis führt unmittelbar zur Lüftung von unten. Gleichzeitig ist zu beachten, daß in jedem Raum die natürliche Luftbewegung von unten nach oben erfolgt, so daß eine gleichgerichtete Strömung den geringsten Anlaß zum Auftreten störender Nebenerscheinungen bietet. Damit wäre der Lüftung von „unten nach oben“ der Vorzug zu geben, wobei zu bemerken ist, daß diese Lüftungsart die kleinsten Luftmengen und geringsten Betriebskosten erfordert. In der Tat gelang es, auf diese Weise in dem Hörsaal der Versuchsanstalt Abb. 255 überraschend gute Wirkungen sowohl hinsichtlich der Heizung als auch der Lüftung und Kühlung zu erzielen. Es ist dort möglich, den Luftwechsel bis auf das 10fache des Rauminhaltes zu steigern, ohne daß lästige Zugerscheinungen bemerkt werden.

Damit soll nicht gesagt sein, daß die Lüftung von „unten nach oben“ für alle Anlagen die einzig richtige ist. Es wird im Gegenteil jeder Fall anders und immer abhängig von den jeweilig vorhandenen Verhältnissen beurteilt werden müssen. Stets aber wird es sich als zweckmäßig erweisen, Luft an möglichst vielen Stellen des Gebäudes zuzuführen und insbesondere bei hohen Gebäuden Zuluft auch in Mittellagen vorzusehen. Man sollte jedoch auf Grund der neueren Erfahrungen damit brechen, die Lüftung von „oben nach unten“ als die allein richtige anzusehen und diese Art der Luftbewegung in allen passenden und unpassenden Fällen (z. B. für Räume, in denen stark geraucht wird) anzuwenden. Freilich darf nicht verschwiegen werden, daß die Lüftung von „oben nach unten“ bzw. die Lüftung von „oben nach oben“

meist wesentlich geringere bauliche Schwierigkeiten verursacht wie die umgekehrte Luftführung, bei der hinsichtlich der Raumbeanspruchung erheblich weitgehendere

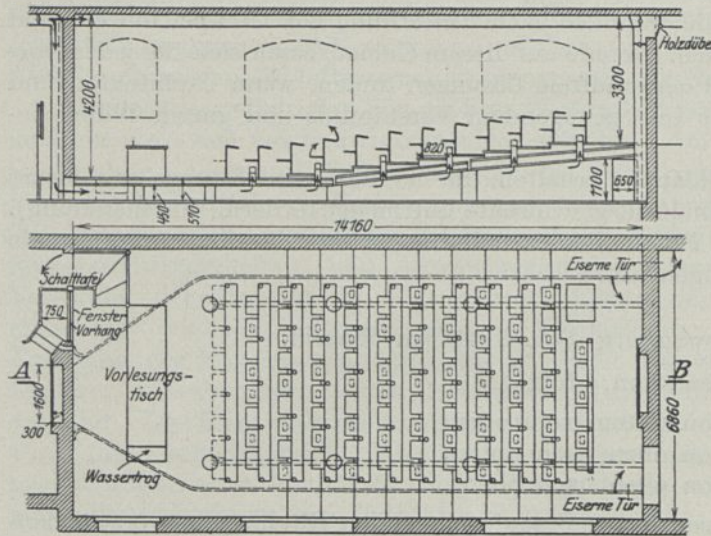


Abb. 255. Hörsaallüftung der Versuchsanstalt.

öffnungen erforderlich sein, die in Betrieb zu nehmen sind, wenn die gewünschten Raumtemperaturen erreicht sind. Für manche Anlagen, insbesondere dann, wenn sie verschiedener Benutzungsart zu dienen haben, kann die Verbindung mehrerer Arten der Raumlüftung nötig sein.

3. Abluftanlage.

Werden in einen dichten Raum erhebliche Luftmengen eingeführt, ohne daß Abzugsöffnungen vorhanden sind, so dringt die Luft in die Wände und Decken ein, wodurch diese einen nicht mehr zu beseitigenden Geruch annehmen. Bei sehr dichter Bauausführung ist im Grenzfall die Einführung bestimmter Zuluftmengen ohne Inanspruchnahme von Abluftanlagen unmöglich. Von der Ausführung der Abluftkanäle kann daher nur dann abgesehen werden, wenn die natürlichen Undichtheiten des Baues so groß sind, daß die zugeführten Luftmengen ohne weiteres Abfluß finden. Andererseits müssen alle Undichtigkeiten bei Räumen, in denen Überdruck erzielt werden soll, möglichst beseitigt werden.

Die Austrittsöffnungen aus dem Raum sind so anzulegen, daß die Luft nicht etwa kurzerhand aus den Zuluftkanälen in die Abluftanlage tritt. Die Geschwindigkeit der Luft in den Austrittsquerschnitten kann wesentlich höher als für die Zuluftöffnungen gewählt werden, sofern sich keine Menschen in der Nähe der Abluftöffnungen befinden. Die Grenze ist durch das bei zu großer Luftgeschwindigkeit eintretende Geräusch gegeben und wird etwa mit 1,0 m/sek. anzunehmen sein. Bezüglich der Kanalanlage gilt sinngemäß das gleiche wie für die Zuluft, auch hier sollen alle Teile der Anlage reinigungsfähig sein.

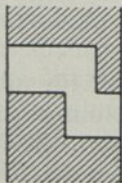


Abb. 256.

Wird die Abluft kurz durch eine Wand (z. B. auf den Flur) geführt, so werden häufig Z-Kanäle benutzt. Um sie reinigungsfähig zu machen, kann man sie nach Abb. 256 herstellen. Gegen eine solche Anordnung spricht die leichte Geräuschübertragung.

Die für die etwaige Erwärmung der Abluft erforderlichen Einrichtungen sind S. 142 behandelt, die Ventilatoren, die hier Exhaustoren (Sauger) genannt werden,

Forderungen gestellt werden müssen. Diese Umstände dürfen aber nicht dazu führen, Gebäude mit Einrichtungen zu versehen, die im Betriebe gesundheitliche Störungen verursachen und in mancher Hinsicht versagen.

Bei Luftheizungen kann es mit Rücksicht auf wärmewirtschaftliche Überlegungen manchmal zweckdienlich erscheinen, die Luft von unten zuzuführen und auch nach unten abzusaugen. Hierbei wird aber in den meisten Fällen auch die Ausführung oberer Abluft-

sind bereits auf S. 155 erörtert, so daß nur mehr die Sammlung und Hochführung der Kanäle über das Dach zu besprechen ist. Eine getrennte Führung der Abluftleitungen bis über Dach wird stets dann nötig sein, wenn ein etwaiges „Umschlagen“ der Kanäle sicher ausgeschlossen (Krankenhäuser), oder wenn jede Schallverbindung durch gemeinsame Leitungen (Gefängnisse) vermieden werden muß. Die Kanäle sollen dann auch, falls sie dicht nebeneinander liegen, nach verschiedenen Richtungen oder in verschiedener Höhe ausmünden.

Scheiden solche Fälle aus, so kann zunächst die gemeinsame Ausmündung der Kanäle in den Dachraum möglich sein, wobei dieser gut zu entlüften ist. Vorteilhaft erscheint dabei die unmittelbare Ausschaltung des Windeinflusses, nachteilig aber das Auftreten von Schweißwasser im Dachstuhlraum und daher die Schädigung der Balken, ferner die Brandgefahr. Aus letzteren Gründen ist die Ausmündung der Kanäle im Dachraum in manchen Städten (z. B. Berlin) untersagt. Man kann dann die einzelnen Abluftkanäle in einem feuerfesten Sammelkanal vereinen, der mit geringer Steigung anzulegen und besonders zu entlüften ist. Auf jeden Fall ist auch bei dieser Ausführung das „Umschlagen“ der Kanäle unmöglich zu machen. Bei Sauglüftungen kann die Abluft auch nach abwärts geführt und schließlich in einem gemeinsamen hohen Schlot nach außen entlassen werden, wobei die gewünschte Luftbewegung durch Erwärmung am Fuß des Schachtes oder durch Verwendung von Ventilatoren erzwungen wird.

Die Abluftkanäle erhalten manchmal, genau wie die Zuflutleitungen, zwei Klappen; die eine zur erstmaligen Einregelung der Gesamtanlage (Voreinstellung), die zweite zur jeweiligen Regelung der Abluft des betreffenden Raumes. Kann Wind auf die Abluftmündung ungünstig wirken, so schafft die doppelte Ausmündung (Wind- und Windabseite) Abhilfe.

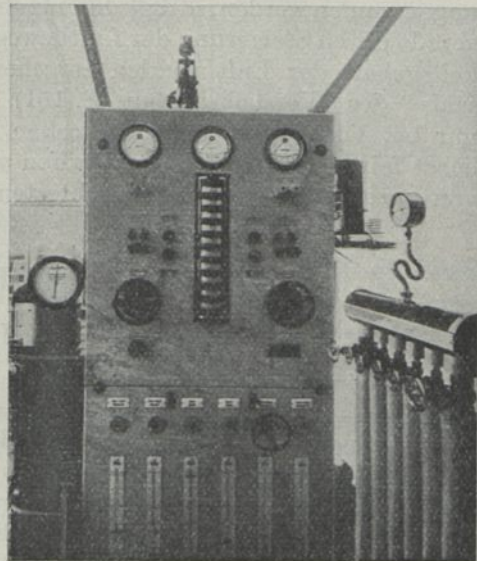


Abb. 257. Schalttafel der Lüftungsanlage des Hörsaales in der Versuchsanstalt.

4. Zentralbedienung.

Jede größere Lüftungsanlage wird versagen, wenn ihre Bedienung verfehlt ist. Man muß daher dafür sorgen, daß in einem Raum (Zentralbedienungsraum) folgende Einrichtungen zusammengefaßt werden:

- a) Die Fernstellvorrichtungen (Anlasser, Fernsteller für Klappen, Schiebern usw.).
- b) Die Apparate, welche die Wirkung der Fernstellung anzeigen (Fernthermometer, Zeiger der Klappenstellung usw.).
- c) Die nötigen elektrischen Einrichtungen (Amperemeter, Voltmeter, Sicherungen usw.).
- d) Die erforderlichen sonstigen Meßgeräte (Luftmengen- und Luftdruckmesser).
- e) Die Hauptventile der für die Lüftung erforderlichen Heizleitungen sowie manchmal die Hauptventile der Heizung selbst.

Als Beispiel sei in Abb. 257 die Schalttafel der bereits mehrfach erwähnten Lüftungsanlage des Hörsaals der Versuchsanstalt dargestellt.

4. Abschnitt.

Kühlung der Räume.

A. Allgemeines.

Um den Rahmen des vorliegenden Werkes nicht zu überschreiten, wird hier nur die Kühlung menschlicher Aufenthaltsräume besprochen. Wie bereits S. 152 erwähnt, handelt es sich dabei nicht nur um die Kühlung, sondern weit mehr um die Trocknung (Entfeuchtung) der Luft. Die höchste Außentemperatur kann in unseren Breiten mit 35°C im Schatten, die einzuhaltende Raumtemperatur mit 22 bis 23°C angesetzt werden, wobei eine relative Feuchtigkeit von 60 bis 70% nicht überschritten werden soll. Die Temperatur der in die Räume einströmenden Luft darf nicht zu niedrig angenommen werden, so daß die einzuführenden Luftmengen meist erheblich sind. Aber gerade durch Steigerung der Luftbewegung im Raum und durch geringen Feuchtigkeitsgehalt der Luft werden entscheidende Verbesserungen (s. Kühlung des Hörsaals der Versuchsanstalt S. 151) erzielt. Einwandfreie Verhältnisse können nur bei Vorhandensein einer großen Anzahl von Einströmöffnungen und bei möglichst fein verteilter Luft geschaffen werden, was bei der Anwendung der „Lüftung von unten nach oben“ am leichtesten zu erreichen ist (S. 159).

