

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



~~26~~

L. inw.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Johannes Körting

I

Das Wesen und die Berechnung
der Heizungs- und Lüftungsanlagen

Mit 31 Figuren



en

ftung

- Heizung und Lüftung** von Ingenieur Johannes Körting. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Figuren. Nr. 342.
 — — II: Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 191 Figuren. Nr. 343.
- Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen** von Prof. Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbildungen. Nr. 412.
- Das Veranschlagen im Hochbau.** Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlages von Emil Beutinger, Architekt B.D.A., Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 16 Figuren. Nr. 385.
- Das Veranschlagen von Ingenieurbauten** von Prof. E. Kuhlmann und Dr.-Ing. H. Nitzsche. Mit 5 Tafeln. Nr. 750.
- Bauführung** von Emil Beutinger, Architekt B.D.A., Assistent an der Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 20 Figuren. Nr. 399.
- Öffentliche Bade- und Schwimmanstalten** von Dr. Carl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Figuren. Nr. 380.
- Gasthäuser und Hotels** von Architekt Max Wöhler in Düsseldorf. I: Die Bestandteile und die Einrichtung des Gasthauses. Mit 70 Figuren. Nr. 525.
 — — II: Die verschiedenen Arten von Gasthäusern. Mit 82 Fig. Nr. 526.
- Geschäfts- und Warenhäuser** von Hans Schliepmann, Kgl. Baurat in Berlin. I: Vom Laden zum „Grand Magasin“. Mit 23 Abbildungen. Nr. 655.
 — — II: Die weitere Entwicklung der Kaufhäuser. Mit 39 Abb. Nr. 656.
- Industrielle und gewerbliche Bauten** (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann in Düsseldorf. I: Allgemeines über Anlage und Konstruktion der industriellen und gewerblichen Bauten. Nr. 511.
 — — II: Speicher und Lagerhäuser. Mit 121 Figuren. Nr. 512.
- Ländliche Bauten** von Baurat Ernst Kühn, Professor an der Technischen Hochschule Dresden. I: Kultus- u. Gemeinde-Bauten. Mit 64 Abbildungen. Nr. 758.
 — — II: Das landwirtschaftliche Gehöft der Gegenwart. Mit 61 Abbildungen. Nr. 759.
 — — III: Landhäuser, Ferienhäuser, Arbeiterwohnungen. Gasthöfe und Wohnhäuser mit gewerblichen Anlagen. Mit 77 Abbild. Nr. 760.
- Märkte und Markthallen für Lebensmittel** von Städ. Baurat Richard Schachner in München. I: Zweck und Bedeutung von Märkten u. Markthallen, ihre Anlage u. Ausgestaltung. Nr. 719.
 — — II: Markthallenbauten. Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 720.
- Militärische Bauten** von Robert Lang, Regierungsbaumeister in Stuttgart. I. Teil. Mit 59 Abbildungen. Nr. 626.
- Die Baukunst des Schulhauses** von Prof. Dr.-Ing. Ernst Vetterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abb. Nr. 443.
 — — II: Die Schulräume — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abb. Nr. 444.
- Sportanlagen** von Prof. Dr. phil. und Dr.-Ing. Eduard Schmitt. I. Mit 78 Abbildungen. Nr. 684.

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Sammlung Götschen



Heizung und Lüftung

Von

Johannes Körting

Ingenieur in Düsseldorf

I

Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen

Zweite, verbesserte Auflage

Neudruck

Mit 31 Figuren

I-301349



Berlin und Leipzig

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung G. m. b. H.

1913

Akc. Nr.

~~4696/51~~

DPH-B-563/2016

Literatur über Heizung und Lüftung.

- L. Dietz: Ventilations- und Heizungsanlagen mit Einschluß der wichtigsten Untersuchungsmethoden. Berlin 1909.
v. Esmarch: Hygienisches Taschenbuch. Berlin 1902.
F. Fischer: Taschenb. f. Feuerungstechniker. Stuttgart 1909.
H. Fischer: Heizung und Lüftung, im Handbuch der Architektur Bd. III, Abt. IV. Darmstadt 1908.
J. B. Goebel: Die Berechnung der Druckverluste in Dampfleitungen. Münster 1897.
A. Gramberg: Heizung und Lüftung. Berlin 1909.
F. H. Haase: Die Heizungsanlagen. Leipzig 1894.
— Die Lüftungsanlagen. Stuttgart 1902.
C. Hartmann: Heizung und Lüftung in der Baukunde des Architekten. Berlin 1901.
Heepke: Elektrische Raumheizung. Halle 1903.
H. Recknagel: Hilfstabellen für die Berechnung von Warmwasserheizungen. München 1909.
H. Rietschel: Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen. Berlin 1909.
— Theorie und Praxis der Bestimmung der Rohrweiten von Warmwasserheizungen. München 1897.
H. Robrade: Die Heizungsanlage in ihrer Anordnung und Berechnungsweise. Leipzig 1897.
B. Schramm: Taschenb. f. Heizungsmonteure. München 1907.
v. Seiller: Die Zentralheizung. Wien und Leipzig 1903.
O. Wieprecht: Entwerfen und Berechnen von Heizungs- und Lüftungsanlagen. Halle 1901.
A. Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Leipzig u. Berlin. 1896—1905.

Zeitschriften und Kalender.

- Gesundheitsingenieur. München.
Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Heizungs- und Lüftungstechnik. Berlin.
Zeitschrift für Heizung, Lüftung und Beleuchtung. Halle.
Recknagel: Kalender für Gesundheitstechniker. München.
Klinger: Kalender für Heizungs-, Lüftungs- und Badetechniker. Halle.

Inhalt.

	Seite
Literatur über Lüftung und Heizung	2
Einleitung	5

I. Abschnitt.

Wärmebedarf und Wärmeerzeugung.

1. Grundbegriffe über Wärmemessung u. dgl.	8
2. Außen- und Innentemperaturen	12
3. Erwärmung der Räume	16
4. Wärmedurchgangsberechnung	17
5. Wärmeentwicklung durch das Bewohnen der Räume	22
6. Berechnungsart des Wärmebedarfs von Räumen mit dicken Wänden bei unterbrochener Heizung	23
7. Brennstoffe und Verbrennung	24
8. Heizwert und Ausnutzung des Brennstoffes	29
9. Die Rostfläche der Feuerungen	32
10. Der Schornstein	33
11. Verhütung von Rauch und Ruß	35
12. Behandlung der Brennstoffe	36

II. Abschnitt.

Die Luft und ihre Beschaffenheit.

13. Allgemeines und Zusammensetzung der Luft	37
14. Luftverschlechterung durch Kohlensäure	39
15. Feuchtigkeit der Luft in Wohnräumen	42
16. Gebräuchliche Luftmengen	45
17. Der Staubgehalt der Luft	46

III. Abschnitt.

Das Wesen der Heizung.

18. Allgemeines	49
19. Einzel- oder Ofenheizung	52
20. Wahl des Ofens	55
21. Zentralheizungen	57
22. Feuerluftheizungen	61
23. Berechnung der Luftheizungen	67
24. Warmwasser- oder Dampfheizungen	72
25. Allgemeines über Warmwasserheizungen	74
26. Niederdruckwarmwasserheizung	76
27. Mitteldruckwarmwasserheizung	82
28. Herstellung des Heizungsplanes einer Warmwasserheizung	84
29. Berechnung der Rohrleitungen von Warmwasserheizungen	86

	Seite
§ 30. Hochdruck- oder Heißwasserheizungen	100
§ 31. Berechnung der Heißwasserheizungen	102
§ 32. Schnellumlaufwarmwasserheizungen	104
§ 33. Allgemeines über Dampfheizungen	109
§ 34. Hochdruckdampfheizungen	111
§ 35. Berechnung der Hochdruckdampfleitung	113
§ 36. Niederdruckdampfheizung	118
§ 37. Berechnung der Niederdruckdampfheizungen	125
§ 38. Abdampfheizungen	130
§ 39. Zentralheizungen in Miethäusern	131

IV. Abschnitt.

Die Lüftung.

§ 40. Allgemeines	134
§ 41. Lüftung ohne besondere Anlagen	137
§ 42. Lüftungsanlagen	141
§ 43. Berechnung der Lüftungsanlagen	148
Register	157

Einleitung.

Zur Erhaltung jeglichen organischen Lebens gehören Luft, Licht, Wärme und Nahrung; zur kräftigen Entwicklung und zur Bewahrung der Gesundheit lebender Wesen eine genügende Menge davon in guter Beschaffenheit.