B. Kühlmittel.

I. Wände.

Die einfachste Kühlung erfolgt durch Offenhalten der Fenster bei Nacht, wobei die Wände auf gewisse Schichttiefen die Temperatur der Nachtluft annehmen. Sie wirken dann bei Tag in doppelter Hinsicht, und zwar zunächst als Schutz gegen die von außen eindringende und weiter als Aufnahmekörper für die im Raum entstehende Wärme, so daß nur ein Teil beider Wärmemengen zur Erhöhung der Raumtemperatur führt. Naturgemäß ist der Einfluß dieser Kühlung nur gering. Verstärkt wird die Wirkung, wenn die Luft während der Nacht etwa durch Bläser kräftig bewegt wird, so daß die Umfassungswände des Raumes sich bis in tiefere Schichten abkühlen. Eine noch bessere Einrichtung kann entstehen, wenn ausgedehnte Kellerräume vorhanden sind, die von Nachtluft durchstrichen werden (Zuhilfenahme von Ventilatoren).

Dabei kann man die wirksamen Mauer Massen solcher Räume durch Anordnung von Säulen usw. wesentlich vergrößern. Der Bläser bleibt dann auch bei Tag im Betrieb und führt die im Raum erwärmten Mauer Massen im Kreislauf immer wieder dem unterkühlten Kellermauerwerk zu. Selbstverständlich müssen die in Frage kommenden Kühlräume hygienisch einwandfrei sein. Ist die Temperatur der Kühlluft zu niedrig, so darf sie den Räumen während ihrer Benutzung nicht zugeführt werden, sondern es muß dann die Kühlung der den Raum umfassenden Flächen vor der Raumbenutzung geschehen. Hierbei ist es zweckmäßig die Wände möglichst in tiefer Schicht, nicht aber auf zu niedrige Temperatur zu unterkühlen, da sonst Zugerscheinungen entlang der kalten Wände zu befürchten sind.

Die Vorkühlung der Wände muß auch dann eintreten, wenn der für die Wegzuschaffende Wärmemenge erforderliche Luftwechsel so groß wird, daß eine zugfreie Lüftung nicht mehr erreicht werden kann. Stehen in solchen Fällen ausreichende Wandmassen nicht zur Verfügung, so ist die Erzielung angenehmer Aufenthaltsverhältnisse unmöglich.

112!
 hör! hör!
 innerer Lüftung
 für einen
 spankative!

II. Unterirdische Kanäle.

In einer gewissen Tiefe besitzt die Erdschicht eine im Sommer und Winter nahezu gleichmäßige Temperatur. Man könnte daher eine wirksame Abkühlung der zur Kühlung von Räumen erforderlichen Luft erzielen, wenn man sie durch in die Erde gelegte Kanäle leiten würde. Diese Anordnung ist infolge des Grundwassereinflusses meist nicht einwandfrei, die Kühlwirkung ist begrenzt, da der Boden sich infolge der durchstreichenden Luft erwärmt. Schließlich sind die Anlagekosten meist wesentlich zu hoch.

III. Kühlflüssigkeiten.

a) Mittelbare Berührung mit Luft (Kühlkörper).

α) Kühlkörper im Raum.

Wie bereits S. 154 erwähnt, werden die Anlagen oft derartig ausgeführt, daß durch die Raumheizkörper Kühlflüssigkeiten (z. B. Wasser) geleitet wird. Von solchen Einrichtungen ist abzuraten. Einesteils wird durch sie die wichtige Entfeuchtung der Raumluft nicht in genügender Weise erzielt, andererseits bildet sich an den Kühlkörpern Schwitzwasser, das in hygienischer und technischer Hinsicht höchst unerwünscht ist.

β) Kühlkörper außerhalb des Raumes.

Stellt man die Kühlkörper außerhalb des Raumes auf, so entfallen die zuletzt geäußerten Bedenken. Jedoch können auf diese Weise ausreichende Wirkungen nur bei Anwendung sehr großer und daher teurer Kühlkörper erreicht werden. Als Hilfsmittel kann Wasserleitungswasser, Brunnenwasser, Sole oder Eis in Frage kommen.

Wasserleitungswasser. Die Wirkung ist abhängig von der Wassertemperatur. Diese beträgt z. B. in Berlin 10 bis 12° C, in Wien 7 bis 8° C. Bedenkt man, daß die Luft, um genügend entfeuchtet zu werden, auf rund 12° C unterkühlt werden muß, so erkennt man, daß z. B. in Berlin für die Lösung der gleichen Aufgabe wesentlich größere Kühlflächen erforderlich werden als in Wien.

Brunnenwasser. Die Temperatur des Brunnenwassers ist z. B. in Berlin 10 bis 11° C, in Wien 14 bis 16° C. Es ist daher ersichtlich, daß z. B. in Wien durch Brunnenwasser keine ausreichenden Wirkungen erzielbar sind, es sei denn, daß dieses Wasser weiter unterkühlt wird.

Sole. Bei Anwendung von Sole können die Kühlflächen naturgemäß wesentlich kleiner sein, immerhin werden noch große Räume benötigt. Dazu tritt noch der Platzbedarf für die Kältemaschinen. Die Ausgaben für Anlage- und Betriebskosten sind hoch. Trotz dieser Schwierigkeiten wird man die Ausführung derartiger Anlagen wählen müssen, wenn alle anderen Mittel versagen und Kühlung unbedingt erforderlich erscheint.

Eiswasser. Verwendet man Eis zur unmittelbaren Luftkühlung, so kann das Eiswasser, das durch Kühlkörper geleitet wird, gleichzeitig noch zur mittelbaren Luftkühlung dienen.

b) Unmittelbare Berührung mit Luft.

Eis. Die Verwendung von Eis kann naturgemäß nur dann stattfinden, wenn Eis billig zu haben ist und eine nur seltene Kühlung der Räume zu erfolgen hat. Man bringt dann das Eis bei Auftriebslüftungen über den zu kühlenden Raum, wodurch sich eine im umgekehrten Sinne wirkende Schwerkraftlüftung einstellt. In den meisten Fällen ist Ventilatorenbetrieb erforderlich, bei dem die Eiskammer an günstiger

Stelle in den Luftweg eingeschaltet wird. Man baut hierfür am besten Holzgestelle, die das Eis aufnehmen und sorgt dafür, daß die Luft entsprechend der abschmelzenden Eismasse doch immer wieder in gewünschtem Maße mit dem Eise in Berührung kommt. Die Nachwärmung der Luft erfolgt entweder durch Mischung mit ungekühlter Luft oder durch besondere Heizflächen. Das letztere Verfahren ist teurer, aber es ermöglicht einfache und sichere Betriebsführung.

Wasser. Das Wasser wird in die Luft entweder durch Streudüsen eingespritzt, oder die Luft wird gezwungen, an mit Wasser berieselten Flächen vorbeizustreichen. In letzterem Falle kann man Steinfilter vorsehen, die vom Wasser berieselt werden und dann mit sehr großen Flächen auf die durchströmende Luft wirken. Eine solche Anordnung, die sich (bei geringem Raumbedarf) gut bewährt hat, ist im Hörsaal der Versuchsanstalt ausgeführt und auf S. 151 näher beschrieben. (Abb. 244.)

c) Berechnung und Ausführung der Anlage.

Die Berechnung der Kühlanlagen ist, soweit sie innerhalb der Grenzen des vorliegenden Werkes behandelt werden kann, im Bd. II, S. 104 besprochen. Auf die Ausführung der Kühlanlagen selbst ist hier nur so weit einzugehen, als Luftkanäle und Kühlkörper in Frage stehen. Die Kanäle und Kammern sind wie bei jeder anderen Lüftungsanlage herzustellen und müssen in jeder Beziehung hygienisch einwandfrei sein. Als Kühlkörper werden meist Rippenrohre benutzt, die einen entsprechenden Überzug zum Schutz gegen das Schwitzwasser erhalten. Die Flächen sind so anzuordnen, daß die Luft mit möglichst hoher Geschwindigkeit alle Teile bestreicht, wodurch kleinste Flächen und damit geringster Platzbedarf erzielt werden. Hinsichtlich der Kühlmaschinen muß besonders auf geräuschwachen Betrieb der Maschinen an sich und auf deren Anordnung derart geachtet werden, daß in den benutzten Räumen keine Störungen z. B. durch Resonanz auftreten. So selbstverständlich diese Forderung erscheint, so schwer ist es in vielen Fällen, ihr zu entsprechen. Manchmal mußten Kühlmaschinen völlig außer Betrieb gesetzt werden, weil die Geräuschbelästigung (z. B. in Sanatorien) unerträglich war.

Anhang.

Ministerialerlaß vom 10. Februar 1914¹⁾.

(J.-Nr. III. 420 B. M. d. ö. Ä. und III A. 11 087/13 M. f. H.)

„In den letzten Jahren sind mehrfach explosionsartige Zerstörungen von Niederdruck-Warmwasserheizkesseln mit offenen Ausdehnungsgefäßen dadurch hervorgerufen worden, daß sich in den Heizkesseln ein höherer Druck — zum Teil mit Dampfbildung verbunden — einstellte, als dem statischen Druck, für den die Anlage berechnet war, entsprach. Dieser Umstand kann schon dann eintreten, wenn das Ausdehnungsgefäß mangels genügenden Wärmeschutzes einfriert oder wenn seine Verbindung mit der Vorlaufleitung zu eng bemessen ist, so daß starke Drosselung in diesem Rohrstück eintritt. Bei gekuppelten Heizkesseln, die im Vor- oder Rücklauf oder in beiden Leitungen absperrbar eingerichtet werden, muß die Zerstörung des Heizkessels selbstverständlich dann eintreten, wenn die dem Kessel zugeführte Wärme infolge falscher Stellung der Absperrvorrichtungen nicht durch den Umlauf des Wassers abgeführt werden kann.

Die Warmwasserheizkessel sind seinerzeit von den Bestimmungen für Dampfkessel in Rücksicht auf den ihnen wegen der offenen Verbindung mit der Atmosphäre beigelegten Grad von Sicherheit ausgenommen worden. Dieselbe Annahme hat dazu geführt, sie bei der Festlegung der Begriffsbestimmung für Dampfkessel im § 1 der Bundesratsbekanntmachung vom 17. Dezember 1908 (RGBl. 1909, S. 3 ff.) als Gefäße, die „den Zweck haben“, Wasserdampf von höherer als der atmosphärischen Spannung zur Verwendung außerhalb des Dampfenwicklers zu erzeugen, von dem Geltungsbereich dieser Bestimmungen auszuschließen. Um so mehr muß Wert darauf gelegt werden, daß die Ausführung der Anlagen so erfolgt, daß ihre offene Verbindung mit der Atmosphäre unter allen Umständen gewährleistet wird, daß also nicht einzelne Teile der Rohrleitungen, die dem Zweck der offenen Verbindung mit der Atmosphäre dienen, verengt oder sogar vollständig abgesperrt werden können. Es muß daher, abgesehen von der Forderung hinreichenden Wärmeschutzes der Ausdehnungsgefäße, dafür gesorgt werden, daß die Steigeleitungen bis zum Ausdehnungsgefäß überall genügend weit bemessen, und daß — sofern in die Vor- und Rücklaufleitung oder in beide zwecks Ausschaltung der Heizkessel von gemeinsam mit ihnen betriebenen Kesseln Absperrvorrichtungen eingebaut werden —, Umgehungsleitungen von hinreichender Weite vorgesehen werden. Werden in diesen wiederum Absperrvorrichtungen angebracht, um die Ausschaltung der einzelnen Kessel zu ermöglichen, so müssen diese Absperrventile als Wechselventile in der Weise ausgebildet werden, daß bei ihrem Abschluß eine offene Verbindung mit der Atmosphäre hergestellt wird. Die Absperrvorrichtungen in den Hauptleitungen selbst als Wechselventile auszubilden, empfiehlt sich wegen der Wasserverluste bei Betätigung solcher großen Ventile nicht.

Für die lichten Durchmesser der zur Herstellung der offenen Verbindung von Kesseln mit der Atmosphäre dienenden Rohre sind in den allgemeinen polizeilichen Bestimmungen des Bundesrates über die Anlegung von Dampfkesseln bestimmte Forderungen gestellt, deren Übertragung auf Heizkesselanlagen deswegen nicht tunlich ist, weil diese Rohrweiten ohne Berücksichtigung der bei Dampfzumischung zum Wasser eintretenden erhöhten Strömungsgeschwindigkeit festgesetzt sind. Welche Weiten in Berücksichtigung dieses Umstandes und der Widerstände durch Richtungsänderungen notwendig sind, mußte für Heizkessel zunächst durch besondere Versuche ermittelt werden. Diese sind inzwischen, und zwar für offene Standrohre mit 6 Richtungsänderungen in den Strebelwerken in Mannheim,

¹⁾ Veröffentlicht im Ministerialblatt der Handels- und Gewerbeverwaltung, Berlin, vom 25. Februar 1914. S. 75.

für Umgehungsleitungen mit Wechselventilen in der Prüfungsanstalt für Heizungs- und Lüftungseinrichtungen der Kgl. Technischen Hochschule in Charlottenburg ausgeführt worden, letztere unter der Voraussetzung, daß durch das nach der Vorlaufleitung geschlossene, nach der Atmosphäre durch eine Rohrleitung von 15 m Länge geöffnete Wechselventil eine Drucksteigerung über den im System vorhandenen statischen Druck verhindert werden sollte.

Nach Maßgabe dieser Versuche müssen zur Vermeidung unzulässiger Drucksteigerungen in Niederdruck-Warmwasserheizanlagen nachstehende Forderungen berücksichtigt werden:

1. Jeder absperrbare oder nicht absperrbare Heizkessel ist mit dem Ausdehnungsgefäß durch mindestens eine nicht verschließbare Sicherheitsrohrleitung zu verbinden, deren lichter Durchmesser an keiner Stelle geringer als

$$d = 14,9 H 0,356 \quad (1)$$

sein darf; die Sicherheitsleitung darf auch ganz oder teilweise als Vorlaufleitung benutzt werden.

Hierin bedeuten

d den lichten Rohrdurchmesser in mm,

H die gesamte von den Heizgasen bespülte Kesselfläche (bei Gliederkesseln auch einschließlich Rippen- und Rostheizfläche) in qm.

2. Sind Heizkessel im Vor- oder Rücklauf oder in beiden Leitungen absperrbar, so ist um jede Absperrvorrichtung eine Umgehungsleitung mit eingeschaltetem Wechselventil anzulegen, dessen Ausblaserrohr so enden muß, daß Personen durch austretende Dampf- und Wassergemische nicht gefährdet werden. Die Umgehungsleitungen sollen nicht länger als 3 m, die Ausblaseröhre nicht länger als 15 m sein, andernfalls sind die nachstehend angegebenen Lichtweiten zu vergrößern.

Die lichten Durchmesser der Umgehungs- und Ausblaseleitung sowie die entsprechenden Durchgangsquerschnitte der Wechselventile für Vorlaufleitungen dürfen nirgends geringer als

$$d = 13,8 H 0,435 \quad (2)$$

sein, worin d und H dieselbe Bedeutung wie in Ziffer 1 haben.

Für Rücklaufleitungen genügen Umgehungs- und Ausblaseleitungen sowie Wechselventile von nachstehenden Abmessungen:

Bei einer Kesselheizfläche bis zu	30 qm	von 25 mm
„ „ „ „	60 „	„ 34 „
„ „ „ „	100 „	„ 49 „

3. Die Sicherheitsleitung und das Ausdehnungsgefäß sind gegen Einfrieren durch genügend wirksame Maßnahmen zu schützen.

Die Formeln 1 und 2 ergeben folgende Werte:

Sicherheitsleitungen.

Kessel	bis	4 qm	Heizfläche	$d = 25$ mm
„	über	4 „	10 „	$d = 34$ „
„	„	10 „	15 „	$d = 39$ „
„	„	15 „	18 „	$d = 49$ „
„	„	28 „	42 „	$d = 57$ „
„	„	42 „	60 „	$d = 64$ „

Umgehungs- Ausblaseleitungen und die entsprechenden freien Querschnitte der Wechselventile.

Kessel	bis	4 qm	Heizfläche	$d = 25$ mm
„	über	4 „	8 „	$d = 34$ „
„	„	8 „	11 „	$d = 39$ „
„	„	11 „	18 „	$d = 49$ „
„	„	18 „	26 „	$d = 57$ „
„	„	26 „	34 „	$d = 64$ „
„	„	34 „	42 „	$d = 70$ „
„	„	42 „	50 „	$d = 76$ „
„	„	50 „	60 „	$d = 82$ „
„	„	60 „	70 „	$d = 88$ „
„	„	70 „	80 „	$d = 94$ „
„	„	80 „	95 „	$d = 100$ „

Besondere Aufmerksamkeit erfordert der Bau der Wechselventile, deren freie Durchgangsquerschnitte an keiner Stelle geringer sein dürfen, als den Querschnitten der zugehörigen Rohre entspricht.

Soweit die Zentralheizungs-Baufirmen im Verbands deutscher Zentralheizungs-Industrieller zusammengeschlossen sind, haben sie von vorstehenden Erfordernissen Kenntnis erhalten, da letztere im Benehmen mit ihnen aufgestellt wurden. Ob die Durchführung der Anforderungen durch einfache Bekanntmachung oder in einzelnen Fällen durch polizeiliche Verfügung zu sichern oder allgemein durch Polizeiverordnung zu fordern ist, überlassen wir Ihrem Ermessen. Sollte eine Abnahme der Anlagen erwünscht erscheinen, so dürfen nach Lage der Gesetzgebung besondere Abnahmegebühren dafür nicht erhoben werden, da die Prüfung der Rohrleitungen in sicherheitspolizeilicher Hinsicht nicht als eine baupolizeiliche Prüfung angesehen werden kann. Die Abnahme, die im übrigen auf die Feststellung der Rohrweiten zu beschränken, also sehr einfacher Art ist, ist vielmehr gebotenfalls bei Gelegenheit der Gebrauchsabnahme des Baues oder der Feuerstelle zu bewirken.“

J.-Nr. $\frac{\text{III. 2231 II. Ang. M. f. H.}}{\text{III. 1421 B. II. M. d. ö. A.}}$ Berlin,
den 8. Juli 1915.

Die Erfahrungen der Praxis und besonders angestellte Versuche, deren Ergebnisse demnächst in einem Beihefte zur Zeitschrift „Der Gesundheits-Ingenieur“ als „Arbeiten aus dem Heizungs- und Lüftungsfach“ durch den Professor Dr. Brabbée veröffentlicht werden, haben gezeigt, daß die in unserem Erlaß vom 10. Februar 1914 III. 11 087 M. f. H. III. 420 B. M. d. ö. A. für die Umgehungsleitungen und Wechselventile der Rücklaufleitungen von Warmwasserheizungen zugelassenen Abmessungen nicht genügen, um die im Kessel bei geschlossenen Absperrschiebern entwickelten Wärmemengen gefahrlos abzuführen. Es treten infolge Dampfbildung Wasserschläge auf, die zu einer Zertrümmerung der Vorlaufsammelleitung führen können. Dagegen haben Parallelversuche ergeben, daß bei Bemessung der Umgehungsleitungen im Rücklauf nach denselben Grundsätzen wie für den Vorlauf die genannten gefährlichen Erscheinungen aufhörten. Wegen der theoretischen Begründung für dieses verschiedene Verhalten der engeren und weiteren Umgehungsleitungen wird auf die erwähnte Veröffentlichung verwiesen. Den geringeren Abmessungen der Umgehungsleitungen für den Rücklauf wurde seinerzeit auf Anregung der Heizungsfirmen wesentlich deswegen zugestimmt, um bei bestehenden Anlagen die vielfach auftretenden räumlichen Schwierigkeiten bei Einbau größerer Wechselventile zu mildern. Angesichts der nach den Versuchen durch die engeren Leitungen entstehenden Gefahren kann diese Rücksicht jedoch nicht maßgebend bleiben; alsdann müssen vielmehr nötigenfalls die Absperrvorrichtungen gänzlich beseitigt werden.

Unter diesen Umständen und in Berücksichtigung der bei den erwähnten Versuchen gewonnenen Erfahrungen halten wir es für geboten, die Ziffer 2 des erwähnten Erlasses aufzuheben und durch folgende Bestimmungen zu ersetzen:

„2. Sind Heizkessel im Vor- oder Rücklauf oder in beiden Leitungen absperrbar, so ist um jede Absperrvorrichtung eine Umgehungsleitung mit eingeschaltetem Wechselventil anzulegen, dessen Ausblaserohr im Kesselhaus sichtbar so enden muß, daß Personen durch austretende Dampf- oder Wassergemische nicht gefährdet werden. Die Umgehungsleitungen sollen nicht länger als 3 m, die Ausblaserohre nicht länger als 15 m sein, andernfalls sind die nachstehend angegebenen Lichtweiten zu vergrößern. Wird zwischen dem Kessel und der Absperrung im Vorlauf eine nicht verschließbare Sicherheitsleitung, die in ihren Abmessungen der Formel 1 entspricht, angebracht, so ist die Umgehungsleitung nur im Rücklauf erforderlich.

Die lichten Durchmesser der Umgehungs- und Ausblaseleitung sowie die entsprechenden Durchgangsquerschnitte der Wechselventile dürfen nirgends geringer als $d = 13,8 H^{0,435}$ sein, worin d und H dieselbe Bedeutung wie in Ziffer 1 haben.

Die Vorlaufsammelleitung ist möglichst hoch, tunlichst nicht unter 500 mm über Kesseloberkante zu legen.

Können bei bestehenden Anlagen die Umgehungsleitungen der örtlichen Verhältnisse halber (auch etwa nur für den Rücklauf) nicht eingebaut werden, so sind alle Absperrvorrichtungen am Kessel zu entfernen.

Werden besondere Gruppen- oder Strangabsperungen außer den oder statt der Absperungen am Kessel eingebaut, so sind auch diese mit Umgehungsleitungen, Wechselventilen und Ausblaserohren in den nach Formel 2 zu berechnenden Abmessungen zu versehen, es sei denn, daß so viele Stränge unabsperbar bleiben, daß ihr Gesamtquerschnitt dem nach Formel 1 zu berechnenden freien Querschnitt der Sicherheitsrohre mindestens gleichkommt.

Andere als die nach Ziffer 1 und 2 zu fordernden Sicherheitsvorrichtungen können zugelassen werden, wenn ihre genügende Wirksamkeit durch Versuche vor den zuständigen Zentralbehörden nachgewiesen wird.“

Wir bemerken zum Schluß, daß Warmwasserbereitungen, deren Heizmittel (Dampf, Wasser) Temperaturen aufweist, die erheblich niedriger sind, als dem statischen Druck im Warmwasserbereiter entspricht, nicht unter die Bestimmungen dieses und des früheren Erlasses vom 10. Februar 1914 fallen. Es bleibt vorbehalten, dafür Sondervorschriften zu erlassen.

Warmwasserheizkessel zum Betriebe von Warmwasserbereitungsanlagen fallen unter die Erlasse.

Der Minister
der öffentlichen Arbeiten.
Im Auftrage: Dr. Thür.

Der Minister
für Handel und Gewerbe.
Im Auftrage: von Meyeren.

An alle Herren Regierungspräsidenten und den Herrn Polizeipräsidenten von Berlin.

Niederdruck-Warmwasserheizanlagen und Sicherheitsrohre für Niederdruck-Wasserheizkessel.

(Ministerialerlaß.)

Der Minister für Handel und Gewerbe.

III 756 M. f. H.
J.-Nr. III⁶ 82 FM.
II 9. 246 M. f. V.

Berlin W. 9, den 15. März 1921.
Leipzigerstraße 2.

Im Anschluß an die Erlasse vom 10. Februar 1914 (HMBL., S. 75) und vom 8. Juli 1915 (HMBL., S. 161) — betreffend Niederdruck-Warmwasserheizanlagen.

Der Verband der Zentralheizungsindustrie e. V. in Berlin hat eine hinsichtlich der Sicherheitsvorrichtungen von den bisher zugelassenen Ausführungen abweichende Niederdruck-Warmwasserheizanlage im Betriebe vorgeführt und durch angestellte Versuche den Nachweis erbracht, daß auch die im vorliegenden Falle getroffenen Anordnungen den sicherheitspolizeilichen Anforderungen genügen.

Gemäß Abs. 8 des letzten der eingangs genannten Erlasse können hiernach auch die in Rede stehenden Niederdruck-Warmwasserheizanlagen zugelassen werden, Sie müssen den nachstehenden Bestimmungen entsprechen:

Jeder unmittelbar geheizte Niederdruck-Warmwasserheizkessel ist durch zwei unabsperbare, miteinander nicht unmittelbar in Verbindung stehende Leitungen von mindestens 25 mm lichtem Durchmesser mit dem Ausdehnungsgefäß zu verbinden.