Solange daher die Menschen die Erde bevölkern, hat sie der Selbsterhaltungstrieb veranlaßt, sich diese Lebensbedingungen in auskömmlichem Maße zu beschaffen, und als sie ihren Wohnsitz in Gegenden verlegten, in denen die wärmenden Strahlen der Sonne nicht allein mehr die ihnen nötige Wärme spendeten, mußten sie dafür sorgen, dem vorhandenen Mangel künstlich abzuhelfen. Kräftige, fettreiche Nahrung, wärmende Kleidung und Schutz vor Kälte, Wind und Wetter in geschlossenen Räumen, in denen anfangs Heizungsanlagen ursprünglichster Form benutzt wurden, waren die notwendige Folge des Wohnens in den einem stärkeren Wechsel von Kälte und Wärme ausgesetzten Zonen.

Mit den Heizungsanlagen sind die Lüftungsanlagen stets verbunden gewesen, doch gliederten sie sich zunächst als unbeabsichtigte Folgeerscheinung den ersteren planlos an. Dort, wo ein Feuer brennt, tritt auch ein Luftwechsel ein, teils weil das Feuer zu seiner Unterhaltung Luft gebraucht, teils weil der aufsteigende Strom erwärmter Gase Luft mit sich reißt und durch die gelassenen Öffnungen, die Rauchfänge und Schornsteine, abführt. Der Ersatz der so entfernten Luft geschah leicht

genug durch die in alten Gebäuden in ausreichender Menge vorhandenen Undichtigkeiten.

Die wissenschaftliche Behandlung solcher Anlagen ist eine Errungenschaft der letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts. Sie setzte ein, wenn auch nicht veranlaßt durch diese, in der Zeit der Ausgestaltung zweckmäßiger Zentralheizungsanlagen und der Erforschung dessen, was den Menschen gesundheitlich gut und nützlich ist.

Heute im Zeitalter einer auf gefestigter wissenschaftlicher Grundlage ruhenden Gesundheitslehre gebietet die in praktischer und theoretischer Beziehung nicht zurückgebliebene Technik über die Mittel, die Anlagen zur Beschaffung ausreichender Wärme und gesunder Luft in den bewohnten Räumen so zu gestalten, daß sie den Anforderungen der Gesundheitslehre zu entsprechen vermögen und in den menschlichen Wohnungen eine Behaglichkeit schaffen, die auch der Begüterteste noch vor einem halben Jahrhundert vergeblich hätte suchen müssen.

Stellt man Betrachtungen darüber an, wem in der Hauptsache diese Fortschritte zu danken sind, so begegnet man vor allem deutschen Namen. Allen voran leuchtet der Name des Großmeisters der Gesundheitslehre Pettenkofer, der als erster die Lüftungsverhältnisse in unseren Wohnräumen untersuchte und die erste wissenschaftliche Arbeit über den Unterschied zwischen Ofen und Luftheizung schrieb. Auf seine Forschungen stützt man sich heute noch in jedem Werke der einschlägigen Literatur. Er ist die sichere Quelle für die wichtigsten Angaben über die Beschaffenheit der uns umgebenden Luft und die Forderungen an die Güte derselben.

In heutiger Zeit begegnen wir in Deutschland den Namen Rubner, Nußbaum, v. Esmarch - Göttingen als Forschern der Gesundheitslehre, die dem Heizungs- und

Lüftungsfach besondere Aufmerksamkeit widmen. Ihnen schließen sich namhafte Techniker an, welche das gleiche Feld von ihrem Standpunkte bearbeiten. Wolpert, Meidinger, Degen, H. Fischer, F. Fischer, Rietschel, Conr. Hartmann sind als Lehrer und Schriftsteller bekannt. Die Namen Euler, Grove, Haag, Henneberg, Käuffer, Kelling, Körting, Strebel, Sturm, Sulzer u. a. entstammen den führenden Geschäftshäusern, die sich die Ausführung der Zentralheizungen zur Aufgabe gemacht haben und denen ein bedeutender Teil der Fortschritte zu danken ist, die dieses Gebiet aufweist.

Die in Deutschland gewonnenen Ergebnisse hat sich auch das Ausland zunutze gemacht und auch seinerseits an der Vervollkommnung gearbeitet. So sind von Nordamerika in den letzten Jahren reiche Anregungen nach der alten Welt zurückgekommen, die den auf das Praktische gerichteten Sinn der Bewohner der neuen Welt trefflich kennzeichnen. Der Gliederkessel und der Radiator mögen zum Beweis hierfür dienen.

Aus den vorhandenen wissenschaftlichen Werken kann der Fachmann sich über die Ausführung solcher Anlagen jeden nötigen Rat holen. Im großen Publikum indessen herrschen über das Wesen der Heizung und Lüftung noch vielfach falsche und unklare Begriffe. An der Ausfüllung dieser Lücke mitzuwirken und auch dem Fernerstehenden die Möglichkeit zu geben, sich eine Übersicht über die Heizungs- und Lüftungsanlagen zu verschaffen, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit.

Der erste Band umfaßt die Darlegung des Wesens, der zweite die der Ausführung solcher Anlagen. Nicht überall war eine scharfe Trennung möglich, doch ist versucht, sie tunlichst durchzuführen, um beiden Teilen eine gewisse Selbständigkeit zu verschaffen.

I. Abschnitt.

Wärmebedarf und Wärmeerzeugung.

§ 1. Grundbegriffe über Wärmemessung u. dgl.

Zum Verständnis der nachfolgenden Abhandlungen ist es nötig, einige grundlegende Begriffe über die Messung der Temperatur und der Wärmemengen, über den Einfluß der Wärme auf Wasser und Luft und die dabei aufzuwendenden Wärmemengen zu geben.

Der Wärmegrad oder die Temperatur wird mit dem Thermometer gemessen, und zwar bedient man sich heute auch im bürgerlichen Leben immer mehr des zum metrischen Systeme am besten passenden Thermometers nach Celsius. Bei diesem wird der Wärmeunterschied zwischen dem Gefrierpunkte, der als Nullpunkt gilt, und dem Siedepunkte des Wassers in 100 Grade (100° oder 100° C) geteilt. Tiefere Temperaturen als der Gefrierpunkt heißen im Sprachgebrauche „Kältegrade“ und werden mit dem Vorzeichen $-$, höhere, die „Wärmegrade“, mit dem Vorzeichen $+$ versehen.

Beim früher üblichen Thermometer nach Reaumur war der gleiche Wärmeunterschied, auch beginnend mit Null beim Gefrierpunkt, in 80 Teile geteilt: 4° Reaumur sind daher gleich 5° Celsius.

Die beim englischen Maßsysteme verbliebenen Länder (England und Kolonien und Vereinigte Staaten von Nordamerika) rechnen mit dem Thermometer nach Fahrenheit, bei diesem liegt der Nullpunkt zwischen -17 und 18° C, der Siedepunkt des Wassers bei 212° Fahrenheit. n° C = $32 + \frac{9}{5} n^{\circ}$ Fahrenheit.

Zur Messung der Wärmemengen dient die Wärmeeinheit (WE) oder Kalorie; das ist diejenige

Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg Wasser um 1°C zu erwärmen¹⁾. Zur Erwärmung von 1 kg Wasser von 0° bis zum Siedepunkte gehören also 100 WE. Soll aber aus warmem Wasser von 100° Dampf entstehen, so ist dazu ein weiterer, äußerlich nicht fühlbarer Wärmeaufwand, die latente oder Verdampfungswärme, von 537 WE für 1 kg Wasser erforderlich. Die Gesamtwärme, um Wasser von 0° in Dampf von 100° zu überführen, beträgt daher 637 WE. 537 WE

Die Maßeinheit für den Druck von Flüssigkeiten oder Gasen ist die Atmosphärenspannung, der Atmosphärendruck oder kurz „Atmosphäre“ genannt. Die atmosphärische Luft lastet in Meereshöhe auf der Erdoberfläche mit einem mittleren Druck von 10,33 m Wassersäule, d. h.: pumpt man ein in Wasser tauchendes Rohr luftleer, so steigt das Wasser in diesem 10,33 m hoch. Das 13,6 mal so schwere Quecksilber steigt daher 0,760 m hoch (Barometer).

Als Maßeinheit benutzt man die dieser Höhe nahekommende Wassersäule von 10 m = 735,5 mm Quecksilbersäule, und nennt den einer solchen Säule entsprechenden Druck 1 („technische“) Atmosphäre = 1 at und zwar, da sie auf den luftleeren Raum bezogen ist, 1 at absolut.

Da nun alles, was auf der Erde lebt, von dem absoluten Atmosphärendruck erfüllt ist, so wird dieser Druck den Menschen nicht fühlbar. Man betrachtet daher im praktischen Leben den absoluten Atmosphärendruck als Nullpunkt und spricht bei geringeren Drücken von Luftverdünnung bis zur Luftleere und bei höheren Drücken von Überdruck.

1 at Überdruck ist daher eine Wassersäule, die auf

¹⁾ Genau genommen bei Erwärmung von 0 bis 1°C . Für die Praxis stimmt sie genau genug auch bei anderen Wärmegraden.

dem absoluten Atmosphärendruck mit 10 m Wassersäule ruht. Bezogen auf den luftleeren Raum, entspricht sie einem Drucke von 2 at absol.