Der lichte Durchmesser der Sicherheitsausdehnungsleitung darf hierbei an keiner Stelle geringer sein als: I. $D = 15 + \sqrt{20 \cdot F}$ und der Sicherheitsrücklaufleitung an keiner Stelle geringer als: II. $d = 15 + \sqrt{10 \cdot F}$. In den Gleichungen bedeuten D und d die lichten Rohrweiten in Millimeter und F die gesamte von den Heizgasen bespülte Kesselfläche in Quadratmeter.

Übersteigt die Länge einer Leitung in der wagerechten Projektion gemessen das Maß von 20 m oder die Zahl der Richtungsänderungen die Zahl 8, so ist die lichte Weite beider Sicherheitsleitungen auf das nächstfolgende Handelsmaß zu erhöhen.

Das Ausdehnungsgefäß ist mit einem Deckel und einer unabsperbaren Entlüftungsleitung zu versehen. Die Entlüftungsleitung muß mindestens eine nach Gleichung 1 zu bemessende lichte Weite haben.

Die tunlichst von oben in das Ausdehnungsgefäß einzuführende Sicherheitsausdehnungsleitung muß ebenso wie die Entlüftungsleitung oberhalb des höchsten Wasserspiegels einmünden, die Sicherheitsrücklaufleitung ist am tiefsten Punkte des Ausdehnungsgefäßes

anzuschließen. Die Sicherheitsausdehnungsleitung ist außerdem in den wagerechten Strecken mit reichlicher Steigung und Krümmungsradien von mindestens der dreifachen lichten Rohrweite zu verlegen.

Die Sicherheitsausdehnungs- und die Rücklaufleitung können ganz oder teilweise als Steig- bzw. Fallrohrleitung der Anlage benutzt werden und umgekehrt, sofern die letztgenannten Leitungen die Bedingungen des Erlasses erfüllen.

Ausdehnungsgefäß und Sicherheitsleitungen sind durch Verkleidung gegen Einfrieren zu schützen, sofern nicht die örtlichen Verhältnisse die Gefahr des Einfrierens ausschließen. Kesselgruppen, die im Vor- und Rücklauf keine Einzelabsperungen erhalten, sind wie Einzelkessel gleicher Größe zu behandeln. Bei Einzelabsperungen im Vorlauf können sie mit einer gemeinsamen Sicherheitsrücklaufleitung, bei Einzelabsperungen im Rücklauf mit einer gemeinsamen Sicherheitsausdehnungsleitung versehen werden. Mehrere Sicherheitsausdehnungs- oder Rücklaufleitungen können auch in je eine der in Frage kommenden gesamten Kesselheizfläche entsprechende Sicherheitsleistung zusammengefaßt werden.

Die Gleichungen I und II geben bei den nachstehenden Kesselgrößen folgende Werte für die Sicherheitsleitungen:

Sicherheitsausdehnungsleitungen.				Sicherheitsrücklaufleitungen.			
Kessel bis	8 qm	Heizfläche	$D = 25$ mm	Kessel bis	10 qm	Heizfläche	$d = 25$ mm
„ „	20 „	„	$D = 34$ „	„ „	36 „	„	$d = 34$ „
„ „	30 „	„	$D = 39$ „	„ „	58 „	„	$d = 39$ „
„ „	56 „	„	$D = 49$ „	„ „	115 „	„	$d = 49$ „
„ „	84 „	„	$D = 57$ „				
„ „	120 „	„	$D = 64$ „				

Jeder mittelbar mit Dampf oder Heißwasser geheizte Warmwasserheizkessel ist wie ein Feuerbeheizter zu behandeln. Soweit die Temperatur des Heizmittels niedriger ist als die dem statischen Druck der Anlage entsprechende Verdampfungstemperatur, hat die lichte Weite der Sicherheitsausdehnungsleitung mindestens 25 mm zu betragen. Eine Sicherheitsrücklaufleitung ist für diesen Fall nicht erforderlich. Für alle übrigen Fälle ist bei der Bemessung der Sicherheitsleitungen die Heizfläche in feuergeheizte umzuwerten. Die Wärmeabgabe des feuergeheizten Kessels ist dabei zu 10 000 WE/qm und Stunde, die Wärmedurchgangszahl der mittelbar mit Dampf geheizten Kessel zu 1000 und der mit Heißwasser geheizten zu 500 WE/qm und Stunde, bezogen auf 1° C anzunehmen.

Der Wasserstand in der Anlage ist im Kesselraum durch Manometer oder eine andere geeignete Vorrichtung ersichtlich zu machen, der Kessel selbst ist mit einer Alarmporrichtung auszurüsten.

Der Einbau eines Thermometers ist aus wärmewirtschaftlichen Gründen zweckmäßig.

Die Anlage ist nach Fertigstellung einer Druckprobe mit kaltem Wasser zu unterwerfen. Der Probedruck muß den im Kessel vorhandenen statischen Druck um $1\frac{1}{2}$ at übersteigen, er soll aber nicht mehr als $4\frac{1}{2}$ at betragen.

Die eingangs erwähnten Erlasse bleiben in Kraft. Hinsichtlich der Durchführung der vorstehenden Anforderungen wird auf den letzten Absatz des vorgenannten Erlasses verwiesen.

Anschließend wird einer dahingehenden Eingabe entsprechend darauf hingewiesen, daß der Verband der Zentralheizungsindustrie in Berlin W 9 sich bereit erklärt hat, durch seine technischen Organe jede neu errichtete Anlage auf die Einhaltung dieser Vorschriften prüfen zu lassen und hierüber dem Besitzer oder Erbauer der Anlage eine Bescheinigung auszustellen, die als Nachweis für die Einhaltung der Vorschriften gelten kann.

Der Minister für Handel und Gewerbe.
I. A.: v. Meyeren.

Der Finanzminister.
I. A.: Uber.

Der Minister für Volkswirtschaft.
I. A.: Conze.

An die Herren Regierungspräsidenten, den Herrn Polizeipräsidenten in Berlin und den Herrn Verbandspräsidenten in Essen.

Sachverzeichnis.

Abbrand, oberer	I 37	Drucklüftung	I 147
— unterer	I 35	Eiserne Öfen	I 16
Abdampf	I 5	Elektrische Heizung	I 26
— Entöler	I 5	Fernheizung	I 106
—heizung	I 120	Feuerluftheizung	I 106
— Kraftmaschinen	I 82	Gasheizung	I 22
—mangel	I 117	Hochdruckdampfheizung	I 71
—sammler	I 117	Kachelöfen	I 4
—verwertung	I 117	Niederdruckdampfheizung	I 80
Abgabe von Wärme	I 131	Reckheizung	I 68
— von Wasserdampf durch Gas	I 132	Sauglüftung	I 47
— von Wasserdampf durch Menschen	I 132	— Wasserluftheizung	I 101
Abgase, Glühöfen	I 126	Anzapfmaschinen	I 16
— Heizung	I 126	— turbinen	I 118
— Kokereiöfen	I 126	Apparatebau, chemischer	I 84
— Schmelzöfen	I 126	Arbeiterhäuser	I 5
Abhitze einer Gaskrone	I 142	Ascheförderung bei Öfen	I 7
— Kessel	I 127	Aspirationslüftung	I 137
Ableitung verbrauchter Luft	I 142	Atemgift	I 133
Abluftanlage	I 160	Aufgebördelte Flanschen	I 50
—erwärmung	I 142	Aufgedrillte Flanschen	I 50
—kanäle in Kesselhäusern	I 45	Auflöten der Flanschen	I 49
— Öffnungen	I 100	Aufstellung der Ventilatoren	I 157
Abort	I 138, 143	Auftriebsheizung, Luft	I 97
— Lüftung	I 142	— Wasser	I 29
Absperrvorrichtung	I 35	Auftriebshöhe, Lüftung	II 93, 164
Abwärme	I 31	— Wasser	II 142
— Dieselmotoren	I 120, 126	Auftriebslüftung	I 141, 149
— Heizanlagen	I 119	Aufwalzen der Flanschen	I 49
— Kraftanlagen	I 113, 116	Ausdehnung	I 51, 75
— Sauggasanlagen	I 120	—sgefäß	I 55
— Schornstein	I 142	— — der Fernheizung	I 111
— Verbrennungskraftmaschinen	I 119	— — bei Warmwasserheizung	I 38, 95
— Verwertung	I 113	—rohre	I 71
Abwasserheizung	I 121	—stöpfe	I 74
Abzugsrohr	I 25	Ausführung:	
Amerikanische Öfen	I 18	Dampfwarmwasserheizung	I 95
Ammoniak	I 133	Feuerluftheizung	I 97
Anheizen	II 1, 11	Hochdruckdampfheizung	I 72
— Zuschlag für	II 11, 12, 119	Kühlanlage	I 164
Anheizzustand	II 25	Niederdruckdampfheizung	I 81
Anlagekosten für Kachelöfen	I 7	Wasserheizung	I 55
Annahme der Rohrweiten:		Ausgleicher	I 53
Hochdruckdampfheizung	II 64	Ausgleichsebene	I 138
Niederdruckdampfheizung	II 74	Aushilfsleitungen	I 107
Warmwasserheizung	II 21, 30, 34	Ausnutzung des Winddruckes	I 145
Anteil der Einzelwiderstände	II 149	Auspuff, Dampf	I 114
Anthropotoxin	I 133	— Maschinen	I 115
Antrieb der Ventilatoren	I 157	Außenfläche eiserner Rohre	II 110
Anwendungsgebiet:		Außentemperaturen	I 2
Dampfwarmwasserheizung	I 94	Auswandererschiffe	I 152
Dampfheizung	I 101		

- Backöfen I 70
 Backsteinmauer, *k*-Werte II 9
 Badezimmer I 28
 Balcke-Speicher I 114
 Baublöcke I 5
 Baustoffe, Durchlässigkeit für Luft I 139
 Bedienung der Öfen I 7
 —svorschriften I 46
 Befeuchten der Luft. I 151, 153, II 85, 86
 Befeuchter, örtliche I 153
 Beharrungszustand II 1, 11, 12, 26
 Beipßrohr I 40
 Berechnung eiserner Öfen I 21
 — elektrischer Öfen I 27
 — des erforderlichen Luftwechsels II 81
 — der Heißwasserheizung II 58
 — der Heizflächen (Niederdruckdampf) II 72
 — der Heizkörper I 63
 — der Kessel (Warmwasserheizung) I 43, II 25
 — der Kessel (Niederdruckdampfheizung)
 I 82, II 71
 — der Kühlanlage I 164
 — von *k*-Werten II 8, 9
 — der Luftheizung II 78
 — der Lüftungsanlagen II 91
 — der Niederdruckdampfheizung II 75
 — der Raumheizflächen II 27
 — der Rohrleitungen für Luft II 96, 98
 — der Rohrleitungen für Niederdruck-
 dampfheizung II 74
 — der Schwerkraftswarmwasserheizung. II 28
 — des Zweirohrsystems II 28
 Berliner Ofen, alter I 8
 Berücksichtigung der Wärmeverluste der
 Rohrleitung II 30
 Bestimmung des Luftwechsels I 140
 Betriebsdruck I 88
 Betrieb, geräuschloser der Ventilatoren I 158
 —kosten für Kachelöfen I 7
 —unterbrechung — Zuschläge II 119
 —svorschriften I 46
 Bewegung der Luft im Raum I 159
 Bewertung der Heizflächen I 62
 Bläser I 155, II 93, 103
 Bogen I 49
 Bordringe I 50
 Braunkohlenkessel, Lollar I 38
 Brennstoff II 165
 — Förderung bei Öfen I 7
 — Gemische I 36
 — Lagerung I 45
 — Raumgröße I 44
 — Schütthöhe I 45
 Brunnenwasser I 163

 Cadé-Öfen I 19
 Catena-Kessel I 35
 Crown-Jewel I 18

 Dachbodentemperatur II 13
 Dampf-Fernheizung I 106, 109
 —geschwindigkeiten II 64, 74
 —heizung, Hochdruckdampf I 71, II 59

 Dampf-Niederdruckdampf I 80, II 71
 —kessel I 82
 — dampfgeheizte I 84
 — Kochküchen I 84
 —leitungen, Entwässerung I 76
 — — mit geringen Wärmeverlusten II 61
 — — für Niederdruckdampf II 73
 — — für überhitzten Dampf II 62
 — Luftheizung I 125
 — — Anwendungsgebiet I 101
 — — Heizkörper I 101
 — — Nachteile I 101
 — — Regelvorrichtung I 101
 — — Vorteile I 101
 — ölhaltiger I 116
 — Regelventil I 91
 —sammler I 83
 —schlangen für Hochdruckdampf II 62
 — — für Niederdruckdampf II 73
 —stauer I 90, 91
 —trockner I 72
 —turbine I 116, 119
 Dampf-warmwasserbereiter I 95
 —heizung I 94, II 78
 — — Anwendungsgebiet I 94
 — — Ausführung I 95
 — Kessel I 95, 96
 Dampf-wasserheizung I 96, II 78
 —leitung II 65, 70
 — — nasse I 88
 — — trockene I 87
 —rückführung I 79, 93
 —töpfe I 73
 Dauerbrandeinsatz bei Kachelöfen I 9
 Deckendurchbrüche I 51
 —ventilator I 44
 Deflektoren I 145
 Degensche Tafel II 103, 162
 Dichtung der Rohre I 47
 —schutzring I 50
 Dienstbotenfrage I 28, 66
 Diffusor II 93
 Doppelfenster, *k*-Werte II 9
 Doppelnippel I 49
 Drosselleitungen II 47
 Druckhöhe, Lüftungsanlagen II 164
 — Stockwerksheizung II 148
 Druckluftregler I 66, 93

 Drucklüftungsanlagen:
 — Anwendungsgebiet I 147
 — Ausführung I 147
 — Nachteile I 147
 — Reinigung I 147
 — Vorteile I 147
 Druckmaßstab I 36, II 81, 84
 —minderer I 77, 81, 117
 —regler I 118
 —probe I 50
 —verhältnisse im Raum I 137
 —verteilung im Raum I 137
 — — in der Pumpenheizung I 111
 — — wirksamer, Dampfheizung II 59, 72
 — — Lüftung II 91, 93

- Druck-Wasserheizung . . . II 22, 28, 34, 142
 Durchführung der Wärmeverluste, Be-
 rechnung . . . II 13, 14
 DurchgangsfILTER . . . I 149, II 85
 —ventil . . . I 64
 Durchlässigkeit der Baustoffe . . . I 139
 Durchmesser schmiedeeiserner Rohre . . II 110
 Durchpumphahn . . . I 71
 Durchschlagen der Heizkörper . . . I 90
- Eca-Kessel . . . I 35
 Eckräume, Zuschläge . . . II 119
 —ventile . . . I 64
 Einfach-Fenster, *k*-Werte . . . II 8
 Einfamilienhäuser . . . I 97
 Einfrieren der Warmwasserheizung . . I 30
 Einheit-Eisenofen . . . I 20
 —Kachelofen . . . I 13
 Einrohrsystem . . . I 29, 32, II 33, 47
 Einstromapparate . . . II 17
 Einzelheizung . . . I 3, II 23
 Einzelwiderstände, Anteil . . . II 149
 — Dampf . . . II 74
 — Luft . . . II 95
 — Wasser . . . II 23, 28
 Einzylindermaschinen . . . I 119
 Eis . . . I 163
 —wasser . . . I 163
 Eiserne Öfen . . . I 16, II 24
 — — Berechnung . . . I 21
 — — Untersuchung . . . I 21
 — — Wirkungsgrad . . . I 21
 Ekelstoffe . . . I 133
 Elektrischer Ofen . . . I 26, II 25
 — Regler . . . I 66
 Entfeuchtung der Luft . . . I 153
 Entleerung der Wasserheizung . . . I 38, 45
 Entlüfter . . . I 78
 Entlüftung, zentrale . . . I 29, 88
 — der Pumpenheizung . . . I 69
 Entnahme der Luft . . . I 148
 Entnebelung der Luft . . . I 152
 Entöler . . . I 116
 Erfahrungssätze für Luftwechsel . . . I 136
 Erkerheizung . . . I 56
 Ermüdungsstoffe . . . I 134
 Erwärmung der Abluft . . . I 142
 — der Luft . . . I 152
 Etagenheizung . . . I 66
 Exhaustoren . . . I 160
- Fabrik . . . I 147
 —heizung . . . I 106
 Fächerventilatoren . . . I 144
 Fallstränge . . . I 54
 Federgebläse . . . I 147
 Fensterlüfter . . . I 141
 Fernheizung . . . I 105, II 80
 — Abwärmeverwertung . . . I 112
 — Anwendungsgebiet . . . I 106
 — Aushilfsleitungen . . . I 107
 — generelle Regelung . . . I 112
 — Sammelstelle . . . I 112
- Fernheizung-Schaltraum . . . I 112
 — Verteilstellen . . . I 112
 — Vorteile . . . I 106
 Fernkanäle . . . I 107
 —leitungen . . . I 48
 —stellvorrichtungen . . . I 161
 Festsäle . . . I 80
 Festschelle . . . I 52
 Fettsäuren . . . I 133
 Feuchtigkeitsgehalt der Luft I 31, II 105, 150
 — Einfluß auf die Raumtemperatur . . I 2
 — Maßstab . . . I 135, II 81, 82
 Feuerberühre Heizflächen . . . I 45
 Feuerluftheizung . . . II 78
 — Anwendungsgebiet . . . I 97
 — Ausführung . . . I 97
 — Berechnung . . . II 78
 — Nachteile . . . I 97
 — Vorteile . . . I 97
 Feuerwirkungsgrad . . . I 8
 Filter . . . II 85
 — Durchgangs- . . . I 149
 — Holz- . . . I 150
 — Kies- . . . I 151
 — Koks- . . . I 150
 — Nesseltuch- . . . II 85
 — Stein- . . . I 150
 — Streif- . . . I 149
 — Taschen- . . . I 149
 — Torf- . . . I 151
 Filz . . . I 54
 Flammrohrkessel bei Warmwasserheizung I 32
 Flanschenisolierung . . . I 54
 —rohre . . . I 47, II 110
 —verbindung . . . I 49
 Fliehkraftlüfter . . . I 155
 —ventilator . . . I 156
 Formsteine „Zuppinger“ . . . I 40
 Formstücke . . . I 48
 — gußeiserne . . . I 50
 Freifalltopf . . . I 73
 Frischdampfnachspeisung . . . I 117
 Frischluftbetrieb . . . I 144
 —heizung . . . I 97
 Fuchs . . . I 46
 Füllung der Warmwasserheizung . . . I 38
 —linien bei Heizkörperabsperrungen . I 64
- Gaseinsätze . . . I 59
 — Fernheizung . . . I 105
 — Heizkamine . . . I 23
 — Heizung . . . I 22
 — Kachelofen . . . I 11, 25, II 25
 — Radiatoren . . . I 23
 — Rohre . . . I 47
 — Zentralheizkörper . . . I 25
 Gasthäuser . . . I 16, 80
 Gefängnisse . . . I 161
 Gegenstrom . . . II 18
 —apparat . . . I 95
 — Berechnung für Dampf . . . II 70
 Generelle Regelung . . . I 93
 — — bei Warmwasserheizung . . . I 30

- Gestalt der Heizkörper I 62
 Geräusche bei Pumpenheizung I 69
 Gewächshäuser I 31, 35
 — Kessel für I 35
 — Heizung I 67, II 53
 Gewicht der Luft II 150
 — schmiedeeiserner Rohre II 110
 — des Wassers zwischen 40 und 100° C II 139
 Gleichstrom II 18
 Gleichwertige Düse I 156
 Gliederkessel, gußeiserne I 33
 Glühkörper, Gaseinsätze I 24
 Glühofenanlage I 126
 Großkessel I 35
 Großraumheizung I 105
 Größe der Kachelöfen I 8
 Grundwassereinfluß I 163
 Gruppenreglung I 72
 Gummidichtung I 49
 Gußeiserne Formstücke I 50
 — Gliederkessel I 33

 Hähne I 64
 Hallenheizung I 105
 Handreglung I 64, 65
 Hängeschellen I 52
 Handdichtung I 49
 Hauptvorlauf I 54
 Heißwasserheizung I 70, II 57
 — Wärmedurchgangszahlen für II 138
 Heißwasser-Fernanlage I 113
 Heizanlagen vom Küchenherd I 35
 Heizarten I 3
 Heizer I 46
 Heizflächenberechnung II 16
 — Hochdruckdampf II 59
 — Niederdruckdampf II 72
 Heizflächenbewertung I 62
 — bei Dampfheizung II 20
 — zur Erhitzung der Luft II 86
 — feuerberührte I 44
 — bei Pumpenheizung II 20
 — schmiedeeiserner Kessel I 44
 — bei Schwerkraftsheizung II 20
 — bei erheblichen und gerichteten Strömungen II 20
 — Untersuchung I 62
 — Vergrößerung bei Stockwerksheizungen II 148
 — wasserberührte I 44
 Heizgruppen bei Warmwasserheizung I 30
 Heizkissen, elektrische I 26
 Heizkörper I 59, 78, 89
 — Anschlüsse I 54
 — Berechnung I 63
 — der Dampfheizung I 101
 — Formen I 56
 — Füllungslinien I 64
 — Gestalt I 62
 — — des Raumes I 63
 — Höhe des Raumes I 62, 63
 — Luftgeschwindigkeit I 63
 — Oberfläche I 62
 — Raumgröße I 63

 Heizkörper-Regelvorrichtungen I 64
 — Verkleidungen I 60
 — Wandabstand I 62
 — der Wasserluftheizung I 101
 — mittlere Wassertemperatur I 62
 — Wassergeschwindigkeit I 63
 — Widerstände I 54
 Heizkraftwerk I 116
 Heizung, örtliche I 3
 Heizwert II 165
 Herdkessel I 67
 Hilfstafel, Hochdruckdampf II 63
 — Lüftung II 95
 — Niederdruckdampf II 74
 — Wasser II 29, 30
 Hochdruckdampfheizung II 59
 — abgedrosselte I 81
 — Anwendungsgebiet I 72
 — Ausführung I 72
 — Heizflächenberechnung II 59, 66
 — Heizkörper I 78
 — Kesselflächenberechnung II 59, 66
 — Kesselrohrleitung I 72
 — Nachteile I 71
 — Regelvorrichtung I 78
 — Rohre und Rohrverbindungen I 75
 — Rohrlagerung I 75
 — Rohrnetzberechnung II 59, 66
 — Rückführung des Dampfwassers I 79
 — Verlegung der Leitung I 76
 — Vorteile I 71
 — Wärmeschutz I 76
 Hochschulen I 80
 Holzfilter I 150
 Höhe des Kesselhauses I 84, 89
 Hörsäle I 80, 147
 Hörsaallüftung I 160
 Häuserblocks I 113
 Hygiene bei Kachelofenheizung I 5

 Industrie-Normen I 47, II 110
 Inhalt des Ausdehnungsgefäßes I 55
 — der schmiedeeisernen Rohre II 110
 Innentemperaturen I 2
 Irische Öfen I 17
 Irrenanstalten I 69
 —häuser I 106
 Isolierung der Flanschen I 77

 Johnson-Regler I 93
 Junkers-Gas-Warmluftofen I 24

 Kachelofen I 4, II 24
 — mit Dauerbrandeinsatz I 9
 —, Größe der I 8
 — heizung, Beurteilung der I 5
 Kanäle, Umschlagen I 161
 — unterirdische I 163
 Kanalabmessungen, Lüftung II 91
 Kanalanlage, Luftheizung I 100
 — Lüftung I 158
 Kanalheizung I 4, II 24
 Kanonenöfen I 17