Da eine Wassersäule von 10 m Höhe und 1 qcm Querschnitt 1 kg wiegt, so ist 1 at = 1 kg auf den qcm (1 kg/qcm).

1 m Wassersäule = 0,1 at.

1 mm Wassersäule = 0,0001 at = 1 kg/qm.

Der Siedepunkt des Wassers verlegt sich auf höhere Temperaturen bei höheren Drücken und liegt tiefer bei geringeren Drücken. Entsprechend steigt und sinkt auch die Gesamtwärme, die in 1 kg Dampf enthalten ist, während die Verdampfungswärme umgekehrt bei steigendem Drucke sinkt.

Zur Erwärmung von 1 kg Luft um 1° gehören 0,237 WE. Diese Zahl nennt man spezifische Wärme der Luft.

Da 1 cbm Luft von 0° das Gewicht von 1,29 kg hat, so ist der Wärmebedarf, um 1 cbm Luft von 0° auf 1° zu erhöhen, $1,29 \times 0,237 = 0,306$ rd. 0,31 WE.

Fast alle Körper dehnen sich bei Erwärmung aus; Wasser bildet eine Ausnahme, da es sich von 0 bis +4° zunächst zusammenzieht und erst darüber hinaus ausdehnt. Luft dehnt sich um $\frac{1}{273} = 0,003663$ (rd. 0,0037) seines Raumes bei Steigerung der Temperatur um 1° aus. Der Wärmebedarf wird also für 1 cbm Luft bei Temperaturerhöhung geringer, weil die Dichtigkeit geringer ist. Während in der Heizungs- und Lüftungstechnik diese Tatsache bei Wasser meistens vernachlässigt wird, darf das bei Luft wegen des größeren Einflusses nicht geschehen.

Aus allen diesen Beziehungen sind nachstehende Tabellen, die in den folgenden Abhandlungen Verwendung finden, zusammengestellt.

Siedetemperaturen, Wärmemengen,
Rauminhalt und Gewichte von Wasserdampf bei
verschiedenen Drücken.

at ab- solut	Druck in		Siede- tempe- ratur ° C	Gesamt- wärme von 1 kg WE	Ver- dampfungs- wärme von 1 kg Wasser- dampf WE	1 cbm Dampf wiegt kg	1 kg Dampf ist cbm
	at Über- druck	m Was- ser- säule					
1,0	0,0	0	100	637	537	0,59	1,70
1,1	0,1	1	102	638	535	0,64	1,56
1,2	0,2	2	104	639	533	0,69	1,44
1,5	0,5	5	111	640	529	0,86	1,16
2	1	10	120	643	522	1,13	0,89
3	2	20	133	647	513	1,65	0,61
4	3	30	143	650	506	2,16	0,47
5	4	40	151	653	500	2,66	0,38
6	5	50	158	655	495	3,16	0,32
7	6	60	164	657	491	3,65	0,27
8	7	70	169	658	487	4,14	0,24
9	8	80	174	660	483	4,63	0,22
10	9	90	179	661	480	5,10	0,20
11	10	100	183	662	477	5,58	0,18

Ausdehnung und Gewicht von Wasser bei ver-
schiedenen Temperaturen.

Tempe- ratur in ° C	Raum- inhalt in l	Gewicht kg	Tempe- ratur in ° C	Raum- inhalt in l	Gewicht kg
	bezogen auf 1 l Wasser von 4°			bezogen auf 1 l Wasser von 4°	
4	1,000 000	1,000 000	80	1,02 891	0,97 190
10	1,000 264	0,999 74	90	1,03 571	0,96 552
20	1,001 741	0,998 26	100	1,04 312	0,95 867
30	1,004 30	0,995 72	120	1,05 993	0,94 346
40	1,007 71	0,992 35	140	1,07 949	0,92 637
50	1,011 96	0,988 18	160	1,10 179	0,90 761
60	1,016 92	0,983 36	180	1,12 678	0,88 748
70	1,022 63	0,977 87	200	1,15 438	0,86 627

**Gewicht und Rauminhalt der Luft
bei verschiedenen Temperaturen bezogen auf
1 cbm Luft bei 0°.**

Temperatur ° C	Gewicht von 1 cbm Luft bei 760 mm Barometer stand kg	Raum- inhalt der Luft bei t° 1 + 0,0037 t cbm	Dichtig- keit der Luft bei t° 1	Tempe- ratur ° C	Gewicht	Rauminhalt	Dichtigkeit
			1 + 0,0037 t				
-25	1,424	0,908	1,101	24	1,189	1,088	0,919
-20	1,396	0,927	1,079	26	1,181	1,095	0,913
-15	1,368	0,945	1,058	28	1,173	1,103	0,907
-10	1,342	0,963	1,038	30	1,165	1,110	0,901
- 5	1,317	0,982	1,019	32	1,157	1,117	0,895
0	1,293	1,000	1,000	34	1,150	1,125	0,889
+ 5	1,270	1,018	0,982	36	1,142	1,132	0,883
+10	1,247	1,037	0,965	38	1,135	1,139	0,878
+12	1,239	1,044	0,958	40	1,128	1,147	0,872
+14	1,230	1,051	0,951	42	1,121	1,154	0,867
+16	1,222	1,059	0,945	44	1,114	1,161	0,861
+18	1,213	1,066	0,939	46	1,107	1,169	0,856
+20	1,205	1,073	0,932	48	1,100	1,176	0,850
+22	1,197	1,081	0,925	50	1,093	1,183	0,845

§ 2. Außen- und Innentemperaturen.

Die Heizungsanlagen müssen nicht allein imstande sein, die in den Räumen befindliche Luft nebst der inneren Einrichtung und die umgebenden Wände genügend zu erwärmen, sondern sie müssen auch die Wärmeverluste decken, die durch die Abgabe der Wände, Decken und Fußböden nach außen entstehen. Eine genaue Berechnung des durch diese Umstände hervorgerufenen Wärmebedarfs bildet die Grundlage der Berechnungen der Heizungsanlagen. Auf den Einfluß anderer Wärmequellen in bewohnten Räumen, die der Heizung zu Hilfe kommen, und zwar sind das die

wärmeabgebenden Menschen selbst und die meisten Beleuchtungsarten, wird später eingegangen werden.

Für die Berechnung des Wärmebedarfes muß man Annahmen über die vorkommenden Außentemperaturen machen. Bei der Stärke der Wände, die die heutigen Gebäude im allgemeinen haben, genügt es, wenn man mit der mittleren Temperatur des kältesten Tages rechnet. Je nach der Örtlichkeit schwanken in Deutschland die gebräuchlichen Zahlen zwischen -25° und -15° . Die Annahme von -20° ist für mittlere klimatische Verhältnisse weit verbreitet. In Baracken, Glashäusern u. dgl., deren Wände keine Wärme aufzuspeichern vermögen, vor allem auch bei besonders der Kälte und dem Winde ausgesetzten Häusern, muß man mit der eintretenden niedrigsten Temperatur rechnen, während bei gewöhnlichen Häusern wegen der Wärmeaufspeicherung in den Wänden und dem Inhalt der Räume auf die meistens des Nachts und nur kurze Zeit vorkommenden Ausnahmefälle keine Rücksicht zu nehmen ist.

Als zweckmäßigste Innentemperatur rechnet man:

für Wohn- und Geschäftsräume, Theater- und Konzertsäle	+18 bis 20°
für Schulzimmer und Versammlungssäle	+16 „ 19°
für Krankenzimmer je nach Art der Krankheit	+16 „ 22°
für Arbeitsräume, Kasernen und Gefäng- nisse	+14 „ 18°
für Kirchen, Turnsäle, Gänge, Vorräume und Treppenhäuser	+10 „ 15°

Diese Temperaturen sollen die Räume in Kopfhöhe haben. In den darüberliegenden Luftschichten ist die

Temperatur höher, in der Nähe der Fußböden geringe. Daß die Temperaturunterschiede oben und unten nicht zu große werden, ist anzustreben. Eine gute Luftbewegung in den Räumen und die Heizkörper nahe dem Fußboden sind Vorbeugungsmittel dagegen. Bei Räumen über 4 m Höhe rechnet man als Innenwärme der Räume je 1° mehr als normal für jedes halbe Meter weiterer Raumhöhe.

Nicht alle Wände stehen mit der Außenluft in Berührung; für diejenigen Wände und auch Fußböden und Decken, die Nebenräume berühren, ist der Wärmeverlust geringer. Es kann sogar umgekehrt der Fall eintreten, daß ein nicht geheizter Raum von den angrenzenden Wänden eines höher erwärmten Wärme empfängt. Man muß jedoch mit solchen Annahmen vorsichtig sein und berücksichtigen, daß für gewöhnlich warmgehaltene Nachbarräume einmal nicht geheizt sind; dann muß die Heizung in den zu beheizenden Räumen für größeren Wärmeverlust aufkommen können.