- Kaminheizung I 3, II 23
 Kapronsäuren I 133
 Kaprylsäuren I 133
 Kellertemperatur II 13
 Kennlinien bei Einstellhähnen I 64
 Kennlinie bei Einstellventilen I 64
 — des Ventilators I 157
 Kenotoxin I 134
 Kerntrockenofen I 70
 Kesselanheizten I 46
 —anschlüsse, Vorlauf I 54
 — Ausrüstung I 33
 — Berechnung I 43
 — — Hochdruckdampf II 59, 66
 — — Warmwasserheizung II 25
 — für minderwertige Brennstoffe I 37
 — Explosionen I 41
 — Flächenberechnung bei Niederdruck-
 dampf II 71
 —haus I 44
 — — Abluft I 45
 — — Höhe I 84, 89
 — — Zuluft I 45
 — der Heißwasserheizung I 70
 — der Hochdruckdampfheizung I 72
 — Prüfungen I 43
 —raumgröße I 43, 87
 — Untersuchung I 43
 — Unterteilung I 40
 — bei Warmwasserheizung I 32
 — Widerstand I 54, II 29
 — Wirkungsgrad I 44
 — Zubehör I 38, 84
 Kiesfilter II 85
 Kieselgur I 54
 —schale I 54
 Kippflügel I 142
 Kirchen I 80, 97, 139, 143
 — mit Kanalheizung I 4
 Kleiderablagen I 138
 Kleingebäude I 147
 —kessel I 33, 35
 —siedlung I 4, 7
 —wohnung I 4, 7
 Klingerit-Dichtung I 49
 Knie I 49
 Kohlenofen, süddeutscher I 9
 Kohlensäureabgabe der Menschen und
 Tiere I 132
 —gehalt I 22
 — — der Luft I 133
 —maßstab I 135, II 81, 83
 Kokereiöfen I 126
 Koksfilter I 150
 —raum I 44
 —sparer I 40
 Kolbenmaschine I 116
 Kondensationsmaschinen I 115
 Kondensatoren I 118
 Kondensleitung, Durchmesser der II 149
 —töpfe I 73
 —wasserableiter I 73
 Konzerthallen I 147
 Korische Öfen I 17
 Korkscheiden I 54
 Krankenhäuser I 31, 68, 106, 142, 161
 Krantz-Heizung I 72
 Kreuzstrom II 18
 —topf I 74
 Kreuzstücke I 49
 Küchen I 138
 —herdkessel I 35
 Kugellager I 52
 —schelle I 52
 Kühlanlage, Ausführung I 164
 — — Berechnung I 164
 —flächen II 106
 —flüssigkeiten I 63
 —gruben I 45
 —körper außerhalb des Raumes I 163
 — — im Raum I 163
 —en der Luft I 151, 153
 —mittel I 162
 Kühlung I 162
 — der Luft II 104
 — unmittelbare I 163
 Kurzschlußzug I 40
 Labyrinthdichtung I 48
 Lackieröfen I 70
 Lagerraum für Brennstoffe I 45
 Lagerung der Rohre I 47
 Lamellenheizkörper I 104, II 89
 Lampenöfen I 26
 Längenausdehnung der Rohre I 51
 Längsbewegung der Rohrleitung I 52, 53
 Langgewinde I 48
 Latei-Bretter I 61
 Lebensdauer der Warmwasserheizung I 30
 Leistung eines Saugers I 145
 Leitung, Wärmeübertragung durch II 4
 Lockfeuer I 46
 Lollar-Kessel I 34
 Luftbefeuchter I 151, 153
 —bewegung im Raum I 6, 159
 —entfeuchter I 151, 153
 —entfeuchtung I 153
 —entnahme I 148
 —entnebelung I 152
 —erhitzer I 126
 —erwärmung I 152
 — — durch Dampf I 124
 —fächer I 144
 —Fernheizung I 105
 —Feuchtigkeit der II 150
 —Geschwindigkeit der I 63
 — — in lotrechten Kanälen I 163
 —Gewicht der II 150
 —Heizöfen I 98
 — — für minderwertigen Brennstoff I 100
 —heizung I 97, 99, II 78
 — — Befeuchtung I 105
 — — Heizkammern I 105
 — — Kanalanlage I 100
 — — Luftentnahme I 105

- Luft-Regelung der Heizleistung I 104
 — — Reinigung I 105
 — — Umlaufkanäle I 100
 — — Ventilator I 105
 — — Zu- und Abluftöffnungen I 100
 —kondensator I 125
 — Kühler der I 151, 153
 —leere I 119
 —menge, theoretische, zur Verbrennung II 165
 — Reinigung der I 148
 — Röhrenkessel I 102, II 87
 — — *k*- und *h*-Werte für Dampf . . . II 124
 — — *k*- und *h*-Werte für Wasser II 125, 126
 —schichten, wärmeschützende Wirkung II 4
 — — Wärmeströmung in II 4
 — Stromkreise der I 56
 —strömung bei Heizkörpern in Fenster-
 nischen I 28
 —trocknung I 151, 153
 —umwälzung I 89
 —verschlechterung I 130
 —volumen II 150
 —wäscher I 151, 152, 153
 — — amerikanischer I 152
- Luftwechsel, Berechnung des erforder-
 lichen II 81**
 — Bestimmung I 140
 — Einfluß auf die Raumtemperatur . . I 2
 — nach Erfahrungssätzen I 136
 — natürlicher I 140
 Lüfter I 155
- Lüftungsanlagen II 81**
 — Notwendigkeit I 130
- Lüftung, Kanalanlage I 158**
 — der Räume durch Kachelöfen . . . I 7
 — von Schulen I 130
- Manometer I 84
 Mauerschlitze I 51
 Meidinger-Ofen I 17
 Melderohr I 55
 Membranregler I 85
 Messung der Raumtemperatur I 2
 Metallgehänge I 60
 —schlauchausgleicher I 76
 Meteorventilator I 155
 Milddampfheizung I 89
 Mischheizung I 68, 94, II 78
 Mischklappe I 104
 Mischwasserheizung I 113
 Mittelbarer elektrischer Ofen I 26
 Mitteldruck-Warmwasserheizung . . I 70, II 36
 Mittelkessel I 33
 Motorrohr I 68
 Muffe I 47
 —nrohre I 47, II 110
 Musgrave-Ofen I 17
- Nachrechnung der Rohrleitungen für
 Wasser II 21, 31, 34**
 Neutrale Zone I 137
 Nachteile, Dampfheizung I 101
 — Drucklüftung I 147
- Nachteile, Feuerluftheizung I 97
 — Hochdruckdampfheizung I 71
 — Niederdruckdampfheizung I 80
 — Reckheizung I 68
 — Sauglüftung I 147
 — Wasserluftheizung I 101
 Nasse Dampfwasserleitung I 88
 Natürlicher Luftwechsel I 140
 Nesseltuchfilter II 85
Niederdruckdampfheizung I 80
 — — Anwendungsgebiet I 80
 — — Ausführung I 81
 — — Nachteile I 80, 87
 — — Vorteile I 80, 87
 —kessel I 82
 — — gußeiserne I 83
 — — schmiedeeiserne I 82
 — Rohrführung I 87
 Niederdruckwarmwasserheizung I 28
 Niederschlagswasserleitung II 70, 65
 — Durchmesser II 149
 Nippel I 49
 Nischen, offene I 61
 Notwendigkeit der Lüftung I 130
- Obdachheime I 152**
 Oberer Abbrand I 37
 Obere Verteilung I 87
 — — bei Warmwasserheizung I 32
 Oberflächen-temperatur bei Kachelöfen I 5
 — Heizkörper I 62
 — Kühler I 118
 Ofen, amerikanischer I 18
 — eiserner I 16
 — heizung II 24
 — irischer I 17
 Offene Nischen I 61
 Ölhaltiger Dampf I 116
 Örtliche Heizung I 3
 Ozonisorator I 152
 Ozonisieren der Luft I 152
- Parlamente I 147**
 Petroleumöfen I 22, II 25
 Pfälzer Öfen I 17
 Plattenheizkörper I 60
 — elektrische I 27
 Platzbedarf bei Kachelöfen I 7
 Prefköpfe I 145
 Probeheizung I 51
 Pröttzerstäuber I 153
Pumpendruck II 35
 — heizung I 68, II 35, 55
 — — Anwendungsgebiet I 68
 — — Ausführung I 69
 — — Geräusche I 69
 — — Nachteile I 68
 — der Warmwasserheizung I 111
- Querbewegung der Rohrleitung I 52, 53**
**Querschnitte der Abzugsrohre bei Gas-
 heizung I 25**

- Radiatoren, Gaseinsätze** I 59
 — gußeiserne I 57
 — keramische I 59
 — Maße I 58
 — Nippelverbindung I 58
 — Halter I 58
 — schmiedeeiserne I 59
 — schräge I 102
 — schräggestellte, k - und h -Werte für
 Wasser und Dampf II 128, 129
 — schräggestellte für Luftkammern . . II 89
Radiatorstützen I 58
 — wärmeschränke I 59
Radiophor I 27
Rauchfreie Verbrennung I 28
Rauchrohrklappen I 7
 — schieber I 39
Raumflächenberechnung II 27
 — temperaturen I 2
 — wirkungsgrad I 62
Rautenheizkörper I 102, II 89
 — Wärmeleistung und Luftwiderstand
 für Dampf II 130
 — Wärmeleistung und Luftwiderstand
 für Wasser II 134
Rechts- und Linksgewinde I 48
Reckheizung I 67
 — Anwendungsgebiet I 68
 — Nachteile I 68
 — Vorteile I 68
Reduktionsmuffe I 49
Reduzierventil I 77
Regelhahn mit Voreinstellung I 65
Regeln für Leistungsversuche an Ventila-
latoren I 157
Regelvorrichtungen I 56, 78, 90
 — Dampfheizung I 101
 — ideale I 65
 — Warmwasserheizkörper I 64
 — Wasserluflheizung I 101
Regelung, generelle I 93
 — der Ventilatoren I 157
 — der Wärmeabgabe bei Kachelöfen . . I 7
Regler, selbsttätige I 66
Regulieröfen I 17
Reinigen der Luft I 148
Reibungswiderstände II 28
 — Dampf II 59
 — Luft II 94
 — Niederdruckdampf II 72
 — Wasser II 22
Rhombikus I 102
Rippenrohre I 57
Rohrausgleicher I 53
Rohre, Außenfläche II 110
 — Durchmesser II 110
 — Gewicht II 110
 — Inhalt II 110
Röhrenkessel I 103
 — (Sturvent) II 88
 — — k - und h -Werte für Dampf . . . II 127
 — — k - und h -Werte für Wasser . . . II 128
Rohre, Längenausdehnung I 51
Rohre und Rohrverbindungen bei Hoch-
druckdampfheizung I 75
Rohrfederableiter I 73
 — führung, Niederdruckdampf I 87
 — — nach Tichelmann I 69
 — hülsen I 51
 — lagerung I 47, 51, 75
 — leitungen I 47
 — — Annahme für Wasser II 21, 31
 — — Berechnung für Luft II 96, 98
 — — Berechnung für Niederdruck . . . II 74
 — — Längsbewegung I 52, 53
 — — Nachrechnung für Wasser . . . II 21, 31, 34
 — — Niederdruckdampf I 87
 — — Querbewegung I 52, 53
 — — Schlangenführung I 51
 — — bei Warmwasserfernheizung . . . I 110
 — — Zickzackführung I 51
Rohrnetz I 54
 — Berechnung II 21, 28
 — — Hochdruckdampf II 59, 66
 — — Niederdruckdampf II 72
 — für Lüftungsanlagen II 90
Rohrregister I 51
 — schelle I 51
 — schlangen I 56
 — — Umhüllung I 54
 — — Verbindungen I 47
Rosten I 88
Rückführung des Dampfwassers I 79, 93
Rücklaufkesselanschlüsse I 54
 — sammelleitungen I 54
 — verteiler I 54
Rückspeiser (Krantz) I 79
Rückspeisung I 116
Ruth-Speicher I 114

Sammler, Dampf I 117
Sanatorien I 68, 164
Sauger I 145
Sauggasanlagen I 120
 — maschinen I 119, 120
Saugköpfe I 145
Sauglüftung I 137
 — sanlagen, Anwendungsgebiet I 147
 — — Ausführung I 147
 — — Nachteile I 147
 — — Reinigung I 147
 — — Vorteile I 147
Schaltplatz I 46
 — tafel für Zentralheizung I 161
Scheidewände bei Plattenheizkörpern . . I 63
Schieber I 64
Schlachthöfe I 152
Schlafzimmer I 16
Schlangenführung der Rohrleitung . . . I 51
Schlottergebläse I 155
Schmiedegluhöfen I 126
Schnellschlußventil I 67
Schnellstromheizung I 67
 — sicherung I 43
Schnellumlauf-Warmwasserheizung . . II 35, 54
Schornstein I 45

- Schornsteinabwärme I 143
 —berechnung II 106
 —frage I 14
 Schräge Radiatoren I 102
 Schräggestellte Radiatoren, *k*- und
h-Werte für Dampf II 128
 — — *k*- und *h*-Werte für Wasser . . . II 129
 Schraubenlüfter I 155
 Schreiderlüftung I 143
 Schiffsventilator I 145
 Schulen I 67, 80, 138, 147
 Schullüftung I 130
 Schütthöhe I 45
 Schwarze Fahnen I 60
 Schwerkraftsheizung I 29
 —warmwasserheizung (Berechnung) . II 28
 Schweißen der Rohre I 48
 Schwingungsdämpfer I 158
 Schwimmerregler I 85
 Seidenzöpfe I 54
 Selbstlüftung eines Raumes I 139
 Selbstregelung bei Warmwasserheizung . I 30
 Selbsttätige Heizkörperregler I 66, 92
 Sicherheitsrohr bei Warmwasserheizung I 55
 —vorrichtungen I 41
 — für Dampfwarmwasserkessel . . . I 96
 —wechselschieber I 42
 — —ventil I 42
 —zuschläge I 118
 Siederohr I 47
 —kessel bei Warmwasserheizung . . . I 32
 Siedlungen I 69
 Sole I 163
 Spannung des Wasserdampfes II 111
 — bei verschiedenen Temperaturen . II 150
 Speicher I 114
 Spiritusöfen I 22, II 25
 Spitzenleistung, Deckung der, durch
 Einzelöfen I 5
 Standrohr I 82, 85
 Staub I 134
 —ablagerung I 60
 —fänger I 149
 —kammern I 148
 Steigstränge I 54
 Steinfilter I 145, II 85
 Stellvorrichtung bei Verbrennungsreglern I 39
 Stockwerksheizung I 66, II 34, 51
 — Vorteile I 66
 Stoffrahmenfilter I 149
 Stopfbüchsenausgleicher (Koenig) . . . I 46
 Strahlung I 62, 131, II 4
 —saustauschzahl II 4, 5
 —swirkung I 2
 —szahl II 5, 6
 Strangabspernung I 54
 —schieber I 55
 —ventile I 55
 Straßendampf I 106
 Strebelkessel I 33
 —werk I 35, 83
 Streifilter I 149
 Streudüsen I 151
 Strömungswiderstände I 64
 Sturtevant-Heizkörper I 103, II 88
 —Röhrenkessel, *k*- und *h*-Werte für
 Dampf II 127
 — — *k*- und *h*-Werte für Wasser . . . II 128
 Süddeutscher Kohlenofen I 9
 Taschenfilter I 149, 150, II 85
 Temperaturregler, elektrischer I 92
 Temperatur, Dachböden I 13
 — Durchfahrt I 13
 — Keller I 13
 — unbeheizte Räume I 13
 — Vorhallen I 13
 —verhältnisse in Räumen II 3
 — des Wasserdampfes II 111
 —(wert)faktor II 4, 5
 Theater I 80, 138, 147
 Tischventilator I 144
 Torffilter I 151
 Torfoleumplatte I 60
 Trägheit der Warmwasserheizung . . . I 31
 Treppen I 28
 Trockenanlage I 126
 Trocknen der Luft I 151, 153, II 85
 Trockene Dampfwasserleitung I 87
 T-Stücke I 49
 Überlauf I 55
 —leitung I 55
 Übertragung von Krankheiten I 142
 Überwurfflanschen I 50
 Umluftbetrieb I 144
 —heizung I 97
 —kanäle I 100
 Umschlagen der Kanäle I 142, 148, 161
 Umtriebslüftung I 144
 Undichtigkeiten, zufällige I 140
 Unglücksfälle I 46
 Unmittelbare Kühlung I 163
 Unterer Abbrand I 35
 Untere Verteilung I 87
 — bei Warmwasserheizung I 32
 Unterirdische Kanäle I 136
 Unterstrich (Kieselgur) I 54
 Untersuchung eiserner Öfen I 21
 — der Heizflächen I 62
 — der Kachelöfen I 8
 — der Kessel I 43
 Unterteilung der Kessel I 40
 Vakuumheizungen I 94
 Ventilationsöfen I 17
 Ventilatoren I 155, II 93, 103
 — Antrieb I 157
 — Aufstellung I 157
 — geräuschloser Betrieb I 158
 — Regelung I 157
 Ventile I 64
 Verbrennungskraftmaschinen I 117
 — staubfreie I 28
 — rauchschwache I 33
 —regler I 84
 — — der Warmwasserheizung I 39

- Verbundkessel bei Warmwasserheizung I 32
 —regler I 117
 Verdampfungswärme II 111
 Verdunstschalen I 153
 Verfeuerung von Braunkohlen I 37
 — von Brennstoffgemischen I 37
 — von Koks I 37
 — von Torf I 37
 Vergrößerung der Heizflächen bei
 oberer Verteilung II 146
 — — — bei Stockwerksheizung II 148
 Verkaufsläden I 16
 Verkleidungen I 56
 Versammlungsräume I 16, 80, 138, 147
 Verschraubung I 48
 — konische I 48
 — Winkel- I 48
 — zylindrische I 48
 Verwaltungsgebäude I 31
 Villen I 31, 97, 106
 Volumen der Luft II 150
 Voreinstellung I 54, 64, 66
 Voreinstellventile I 91
 Vorkondensation I 119
 Vorlaufkesselanschlüsse I 54
 —thermometer I 38
 —verteiler I 54
 Vorräume I 28
 Vorsäle I 23
 Vorschriften für Bedienung I 46
 — für Sicherheitsvorrichtungen der
 Warmwasserheizung I 41, 165
 Vorteile der Dampfheizung I 101
 — der Drucklüftung I 142
 — der Fernheizung I 106
 — der Feuerluftheizung I 97
 — der Hochdruckdampfheizung I 72
 — der Niederdruckdampfheizung I 80
 — der Reckheizung I 68
 — der Sauglüftung I 142
 — der Wasserluftheizung I 101

 Wandabstand der Heizkörper I 62
 —durchbrüche I 51
 Wände, Wärmeströmungen in II 3
 Wärmeabgabe bei Kachelöfen I 6
 — der Leuchtkörper I 132
 — der Menschen I 132
 Wärmeeinspeicherung bei Kachelöfen I 6
 —austauschapparate II 17
 —austrittszahl II 1, 7
 —bilanz I 117
 —durchgang II 1
 —szahl II 8
 —szahlen für Baustoffe II 115
 — — — k für Dampfheizflächen (natür-
 licher Auftrieb der Luft) II 122
 — — — bei Heißwasserheizung II 138
 — — — von Luft an Rauchgasen durch
 dünne Eisenflächen II 138
 — — — k für Wasserheizflächen (natür-
 licher Auftrieb der Luft) II 120
 —durchlässigkeits(durchlaß)zahl II 3

 Wärmeeintrittszahl II 1, 5, 6
 —ingenieur I 129
 —inhalt der Luft II 105
 — — Maßstab I 135
 —leit Zahlen II 2
 — — für Baustoffe nach Knoblauch II 112
 — — gleichwertige II 4
 — — für Isolierstoffe nach Knoblauch II 113
 — — für Isolierstoffe bei verschiedenen
 Temperaturen nach Nusselt II 114
 — — für Isolierstoffe und feuerfeste
 Steine bei verschiedenen Temperaturen
 nach Knoblauch II 114
 — — einiger Körper nach Rietschel II 112
 —maßstab I 135, II 81
 —schränke I 59
 —schutz I 53, 77
 —stauungen I 131
 —strahlzahlen C einiger Körper II 115
 —strömung in ebenen Wänden II 3
 — — in Luftschichten II 4
 — — in Rohrleitungen II 2
 —übertragung durch Leitung II 4
 — — durch Strahlung II 4
 — — durch Strömung (Konvektion) II 4
 —verlustberechnung II 1
 — — Durchführung II 13, 14
 — — nach Rietschel II 10
 —verluste, Berücksichtigung (Warmwas-
 serheizung) II 30, 34
 — — nach dem Rauminhalt II 15
 —wirtschaftsbilder I 114
 Warmwasserfernheizwerke:
 — Ausdehnungsgefäß I 111
 — Anschluß der Pumpen I 111
 — Anwendungsgebiet I 109
 — Fernkanäle I 110
 — Kesselanlage I 109
 — Rohrleitungen I 110
 Warmwasserheizung II 25
 — Anwendungsgebiet I 30
 — Ausdehnungsgefäß I 38
 — Entleerung I 38, 45
 — Füllung I 38
 — Kessel I 32
 — Mitteldruck I 70, II 136
 — Niederdruck I 28
 — Schnellumlauf II 35, 54
 — Sicherheitsrohr I 55
 — Sicherheitsvorrichtung I 41, 165
 — Verbrennungsregler I 39
 — Wasserinhalt I 45, II 26
 — Wasserstand I 38
 Waschen der Luft I 151, 153, II 85
 Wäschereien I 84
 Wasserabscheider I 73
 —abscheidung in Kesseln I 84
 —berührte Heizfläche I 44
 Wasserdampfabgabe der Leucht-
 körper I 131, 132
 — der Menschen I 131, 132
 —gehalt der Luft II 105
 —, Spannung II 111

Wasserdampf bei verschiedenen Temperaturen	II 150	Wohnküche	I 13
— Verdampfungswärme	II 111	Wohnungen	I 16, 31, 67
Wassergeschwindigkeit	I 63	Wohnzimmerofen, breiter, niedriger	I 9
—inhalt der Warmwasserheizung	I 45, II 26	Zähigkeit des Wassers	II 29
— Kessel mit Dampf bzw. Heißwasser geheizt	I 38	Zenitheizkörper	I 60
— Leitungswasser	I 163, 164	Zentralbedienung	I 101
— Luftheizung siehe Dampf- und Luftheizung	I 101	—befeuchter	I 153
—schleife	I 88	—entlüftung	I 88
—stand	I 84	—heizungen	I 27
— bei Warmwasserheizung	I 38	Zentrifugallüfter	I 155
—temperatur	I 62	Zerstäuber	I 153
Wartehallen	I 22	Zickzackführung der Rohrleitung	I 51
Wellrohrausgleicher	I 76	Z-Kanäle	I 160
Widerstand des Filters	II 85	Zugerscheinungen	I 6, 138
—sofen	I 26	—unterbrechung	I 23, 25
Widerstände der T-, Doppel-T-, Kreuzstücke usw.	II 29	Zuleitung der Luft	I 141
Widerstandszahlen	II 23, 28	Zuluftanlage	I 148
Windanfall	II 10, 119	—kanäle in Kesselhäusern	I 45
Winddruck, Ausnutzung	I 145	—öffnungen	I 100
—kessel	I 69	Zuppinger	I 40
Winkelanschlüsse	I 49	Zusätzliche Druckhöhen bei oberer Verteilung	II 146
Wirbelung bei Heizkörpern	I 62	Zuschläge für Anheizen und Betriebsunterbreitung	II 119
Wirbelstromapparat	II 17	—, besondere	II 119
Wirksamer Druck	II 22, 28, 34, 142	— für Eckräume	II 119
— Hochdruckdampf	II 59	— für hohe Räume	II 119
— Lüftung	II 91, 93	— für Windanfall	II 119
— Niederdruckdampfheizung	II 72	Zweirohrsystem	I 32, 36, 40, 43
— Wasserheizung	II 22	— Berechnung	II 28
Wirkungsgrad eiserner Öfen	I 21	—, obere Verteilung	I 29
— von Kachelöfen	I 8	—, untere Verteilung	I 29
— der Kessel	I 44	Zweistromapparate	II 17
Wirtschaftlichkeit von Abwärmanlagen	I 128	Zweizylindermaschine	I 119
—szahl bei Heizkörpern	I 59	Zwischendampf	I 114
Witterungseinflüsse	I 140	—entnahme	I 117
Wohnbauten	I 97	Zwischendeck	I 152

Firmenverzeichnis.