Nach preußischen Ministerialvorschriften sind für Staatsbauten folgende Annahmen zu machen, die auch anderweitig gut brauchbar sind:

für ungeheizte oder nicht täglich geheizte, abgeschlossene Räume im Keller oder in den übrigen Geschossen	0°
für ungeheizte, öfter von der Außenluft bestrichene Räume, wie Durchfahrten, Vorhallen und Vorfluren	-5°
für ungeheizte, unter der Dachfläche liegende Räume bei Dachschalung	-10°
für Räume ohne Dachschalung	-15°

Für ein Wohnzimmer also, das über einem unbeheizten Keller liegt, rechnet man für die Fläche des Fußbodens mit

einem Wärmeunterschiede von 20° (von 0° bis $+20^{\circ}$). Sind zwei Wände des Zimmers Außenwände, so rechnet man hierfür bei allgemeiner Annahme einer Mindesttemperatur außen von -20° mit 40° (von -20° bis $+20^{\circ}$); stößt die dritte Wand an ein stets geheiztes Zimmer, so ist kein Wärmeverlust vorhanden, und stößt die vierte Wand an einen Vorflur, der häufig der Außenluft ausgesetzt, so wird für diese 25° Wärmeunterschied (von -5° bis $+20^{\circ}$ C) angenommen. Liegt über dem Zimmer ein vielfach unbeheizter Raum, so gilt der Temperaturunterschied von 20° C (von 0° bis $+20^{\circ}$).

Auf diese Weise hat man bei einem Heizungsentwurf jeden Raum zu prüfen und danach eine Aufstellung der Temperaturunterschiede zu machen.

§ 3. Erwärmung der Räume.

Sieht man zunächst von der wichtigen Wärmeverlustrechnung ab, die im folgenden Kapitel behandelt wird, so ist folgendes zu bemerken.

Soll ein Raum erwärmt werden, so müssen sowohl die Luft, wie auch Einrichtung und Wände erwärmt werden. Besitzt der Raum keine Lüftung, so ist zur Erwärmung der Raumluft für jedes Kubikmeter Luftinhalt und jeden Grad Temperaturerhöhung eine Wärmemenge von 0,31 WE nötig (s. S. 10). Die Erwärmung der Einrichtung entzieht sich der Berechnung, dagegen würde man für Erwärmung der Außenwände aus der spezifischen Wärme der dazu benutzten Rohstoffe einen Anhaltspunkt über den Wärmebedarf finden und benutzt diesen auch, wie wir hernach sehen werden, bei der Bestimmung von Heizungsanlagen von Kirchen u. dgl.

Man hat nun wohl zu unterscheiden, ob die Heizung der Räume eine unterbrochene oder ununterbrochene sein soll.

Ist die Heizung unterbrochen, so sind die für Erwärmung der Luft, der Einrichtung usw. nötigen Wärme-

mengen nur einmal aufzuwenden; ist sie unterbrochen, so wiederholt sich der Aufwand der ganzen Wärmemenge oder doch eines Teils davon. Für das Anheizen bei ununterbrochener Heizung berücksichtigt man diese einmalige Aufwendung nicht, bei unterbrochener in den meisten Fällen in der Weise, daß man Zuschläge zu denjenigen Mengen macht, die der Raum nach außen abgibt. (Siehe § 4.)

Es ist von Interesse zu wissen, welche Wärmemengen in Wohnräumen verloren gehen, wenn die Heizung unterbrochen wird oder nicht.

Professor Recknagel hat Versuche über die Wärmeverminderung von Räumen, bei denen die Heizung abgestellt wurde, nachdem eine Wärme von $+20^{\circ}$ darin erreicht war und außen -20° herrschte, angestellt. Die Außenwände waren Ziegelmauerwerk von 25 cm Stärke. Nach einer Stunde sank die Raumtemperatur auf $+7,8^{\circ}$, nach zwei Stunden auf $+5,6^{\circ}$ und nach 10 Stunden auf $-2,1^{\circ}$. Die Oberflächen-temperatur an der Innenwand in den gleichen Zeitabschnitten sank von $+10,35^{\circ}$ auf $+7,1^{\circ}$ bzw. $5,2^{\circ}$ und nach 10 Stunden auf $-2,2^{\circ}$ C.

Die bei dieser zehnstündigen Betriebsunterbrechung verloren gegangene Wärme ist um 7,5 v. H. geringer, als der Wärmeverlust bei andauernd fortgesetzter Heizung gewesen sein würde.

Eine Unterbrechung der Heizung in Wohnhäusern zur Nachtzeit bei tagsüber benutzten Räumen bringt nach diesem interessanten Beispiele und überhaupt keine so erheblichen Vorteile, daß man sie befürworten könnte. Eine Einschränkung wird meistens empfehlenswert sein.

Handelt es sich um Räume, die mit Lüftung versehen sind, so muß man natürlich den Wärmebedarf, den die zugeführte Luft verlangt, mit in Anrechnung bringen. In solchen Fällen wird die Luft vorgewärmt

zugeführt. Die dafür nötigen Heizkörper finden gewöhnlich am Fuße der Luftzuführungskanäle im Kellergeschoß Aufstellung.

Bei Kirchen und großen Sälen, die nur in Zwischenräumen geheizt werden, erfordert die Erwärmung der Raumluft besondere Berücksichtigung.

Für flüchtige Überschlagsrechnungen rechnet man den Gesamtwärmebedarf nach dem Rauminhalt der Gebäude und zwar bei Gebäuden bis 1000 cbm Inhalt je nach Beschaffenheit derselben für 1 cbm Raum 50 bis 30 WE, bei Gebäuden von größerem Rauminhalt 30 bis 15 WE, bei Saalbauten 20 bis 15 WE.

Solche Überschlagsrechnungen sind, weil unzuverlässig, sehr vorsichtig zu gebrauchen.

§ 4. Wärmedurchgangsberechnung.

Die Berechnung des Wärmeverlustes eines geheizten Raumes an die umgebenden Wände, Fußboden und Decken nennt man Wärmedurchgangs-, Wärmeüberführungs- oder Transmissionsberechnung.

Die Heizungstechnik verfügt heute über hinreichend genaue Zahlen für jeden vorkommenden Abschluß eines Raumes nach außen hin.

Bezeichnet man die Wärmemenge, die durch 1 qm Fläche bei einem Temperaturunterschied von 1° C hindurchgeht, mit k (Wärmedurchgangs- oder Transmissionskoeffizient), so ist die Wärmemenge, welche F qm Fläche bei einem Temperaturunterschied zwischen innen und außen ($t_i - t_a$) abgibt:

$$W = F \cdot k \cdot (t_i - t_a) . \quad (1)$$

Über die anzunehmenden Höhen von t_i und t_a siehe § 2.

Für preussische Staatsbauten sind in dem erwähnten Ministerialerlaß Wärmedurchgangszahlen vorgeschrieben.

Gegenüber diesen findet man bei manchen Forschern Abweichungen, doch sind sie in guter Übereinstimmung mit den meisten Zahlen, die in der Praxis benutzt werden, und geben ein sicheres Ergebnis.

Aus den ministeriellen Zahlen und den diese erweiternden anderweitigen Angaben ist folgende Tabelle zusammengestellt.

Stündlicher Wärmedurchgang durch 1 qm Fläche bei Dauerbetrieb der Heizung für 1° Temperaturunterschied.

Art der Fläche		WE	Art der Fläche		WE
Volles Ziegelmauerwerk bei Wandstärken von	12 cm	2,4	Holz wand, einfach		1,9
	25 "	1,7	Dgl. doppelt ohne Luft-		
	38 "	1,3	schicht		1,2
	51 "	1,1	Dgl. mit Luftschicht		0,92
	64 "	0,9	Balkenlage mit	Fußboden. Decke . . .	0,35 0,50
	77 "	0,8	Windelboden		
	90 "	0,65	als		
	103 "	0,6	Wagerechte Massivdecken		1,5 bis
116 "	0,55	je nach Art und Belag. .		3,0	
Quaderverblendung bei gleicher Gesamtwand- stärke 15 v. H. Zuschlag auf obige Werte			Gewölbe mit massivem Fuß-		
			boden		1,0
			Dgl. mit Dielung } Fußboden. als } Decke . . .		0,45 0,7
Volles Sandstein-, Bruchstein- oder Stampfbetonmauer- werk bei Wand- stärken von	30 cm	2,2	Holzfußboden über Erdreich		
	40 "	1,9	hohl verlegt		0,8
	50 "	1,7	Dgl. mit Asphalt		1,0
	60 "	1,55	Massiver Fußboden über		
	70 "	1,4	Erdreich		1,4
	80 "	1,3	Türen		2,0
	90 "	1,2	Türverglasung		5,0
	100 "	1,1	Fenster, einfache		5,0
	110 "	1,0	Dgl. doppelte		2,3
	120 "	0,95	Oberlichter, einfache		5,3
Kalksteinmauerwerk 10 v. H. Zuschlag Drahtputz- oder Gipsdielenwände bei Wandstärken von			Dgl. doppelte		2,4
			Holzzementdach		1,3
			Papp- und Schieferdach . .		2,0
	4-6 cm	3,0	Wellblechdach		4,0
	8-10 "	2,4	Ziegeldach		4,85

Bei der Flächenberechnung werden die inneren Längen- und Breitenmaße der Begrenzungswände, die Höhenmaße von Fußbodenoberkante zu Fußboden-

oder Deckenoberkante gemessen. Von den Wandflächen werden die Fenster- und Türöffnungen abgezogen. Bei Fenstern wird die volle Fensterfläche einschließlich Holzrahmen gerechnet.