Balcke, Maschinenbau, A.-G., Bochum	
	I 125, 126, 127
Buderus'sche Eisenwerke, Wetzlar . . .	I 34
Burger Eisenwerke, G. m. b. H., Burger- hütte bei Burg	I 18
Carlshütte, Akt.-Ges., Rendsburg . . .	I 18
Deutsche Evaporator A.-G., Berlin . . .	I 41
Deutsche Luftfilterbaugesellsch., Breslau	I 150
Doerfel, Richard, Kirchberg i. Sa. . . .	I 106
Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover	I 73
Drüner & Nattenberg, Köln a. Rh. . . .	I 12
Eisenwerk Hirzenhain, Hessen	I 18
Eisenwerk Kaiserslautern	I 17
Eisenwerk Meurer, Cossebaude	I 23
Franksche Eisenwerke, Adolphshütte, Dill- kreis	I 21
Fröhlich, Th., Berlin	I 155, 156
Fürstenberg, G., Berlin	I 141
Gasbetriebsgesellschaft A.-G., Berlin . .	I 11
Gesellschaft für Hochdruck-Rohrleitungen m. b. H., Berlin	I 76
Gesellschaft für selbsttätige Temperatur- regelung m. b. H., Berlin	I 93
Grove, David, G. m. b. H., Berlin	I 145
Haberl, Xaver, Berlin	I 151
Hessen-Nassauischer Hüttenverein G. m. b. H., Eibelshäuserhütte bei Eibels- hausen	I 18
Hoffmannswerk, Leuben-Dresden	I 95
Jäger, Rothe & Nachtigall, Leipzig . .	I 73
Junkers & Co., Dessau	I 104, 125
Kaerle, Fritz, Hannover	I 81, 85, 92
Kelling, Emil, Berlin	I 4, 82, 99
Kleiro-Werke, Karlsruhe i. B.	I 21
Kori, H., Berlin	I 98
Körting, Gebr., A.-G., Hannover	I 37, 83, 100
Kreuzstromwerk, Hagen	I 74
Küppersbusch & Söhne, A.-G., Schalke i. W.	I 18, 19
Metallschlauch-Fabrik, Pforzheim . . .	I 76
Meyer, Rud. Otto, Hamburg I 39, 86, 92, 102, 105, 111, 113	
Möller, K. Th., Brackwede	I 150
Nationale Radiator-Gesellschaft m. b. H., Berlin	I 85
Norddeutscher Lloyd, Hamburg	I 145, 146
Prometheus, Frankfurt a. M.	I 27
Rietschel & Henneberg, G. m. b. H., Ber- lin	I 86, 106
Rohrbogenwerk, Hamburg	I 53
Schäffer & Budenberg, G. m. b. H., Magdeburg-Buckau	I 77
Schaeffer & Oehlmann, G. m. b. H., Berlin	I 91
Seiffert, Franz, & Co., Akt.-Ges., Berlin- Eberswalde	I 76
Siemens, Friedrich, Dresden	I 27
Siemens & Halske, A.-G., Berlin	I 152
Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H., Berlin	I 26, 144, 155, 156
Strebelwerk G. m. b. H., Mannheim . .	I 83
Sulzer, Gebr., A.-G., Winterthur	I 126
Voßwerke A.-G., Hannover-Sarstedt	I 20, 21, 23
Warren, Webster & Co., Cambden-New Jersey	I 152
Zentrale für das Ofensetzgewerbe Deutsch- lands, München	I 3, 112
Zentralwerkstatt, Dessau	I 24

Autorenverzeichnis.

Ambrosius	I 64, 99	Marx	I 2, 39, 46
Arnold	I 61, II 10	Meter	I 67
Aufhäuser	I 1	Meyers	I 124
Barker	II 112	Noell	II 8
Barlach	I 8, II 24	Nußbaum	I 134
Barth	I 113	Nusselt	I 54, II 4, 6, 7, 18
Behrens	I 113	Ohmes	I 106
Berlowitz	I 155, II 15, 103	Olbricht	I 18
Brabbée I 8, 21, 113, 129, 130, II 24, 59, 72, 94		Pakusa	II 9
Bradtke	II 60, 94	Paul	I 131
Brandstätter	I 21	Péclet	II 4, 5
Deinlein	I 73, 117, II 106	Perry	I 18
Dieterich	II 15	Pettenkofer	I 131, 133, 134
Dietz	I 136, II 81, 84	Pfützner	I 106
Dulong und Petit	II 5	Poensgen	II 7
Eberle	I 54, 76	Raisch	I 54
Emmerich	I 138	Rauer	I 133
Esmarch	I 134	Reck	I 113
Erckelenz	I 131	Recknagel	I 138, II 7
Fichtl	I 40	Redtenbacher	II 106
Fischer	I 1, 133	Reiher	I 54
Flügge	I 131	v. Reiche	II 107
Formánek	I 133	Reutlinger	I 113
Forster	I 138	Riedl	I 16
Fourier	II 4	Rietschel I 54, 131, 132, 133, 146, II 7, 10, 13, 65	
Frenckel	I 91, 92, 93	van Risum	II 8
Freund	II 15	Rubner	I 131, 136
Fritsche	II 59, 94	Rüster	I 114
Fudickar	I 6, 8	Schäfer	I 22
Gosebruch	I 139	Scharling	I 133
de Grahl	I 1, 43	Schmidt	I 41, 43
Gröber	II 7, 16	Schmitz	I 30, 97, 103
Hansen	I 2	Schneider	I 113, 117
Hencky	I 61, 73, 141, II 4, 5, 8, 10	Schulze	I 107
Hermans	I 133	Sendtner	I 73
Herz	I 97	Ser	II 6
Heymann	I 134	Simmersbach	I 1
Hottinger	I 118	Stephan	II 5
Hüttig	I 76	Tempers	I 106
Inaba	I 134	Thieleman	I 140
Jensen	I 133	Tichelmann	II 36
Josse	I 120	Trautmann	I 106
Jüptner	I 1	Treitel	I 114
Keidel	I 17	Trenkler	I 1
Kinoshita	II 112	Über	I 43, 45, 87, II 15
Kisskalt	I 139	Urbahn	I 113
Knoblauch	II 3, 7, 8	Valérius	II 6
Kopplin	I 114	Versuchsanstalt für Heizungs- u. Lüftungs- wesen Techn. Hochschule Berlin	
Krell	I 136, II 81, 84	I 6, 8, 21, 35, 41, 42, 61, 64, 66, 75, 91, 93, 101, 145, 155; II 28, 59, 60, 72, 74, 87, 88, 94	
Kukuk	I 1	Wamsler	II 7
Kuthe	II 29	Weichardt	I 134
Lang	I 139	Werner	I 90
Lehmann	I 133	Weyl	I 133
Liersch	II 65	Wierz	I 5, II 4, 5, 7, 10, 21, 59, 72
Lorenz	II 5	Wolpert	I 133, 145
Lubbert	I 133	Zaruba	I 55, II 62
Margolis	I 103, II 68		
Marr	I 135		

Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.



Vordrucke zu Rohrnetzrechnungen. Von Professor Dr. K. Brabbée in Berlin. Unveränderter Neudruck 1921. Umschlagebogen und Einlagebogen. je Preis M. 1.—

Lüftung und Heizung im Schulgebäude. Von Dr. M. Rothfeld, Stadtschularzt in Chemnitz. Mit 38 Textabbildungen.

(Heft 6 der „Zwanglosen Abhandlungen aus den Grenzgebieten der Pädagogik und Medizin“. Herausgegeben von Th. Heller in Wien und G. Leubuscher in Meiningen.) 1916. Preis M. 4.80

Heizung und Lüftung von Gebäuden. Ein Lehrbuch für Architekten, Betriebsleiter und Konstrukteure. Von Professor Dr.-Ing. Anton Gramberg in Danzig-Langfuhr. Zweite Auflage. In Vorbereitung

Die Beseitigung der Kohlennot. Unter besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik. Von Dr.-Ing. e. h. G. Dettmar, Generalsekretär des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Mit 45 Textabbildungen. 1920. Preis M. 10.—

Die Wirtschaftlichkeit von Nebenproduktenanlagen für Kraftwerke. Von Professor Dr. G. Klingenberg. Mit 16 Textfiguren. 1918. Preis M. 2.40

Kraft- und Wärmewirtschaft in der Industrie. (Abfallenergie-Verwertung.) Von Baurat Ing. M. Gerbel. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 9 Textfiguren. 1920. Preis M. 12.—

Die Zwischendampfverwertung in Entwicklung, Theorie und Wirtschaftlichkeit. Von Dr.-Ing. Ernst Reutlinger in Köln. Mit 69 Textfiguren. 1912. Preis M. 4.—

Die Abwärmeverwertung im Kraftmaschinenbetrieb mit besonderer Berücksichtigung der Zwischen- und Abdampfverwertung zu Heizzwecken. Eine kraft- und wärmewirtschaftliche Studie von Dr.-Ing. Ludwig Schneider. Dritte, neubearbeitete Auflage. Mit 159 Textfiguren. 1920. Preis M. 16.—; gebunden M. 20.—

Die Grundgesetze der Wärmeleitung und des Wärmeüberganges. Ein Lehrbuch für die Praxis und technische Forschung Von Dr.-Ing. Heinrich Gröber, Oberingenieur an der bayr. Landeskohlenstelle. Mit 78 Textabbildungen. 1921. Preis M. 46.—; gebunden M. 53.—

Kohlenstaubfeuerungen für ortsfeste Dampfkessel. Eine kritische Untersuchung über Bau, Betrieb und Eignung. Von Dr.-Ing. **Friedrich Münzinger.** Mit 61 Textfiguren. 1921. Preis M. 24.—

Der gegenwärtige Stand der Kohlenstaubfeuerungen, ihr Wesen und ihre Anwendungen. Von Oberingenieur **Hermann Bleibtren,** Leiter der Wärmezweigstelle Saar des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Mit etwa 60 Textabbildungen. Unter der Presse

Hochleistungskessel. Studien und Versuche über Wärmeübergang. Zugbedarf und die wirtschaftlichen und praktischen Grenzen seiner Leistungssteigerung bei Großdampfkesseln nebst einem Überblick über Betriebserfahrungen. Von Dr.-Ing. **Hans Thoma** in München. Mit 65 Textfiguren. 1921. Preis M. 33.—; gebunden M. 39.—

Die Dampfkessel. Lehr- und Handbuch für Studierende Technischer Hochschulen, Schüler Höherer Maschinenbauschulen und Techniken, sowie für Ingenieure und Techniker. Von Professor **F. Tetzner** †. Sechste, umgearbeitete Auflage von Oberlehrer **O. Heinrich** in Berlin. Mit 451 Textabbildungen und 20 Tafeln. 1921. Gebunden Preis M. 62.—

Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen. Ein Hilfsbuch für Ingenieure, Betriebsleiter, Fabrikbesitzer. Von Oberingenieur **Friedrich Barth** in Nürnberg. Dritte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 176 Figuren im Text und auf 3 Tafeln. 1922. Gebunden Preis M. 90.—

Thermosbau. Konstruktionsgrundlagen und Anwendungen. Von Zivilingenieur **Hans Pohlmann** in Hamburg. Mit 91 Textfiguren. 1921. Preis M. 16.—; gebunden M. 20.—

Taschenbuch für den Maschinenbau. Herausgegeben unter Mitwirkung bewährter Fachleute von Professor **H. Dubbel,** Ingenieur in Berlin. Dritte, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 2620 Textfiguren und 4 Tafeln. In zwei Teilen. 1921. In einem Band gebunden Preis M. 70.—; in zwei Bänden gebunden M. 84.—

Hilfsbuch für den Maschinenbau. Für Maschinentechniker sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Unter Mitwirkung bewährter Fachleute herausgegeben von Oberbaurat **Fr. Freytag** †, Professor i. R. Sechste, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 1288 in den Text gedruckten Figuren, 1 farbigen Tafel und 9 Konstruktionstafeln. 1920. Gebunden Preis M. 60.—

Taschenbuch für Bauingenieure. Unter Mitwirkung bewährter Fachmänner herausgegeben von Geh. Hofrat Professor Dr.-Ing. e. h. **M. Foerster** in Dresden. Vierte, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 3193 Textfiguren. In zwei Teilen. 1921. In zwei Bänden gebunden Preis M. 160.—



BIBLIOTEKA GŁÓWNA

350512L/1