Zu den aus obigen Zahlen berechneten Wärmedurchgangsmengen werden nun noch Zuschläge gemacht. Die preußische Ministerialvorschrift gibt hier folgendes an:

a) für Himmelsrichtung an Außenwänden:

Norden, Nordosten, Nordwesten, Osten . . . 15 v. H.

Westen, Südwesten, Südosten 10 v. H.

b) für Eckräume und solche mit einander gegenüberliegenden Außenflächen ist auf alle Außenflächen noch besonders zuzuschlagen 5 v. H.

c) auf Straßenansichtsflächen, die dem Wind anhaltend ausgesetzt sind, sowie auf alle Außenflächen freistehender Gebäude . . . 10 v. H.

d) Räume über 4 m Höhe erhalten für jedes Meter Mehrhöhe auf den berechneten Wärmebedarf einen Zuschlag von . . . $2\frac{1}{2}$ v. H.
jedoch nicht mehr als 20 v. H.

e) für Anheizen bei ununterbrochenem Betrieb und mit Bedienung auch bei Nacht . . . 5 v. H.

desgl. ohne Bedienung bei Nacht 10 v. H.

für täglich unterbrochenen 13—15stündigen Heizbetrieb einschließlich des Anheizens, welches nicht unter drei Stunden anzunehmen ist 15 v. H.

für täglich unterbrochenen 9—12stündigen Heizbetrieb, sonst wie vor 20 v. H.

für den Betrieb nach längeren Unterbrechungen 30 v. H.

Die Zuschläge für Anheizen und Betriebsunterbrechung (e) sind zu dem, einschließlich der Zuschläge von a bis d berechneten Wärmebedarf zu machen.

Unter Benutzung obiger Zahlenwerte stellt man für jede Heizungsanlage eine Übersichtstabelle auf, wie nebenstehend gezeigt ist. Die Anordnung dieser ist dem Ministerialerlaß entnommen. Die in dieser als Beispiel angeführten Räume

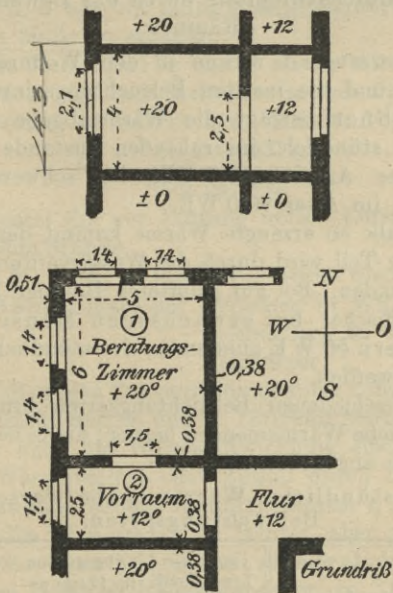


Fig. 1. Gebäudeskizze zur nebenstehenden Übersichtstabelle.

entsprechen der in Fig. 1 gegebenen Darstellung eines Gebäudeteiles.

Wo in dieser Tabelle der Wärmeunterschied mit einem Minuszeichen versehen ist, erhält der betreffende Raum Wärmezufuhr aus einem Nachbarraume.

Die in Reihe 3a befindlichen Buchstaben sind Abkürzungen der Namen der einzelnen in Berechnung gezogenen Teile:

EF = einfache Fenster, IT = Innentür, AW = Außenwand, IW = Innenwand, FB = Fußboden. Weiter können in Frage kommen: DF = Doppelfenster, AT = Außentür, D = Decke, EO = einfaches Oberlicht, DO = doppeltes Oberlicht usw.

§ 5. Wärmeentwicklung durch das Bewohnen der Räume.

Wärmeerzeugend wirken in den Wohnräumen die Bewohner und die meisten Beleuchtungseinrichtungen. Nach Rubner beträgt die Wärmeabgabe eines Erwachsenen stündlich: im ruhenden Zustande 96,0 WE, bei leichter Arbeit 118,5 WE, bei schwerer Arbeit 140,0 WE, im Alter 90,0 WE.

Nicht alle so erzeugte Wärme kommt den Räumen zugute, ein Teil wird durch die Wasserverdunstung der Haut gebunden. Bei gut gelüfteten Räumen kann man nach H. Fischer bei erwachsenen Menschen 100, bei Kindern 50 WE annehmen, die stündlich der Luft zugeführt werden.

Die verschiedenen Beleuchtungsarten bringen zum Teil erhebliche Wärmemengen hervor; die in nachstehender Tabelle angegeben sind.

Mittlere stündliche Wärmeabgabe verschiedener Beleuchtungsarten.

Art der Beleuchtung	Mittlere Leuchtkraft in Normalkerzen	Abgegebene Wärmemenge	
		für 1 Licht nebenstehender Lichtstärke WE	für 1 Normalkerze WE
Stearinkerze	1	80	80
Petroleumflachbrenner	10	600	60
Petroleumrundbrenner .	25	500	20
Gasschnittbrenner . .	10	1200	120
Gasglühlicht	50	1850	37
Elektrisches Bogenlicht	500	300	0,6
„ Glühlicht .	16	48	3

Es kann also der durch die Heizung zu deckende Wärmebedarf sowohl durch die Menschen wie durch die Beleuchtung stark vermindert werden, ja es kann umgekehrt der Fall eintreten, daß man den Räumen Wärme entziehen, d. h. also für Lüftung sorgen muß, um sie auf zulässigem Maße zu erhalten.

Soll der Luftbedarf in einem Raum mit Rücksicht auf eine nicht zu überschreitende Raumtemperatur bestimmt werden, so bedient man sich der Formel:

$$L = \frac{W (1 + 0,0037 t_i)}{0,31 (t_i - t_e)} \quad (2)$$

L bedeutet die zur Lüftung nötige Luftmenge von t_i °C in cbm/Stunde.

$W = W_1 + W_2 + W_3 \mp W_4$, worin wieder

W_1 die Wärmeabgabe der Menschen in WE/Stunde

W_2 „ „ „ Beleuchtung in WE/Stunde

W_3 „ „ „ Heizkörper „ „ „

die z. B. wegen Zugvermeidung unter hohen Fenstern aufgestellt werden und in Tätigkeit bleiben müssen, wenn auch die Wärmeentwicklung eine zu große;

W_4 der Wärmeverlust oder Zufluß durch die Begrenzungswände bei der Raumtemperatur t_i in WE/Std. Derselbe ist negativ im Winter, aber positiv im Sommer, wenn die Außenluft wärmer als die innere ist;

t_i ist die zulässige Raumtemperatur in °C;

t_e die Temperatur der einströmenden Luft in °C.

§ 6. Berechnungsart des Wärmebedarfs von Räumen mit dicken Wänden bei unterbrochener Heizung.

H. Fischer hat für Räume mit besonders dicken Wänden und häufiger unterbrochener Benutzung, besonders Kirchen, eine besondere Berechnungsweise angegeben,

Er geht von der Voraussetzung aus, daß der Beharrungszustand, der bezüglich des Wärmedurchgangs bei Räumen mit ununterbrochener oder selten unterbrochener Heizung nach erfolgtem Anheizen eintritt, wegen der Dicke der Wände in Räumen mit seltener Benutzung nicht eintritt. Er zieht daher nur die innere Schale der Wände in genügender Dicke in den Bereich der Berechnung.

Zunächst wird die Wärmemenge berechnet, die zur Erwärmung des Luftinhaltes auf die gewünschte Temperatur nötig ist, und ferner der Wärmebedarf einer 12 bis 15 cm dicken Schale, die man sich aus allen dickwandigen Außenmauerteilen — Wänden, Pfeilern, Fußböden, Gewölben — zusammengesetzt denkt. Die so erhaltene, zur vollen Anheizung notwendige Wärmemenge wird auf die zum mindesten 10 Stunden anzunehmende Anheizdauer verteilt. Der ermittelten Wärmemenge schlägt man den nach den Angaben in § 4 ermittelten Wärmedurchgang durch die Türen, Fenster und etwa vorhandenen dünnen Wände hinzu und erhält so den stündlichen Wärmebedarf der Räume.

Für diese Berechnungsart muß man wissen, daß zur Erwärmung von 1 cbm der verschiedenen Baustoffe um 1° folgende Wärmemengen nötig sind:

bei Backstein	270—500	WF
„ Kalkstein	500—560	„
„ Sandstein	500	„
„ Gips	490	„
„ Eisen	825—1000	„

§ 7. Brennstoffe und Verbrennung.

Die brennbaren Bestandteile aller Brennstoffe sind Kohlenstoff und Wasserstoff. Der Kohlenstoff kommt

teils frei, teils in chemischer Verbindung mit Wasserstoff und Sauerstoff vor. Der Wasserstoff ist nie in freiem Zustande im Brennstoff enthalten. Treten diese Bestandteile unter gleichzeitiger Entzündung mit dem Sauerstoff der Luft in Verbindung, so findet eine heftige Wärmeentwicklung statt. Diesen Vorgang bezeichnet man bekanntlich mit **Verbrennung**.

Der Wert der Brennstoffe wird in erster Linie nach der Menge an Wärme, die sie hervorzubringen vermögen, bemessen, doch treten noch andere Eigenschaften für die Beurteilung hinzu, deren gelegentlich der Beschreibung der einzelnen Brennstoffe Erwähnung geschieht.

Man unterscheidet feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe, die teils in der Form, wie sie die Natur uns bietet, teils in künstlicher Umgestaltung benutzt werden.

Der wichtigste feste Brennstoff ist die Steinkohle, die in sehr verschiedener Beschaffenheit vorkommt. Neben den brennbaren Stoffen sind darin Sauerstoff, meistens Schwefel, ferner Wasser und Asche enthalten. Die chemische Verbindung des Sauerstoffs mit den brennbaren Stoffen nennt man Bitumen oder flüchtige Bestandteile. Die älteste Steinkohle, der Anthrazit, enthält nur verschwindend kleine Mengen solcher, dagegen fast nur reinen Kohlenstoff. Er brennt schwer, doch stets ohne Rauch und Ruß, da diese von den flüchtigen Bestandteilen stammen. Die Öfen, in denen er gebraucht wird, bleiben rein, daher ist er ein angenehmer Brennstoff für Dauerbrandöfen.

Ihm nahe kommt die Magerkohle mit etwas mehr flüchtigen Bestandteilen, die auch nur wenig Rauch und Ruß entwickeln kann, und auf diese folgen die Flammkohlen, Fettkohlen usw., die zum Teil beträchtliche Mengen von flüchtigen Bestandteilen besitzen.

Treibt man durch Erhitzung die letzteren aus, so bleibt von der Kohle neben der Asche nur reiner Kohlenstoff und man erhält den wichtigen künstlichen Brennstoff, den Koks. Dieser verbrennt, wie der Anthrazit, rauch- und rußfrei; sein lockeres, gleichmäßiges Gefüge macht ihn wegen der Leichtigkeit, mit der die Verbrennungsluft zugeführt werden kann, besonders wertvoll.

Die bei dieser „Vergasung“ ausgetriebenen Teile sind ebenfalls wertvolle Bestandteile; aus ihnen entsteht das Leuchtgas und der Teer. Beide sind wieder Brennstoffe. Teer wird als solcher nur wenig gebraucht, aber er bildet die Grundlage für unendlich mannigfaltige chemische Erzeugnisse der Farben- und Arzneimittelfabrikation, der ätherischen Öle u. dgl.

Dort, wo man die Kohle „verkocht“, um Leuchtgas herzustellen, in den Gasanstalten, legt man natürlich Wert darauf, möglichst viel Gas zu gewinnen. Die gute Beschaffenheit des Kokes kommt in zweiter Linie in Frage. Wo man Kohle verkocht, um in erster Linie Koks zu gewinnen, in den Kokereien, benutzt man die für einen guten Koks geeignete Kohle, wobei man auf möglichst vollkommene Verkokung sieht. Daher kommt es, daß der Kokereikoks (Zechen- oder Hüttenkoks) durchweg besser, d. h. wärmericher ist als der Gaskoks. Der Koks ist für das Heizungsfach von größter Bedeutung, weil er der hauptsächlichste Brennstoff der Zentralheizungen geworden ist.

Da es bei allen Brennstoffen sehr zweckmäßig für eine gute Verbrennung ist, wenn dieselben eine möglichst gleichmäßige Körnung haben, so verwendet man zumeist nicht mehr die aus groben und kleinen Stücken bestehende Förderkohle, sondern die von den Zechen in ihren Aufbereitungsanstalten nach der Größe getrennten gleich-

mäßigen Körnungen (Nußkohlen u. dgl.). Dasselbe gilt vom Koks.

Aus den staubförmigen Überresten der Kohle, vor allem des Anthrazits und der Magerkohle, werden durch Zusatz von Teer oder Ton als Klebstoffe Steinkohlenbriketts hergestellt. Bekannt sind im Heizungsfach für Stubenöfen die sogenannten Eierbriketts, die ihren Namen nach ihrer Gestaltung tragen.

Die zweite wichtige Gruppe der festen Brennstoffe ist die Braunkohle. Diese kommt in noch größerer Verschiedenheit vor als die Steinkohle. Sie besitzt stets flüchtige Bestandteile in erheblichen Mengen.

Während die besten Braunkohlen der Steinkohle so nahe kommen, daß sich die Grenzen verwischen, tragen die schlechtesten noch deutlich das Gepräge des Torfes oder Holzes, aus denen sie entstanden sind. Dazwischen gibt es viele Abstufungen; der Heizwert schwankt in weiten Grenzen.

Die besten Braunkohlen kommen in Deutschland nicht vor, ihre Heimat ist vor allem Böhmen und Steiermark. Die Kohle ist stückig, hat hohen Heizwert und gibt beim Verbrennen eine leichte weiße Asche.

Unsere deutsche Braunkohle hat einen sehr hohen Wassergehalt, bis 60 v. H.; ist sie nicht von vornherein erdig, so zerfällt sie meistens leicht an der Luft. Sie ist daher ein unbequemer Brennstoff. Aber man fertigt aus ihr einen wertvollen, weitverbreiteten und beliebten Brennstoff, die Braunkohlenbriketts, deren Heizwert ein viel höherer, weil der Wassergehalt ein viel geringerer ist, als der der Braunkohle, aus der sie erzeugt werden (12—15 v. H.).

Außer den Kohlen sind als feste Brennstoffe Holz und Torf zu nennen. Der Torf ist im natürlichen Zu-

stande sehr wasserhaltig und muß daher lange an der Luft trocknen, doch behält er auch dann noch eine sehr große Feuchtigkeitsmenge. Verwendbar ist er nur in der Nähe der Gewinnungsstellen, weil die Fracht im Verhältnis zum Heizwert leicht zu hoch wird. Versuche, den Torf künstlich durch Verkokung, Pressung oder Briketierung umzugestalten, um den Heizwert zu erhöhen und ihn auf weitere Entfernungen verwerten zu können, haben wegen der hohen Unkosten bislang zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt.

Das Holz ist der vornehmste, aber auch der teuerste Brennstoff, wenn man von Ausnahmefällen absieht. Die aus diesem hergestellten Holzkohlen haben für Heizungszwecke keine Bedeutung.

Von flüssigen Brennstoffen interessiert für Heizungszwecke nur das Petroleum, und auch dieses nur in geringem Maße. Es wird aus der Verarbeitung des rohen Erdöls erzeugt. Die dabei abfallenden Rückstände, Astatki oder Masut, sind ein in Petroleumgegenden viel benutzter Heizstoff für Dampfkessel und andere technische Zwecke, in Rußland auch für Zentralheizungsanlagen.

Von den gasförmigen Brennstoffen ist nur das Leuchtgas von Bedeutung. Wir sahen oben, daß es aus Steinkohle gewonnen wird. In Petroleumgegenden entströmt ein brennbares Naturgas der Erde.

Ausnahmefälle, in denen unter Umständen andere Brennstoffe zur Verwendung kommen können, sollen uns hier nicht beschäftigen; doch mag hier noch kurz auf ein Heizmittel hingewiesen werden, das nicht in den Rahmen der beschriebenen Brennstoffe paßt. Es ist die elektrische Energie, die in den Elektrizitätswerken erzeugt und dadurch als Heizmittel gebraucht wird, daß

sie Drähte oder Platten aus Metall erhitzt. Da die mit einer gewissen Strommenge hergestellte Wärmemenge nur verhältnismäßig gering ist, so kann diese Art Heizung wegen ihrer Teuerkeit nur in Ausnahmefällen Bedeutung erlangen.

§ 8. Heizwert und Ausnutzung des Brennstoffes.

Die Wärmemenge, die theoretisch bei vollkommener Ausnutzung der brennbaren Bestandteile eines Brennstoffes gewonnen werden könnte, nennt man den theoretischen Heizwert des Brennstoffes. Er beträgt für 1 kg

Holz (lufttrocken) . . .	2700 WE	
Torf „ . . .	2700 „	
Braunkohle	2000 bis	5600 WE
Braunkohlenbriketts . .	4500 „	5000 „
Steinkohle	6000 „	7800 „
Koks	6000 „	7000 „
Petroleum	10000	„
Leuchtgas (für 1 cbm) .	4700 „	5500 „

Je nach der Güte der Feuerungsanlage wird von diesem Heizwert mehr oder weniger nutzbar gemacht. Bei der Verbrennung soll sich aus den Kohlenstoff- und Wasserstoffbestandteilen Kohlensäure und Wasser bilden. Findet diese Umsetzung vollkommen statt, so nennt man die Verbrennung eine vollständige, bleiben aber in den verbrannten Stoffen brennbare Bestandteile zurück, so nennt man sie unvollständig.

Um eine vollständige Verbrennung zu erzielen, ist es notwendig, daß der Brennstoff mit einem Überschuß von Luft verbrennt, denn nur dadurch ist die Sicherheit gegeben, daß an jedes Kohlenstoffteilchen auch der zur Verbrennung nötige Sauerstoff herantritt. Ist aber einerseits ein Luftmangel der Anlaß einer unvollständigen Verbrennung, so ist andererseits auch ein großer Luft-

überschuß von Nachteil, denn da die Verbrennungsgase mit einer gewissen Wärme dem Schornsteine zuströmen, so geht auch die überschüssige Luft erwärmt mit zum Schornstein und damit eine unnötige Wärmemenge verloren.

Die Höhe des nötigen Luftüberschusses hängt von der Beschaffenheit des Brennstoffes ab, so ist z. B. bei Leuchtgas wegen der leichten Möglichkeit einer innigen Mischung mit der Luft für vollständige Verbrennung nur ein geringer Überschuß nötig, während man bei unregelmäßig gestalteter, teils grobstückiger Kohle einen großen Überschuß nicht umgehen kann.

Als günstigste Zahl der Praxis für Feuerungen mit festen Brennstoffen kann man annehmen, daß eine Luftmenge gleich dem 1,3fachen der theoretischen gebraucht wird.

Ein guter Schornsteinzug, eine richtig gewählte Schichthöhe des Brennstoffes sind weiter Gründe, um mit einer günstigen Luftmenge auszukommen.

Aus dem in den Verbrennungsgasen enthaltenen Kohlensäuregehalt läßt sich auf die Verluste schließen, die durch den Luftüberschuß entstehen.

Der in den Verbrennungsgasen theoretisch mögliche höchste Kohlensäuregehalt ist 21 v. H. Wie sich der Wärmeverlust unter Annahme einer Temperatur der Verbrennungsgase von 270° C bei verschiedenem Kohlensäuregehalt stellt, ergibt folgende Tabelle.

Kohlensäuregehalt v. H.	. 15	10	8	6	4	2
Luftüberschuß über die theoretisch benötigte Luft- menge.	0,3	0,9	1,4	2,2	3,7	8,5
Verlust an Wärme v. H.	. 12	18	23	30	45	90

Da mit Verminderung der Temperatur der abziehenden Gase bei gleichem Kohlensäuregehalt der Verlust sinkt, so sollen die Gase so kühl wie möglich abziehen. Vielfach begnügt man sich mit einer Wärme der abziehenden Gase von 250—300° C. Gelingt es, die Gase mit 150—200° dem Schornsteine zuzuführen, so hat man sehr Gutes erreicht, doch kommen bei besonders guten Feuerungsanlagen noch geringere Temperaturen vor.

Die Gesamtausnutzung der Brennstoffe in den Feuerungsanlagen schwankt in weiten Grenzen.

Der englische Kamin hat nur eine Ausnutzung von 5 bis 10 v. H., bei Stubenöfen schwankt sie von 10 bis ca. 30 v. H. Gute Zentralheizungen machen bei voller Leistung 50 bis 70 v. H. des Heizwerts nutzbar, doch sind von den besten fast 80 v. H. nachgewiesen.

Bei nicht voller Beanspruchung einer Feuerung läßt sich eine unvollständige Verbrennung vielfach nicht vermeiden, wodurch der Ausnutzungswert wesentlich heruntergehen kann. Mit einer Durchschnittsleistung von 35 v. H. glaubte man früher bei Zentralheizungsanlagen schon Genügendes erreicht zu haben, doch gibt es heute wesentlich bessere Anlagen, die einen Durchschnitt von rund 60 v. H. des Heizwertes und auch noch darüber nutzbar machen.

Aus diesen Vergleichszahlen ergibt sich, daß gute Zentralheizungen bezüglich des Brennstoffverbrauches den Einzelöfen weit überlegen sind. Die natürliche Folge der Benutzung von Zentralheizungen ist die Vermehrung der Anzahl der beheizten Räume. Das kann meistens geschehen, ohne daß man eine Steigerung des Brennstoffverbrauches gegenüber Ofenheizung zu befürchten hat.

§ 9. Die Rostfläche der Feuerungen.

Die Luftzuführung zu den zu verbrennenden festen Brennstoffen geschieht auf verschiedene Weise. Für Holz und Torf genügt es, wenn man sie auf eisernen oder steinernen Unterlagen lagert. Die lockere Beschaffenheit beider Stoffe gibt genugsam Gelegenheit zum Zutritt der Luft.

Weit öfter benutzt man auch hierfür Roste, und für Kohle sind sie bis auf einzelne Sonderanordnungen dringendes Erfordernis.

Die Größe der Roste und der freie Querschnitt der Schlitzte zwischen den Roststäben stehen zu der zu verbrennenden Kohlenmenge in festem Verhältnis.

Für 100 kg stündlich zu verbrennenden Brennstoff ist als Gesamtrostfläche nötig:

bei Braunkohle . . .	0,8 bis 1 qm
bei Steinkohle . . .	0,8 bis 1,5 qm
bei Koks	0,8 bis 1,7 qm.

Von dieser Gesamtfläche soll $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ freier Querschnitt sein.

Die Höhe der Brennstoffschicht auf dem Rost richtet sich nach Art und Körnung der Brennstoffe. Gemeinlich soll die Schichthöhe betragen:

bei magerer Steinkohle und Anthrazit	10 bis 15 cm
bei fetter backender Steinkohle . .	8 „ 10 cm
bei Koks	15 „ 25 cm
bei Braunkohle	15 „ 25 cm.

Je nach der Ausführung der Roste unterscheidet man:

Planroste (in wagerechter Lage),
Schrägroste (in geneigter Lage),

Treppenroste (in geneigter Lage, aber mit treppenförmigen Absätzen),

Korbroste (die ringsum den Brennstoff umschließen).

Feuerungen, bei denen man mehr als den augenblicklich nötigen Brennstoff auffüllen kann, um das Beschicken in längeren Zwischenräumen bewirken zu können, nennt man Füllfeuerungen.

Auch bei diesen ist zu beachten, daß dort, wo der Brennstoff verbrennen soll, die Schichthöhe nicht höher ist als oben angegeben. Streichen die Feuergase durch höhere nur teilweise erwärmte Brennstoffschichten, so entsteht mit Sicherheit unvollständige Verbrennung mit hohem Wärmeverlust. In dieser Beziehung findet man auffällig viele Fehler, sowohl bei Einzelöfen wie bei Zentralheizungen.

§ 10. Der Schornstein.

Der Schornstein dient dazu, dem Brennstoff die frische Luft zu- und die Verbrennungsgase abzuführen. Die Wirkung beruht auf dem Bestreben, Gleichgewicht zwischen der im Schornsteine befindlichen Säule warmer Verbrennungsgase, deren spezifisches Gewicht geringer ist als das der kalten Außenluft, und dieser letzteren herzustellen. Dadurch findet ein Zuströmen kalter Luft durch die Feuerung nach dem Schornstein statt, wobei die Luft zur Verbrennung benutzt wird. Diese Erscheinung wird Auftrieb oder Zug genannt.

Von der Höhe und Temperatur der im Schornsteine eingeschlossenen Gassäule hängt die Stärke des Zuges ab. Er wächst mit größerer Höhe und höherer Temperatur der Verbrennungsgase.

Bei den freistehenden, den eigentlichen Schornsteinen ist man bezüglich der Höhe nicht be-

schränkt. Man kann somit eine große Zugkraft auch bei minder warmen Gasen erzielen, wenn man die Höhe groß genug wählt. Bei den Hausschornsteinen, oder Rauchrohren, ist man wegen der Gebäudehöhe an bestimmte Höhen gebunden, doch gelingt es auch hier, die genügende Zugwirkung zu erzielen, da die Hausfeuerungen, sowohl der Stubenöfen, wie der Zentralheizungskessel, keinen so kräftigen Zug gebrauchen, als die Dampfkesselanlagen u. dgl., für die man die freistehenden Schornsteine aufzurichten pflegt.

Die besteigbaren Hausschornsteine der früheren Zeit sind heute wenig gebräuchlich; sie waren am Platze, wo man Feuerungen benutzte, die viel Luftüberschuß nötig hatten, wie offene Herdfeuer und auch die offenen Kamine. Man konnte in diese eine größere Anzahl von Feuerungen leiten, lief dann aber Gefahr, daß die Öfen nicht gleichmäßig brannten. War nur ein Teil der angeschlossenen Öfen im Betrieb, so war die Luftsäule im Schornsteine nur schwer in Bewegung zu setzen, es trat also Zugmangel ein. Heute benutzt man allgemein die engeren (russischen) Rauchrohre, deren jedes für einen oder nur wenige Öfen bestimmt ist. Diese Rauchrohre werden nach den Normalgrößen der Backsteine bemessen, z. B. 13×13 cm, 13×21 , 21×21 , 21×25 cm. Als Regel gilt, an ein Rauchrohr von 250 qcm nicht mehr als drei Öfen zu hängen.

Brauchbare Rohrweiten für Herd- und Ofenfeuerungen erhält man aus folgenden Formeln.

Ist B die stündlich verbrannte Kohlenmenge, h die Höhe des Rauchrohres in Metern, gemessen von der Stelle der Einmündung der Feuerung bis zur Mündung, so ist der Querschnitt in Quadratcentimetern

$$F = \frac{10000 B}{70 \cdot \sqrt{h}} \text{ bei Steinkohle und Koks} \quad (3)$$

und

$$F = \frac{10000 B}{47 \cdot \sqrt{h}} \text{ bei Torf und Holz.} \quad (4)$$

Für offene Kaminfeuer ist mindestens die doppelte Weite nötig.

Die Schornsteine der Zentralheizungen berechnet man zweckmäßig nach folgender Formel:

Ist W die Wärmemenge in WE, die die Heizung stündlich benötigt, k die Wärmeabgabe eines Kilogramms des gebrauchten Brennstoffs, h die Schornsteinhöhe in Metern, so ist der Querschnitt in Quadratcentimetern

$$F = \frac{100 W}{k \sqrt{h}}. \quad (5)$$

Ist man bezüglich der Schornsteinhöhe nicht an ein Maß gebunden, so kann man nach folgender Formel rechnen:

$$h = 0,22 \sqrt[3]{B p}, \quad (6)$$

worin B der stündlich verbrauchte Brennstoff und p der theoretische Heizwert dieses ist (s. S. 29).

§ 11. Verhütung von Rauch und Ruß.

Rauch und Ruß sind die Folge unvollständiger Verbrennung jener Brennstoffe, die flüchtige Bestandteile enthalten. Sie sind unverbrannte Kohlenteile, doch sind selbst bei starker Rauchbildung die Brennstoffverluste durch den Rauch bei weitem nicht so stark, wie man gemeinlich denkt. Sie betragen nur wenige Prozente. Andererseits ist die Ausnutzung der Brennstoffe bei völlig

rauchfreier Verbrennung auch nicht so günstig, als wenn ein leichter Rauch dem Schornstein entströmt; denn die völlig rauchfreie Verbrennung ist die Folge eines größeren Luftüberschusses, dessen Schädlichkeit wir oben schilderten.

Rauch und Ruß sind aber eine gewaltige Plage für die Städte und an der Beseitigung oder Verminderung wird seit langem und zwar, soweit Ofenheizungen in Frage kommen, nur mit geringem Erfolge gearbeitet, während sowohl in technischen Betrieben wie auch in Zentralheizungen wesentliche Fortschritte gemacht worden sind; bei den technischen Betrieben durch sorgsame Wartung und Verbesserung der Feuerungen, bei der Zentralheizung durch die fast ausschließliche Verwendung von Koks, der keinen Rauch bilden kann.

Für die Ausnutzung des Brennstoffes ist der Ruß ferner dann schädlich, wenn er sich an die Wände der Öfen setzt. Ruß ist ein schlechter Wärmeleiter, er vermindert daher die Leistungsfähigkeit der Öfen stark, weil die Gase zu heiß abziehen.

Besteht der Ruß aber zum Teil aus Teernebeln, so setzt er sich leicht als Glanzruß an die Schornsteinwandungen und kann die Veranlassung zu Schornsteinbränden geben.

§ 12. Behandlung der Brennstoffe.

Während Holz und Koks durch das Lagern eine Veränderung des Heizwertes nicht erfahren, tritt bei Kohlen eine Verminderung bei längerem Lagern ein, vor allem bei Kohlen, die stark mit flüchtigen Bestandteilen versehen sind. Der frische Verbrauch dieser ist also anzustreben. Aber auch die richtige Behandlung während des Verbrauches ist von Bedeutung, deshalb sei hier auf

einige diesbezügliche Regeln hingewiesen. Sie sind von Vereinigungen verfaßt, die den Wunsch haben, das Verständnis für die Feuerungen in weitere Kreise zu tragen, um besonders auf die Verringerung des Rauches und Rußes durch Stubenöfen einzuwirken.

Es heißt darin:

1. Kohlen beim Einschaufeln vom Lagervorrat stets dicht vom Boden aufnehmen, Grus nicht liegen lassen.
2. Nicht in den Kohlen herumrühren oder darauf treten.
3. Zerkleinern von weichen Kohlen (Mager- oder Salonkohle) nur mit der scharfen Seite des Hammers.
4. Anfeuchten der Kohle nur bei Grus und stark grushaltigen Kohlen anwenden; bei anderen Arten ganz zwecklos, meistens sogar schädlich.

II. Abschnitt.

Die Luft und ihre Beschaffenheit.

§ 13. Allgemeines und Zusammensetzung der Luft.

Die Erhaltung der Gesundheit des Menschen verlangt, daß in den Wohnräumen nicht allein eine genügend erwärmte, sondern auch eine den Menschen bekömmliche Luft erhalten wird.

In vielen Fällen ist das ohne besondere Lüftungseinrichtungen zu erreichen, vor allem natürlich da, wo die Räume im Verhältnis zur Bewohnerzahl groß sind. Selbstverständlich muß auch die Heizung so beschaffen sein, daß keine Verschlechterung eintreten kann. Sind die Räume stark gefüllt, so muß für Lüftung gesorgt werden.

Die den Erdball umgebende Lufthülle besteht aus einem in der Zusammensetzung der Hauptsache nach ziemlich gleichbleibenden Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff. In teils sehr geringen Mengen sind noch andere Gasarten darin enthalten, so das dem Stickstoff verwandte Argon, das erst vor einigen Jahren entdeckt wurde, ferner meist Ammoniak, Wasserstoffsperoxyd, Ozon und vor allem Kohlensäure. Mechanisch beigemischt ist ferner eine wechselnde Menge von Wasserdampf und auch mehr oder weniger Staub. Die drei letzten Bestandteile verlangen die volle Beachtung des Heizungstechnikers und Hygienikers. Rund 21 v. H. Raumteilen der Luft sind Sauerstoff, 79 Stickstoff. Die Kohlensäuremenge ist in reinster Luft 0,03 v. H. Raumteilen (0,03%), in den Städten 0,04 bis 0,05 v. H., weil eine Reihe von Kohlensäurequellen anreichernd auftreten. Die Wasserdampfmenge, die die Luft aufnehmen kann, ohne daß diese sichtbar wird, d. h. bis zur „Sättigung“, steigt mit der Temperatur der Luft. Siehe folgende Tabelle.

Feuchtigkeitsgehalt in g/cbm gesättigter Luft.

Temperatur der Luft ° C	Feuchtigkeitsgehalt in g/cbm
—20	1,0
—15	1,5
—10	2,3
—5	3,4
+0	4,9
+5	6,8
+10	9,4
+15	12,8
+20	17,2
+25	22,9
+30	30,2

Wenn z. B. gesättigte Luft von ungefähr 0° auf +10° erwärmt wird, so besitzt sie nur noch halbe Sättigung. Man

nennt das einen Feuchtigkeitsgrad von 50 v. H. Wird erwärmte gesättigte Luft abgekühlt, so entsteht ein Überschuß von Feuchtigkeit, der sichtbar wird. Die Folge sind das Beschlagen kühlender Flächen, vor allem der Fenster. (Tau, Nebel- und Wolkenbildung.)

Der Feuchtigkeitsgrad der freien Luft wechselt stark mit der Witterung.

Die Menge des in der Luft enthaltenen Staubes hängt von der Örtlichkeit ab, doch wird er weit in die Ferne getragen, so daß man im eiserstarrten Norden, wo nicht die geringste Ursache der Staubentwicklung ist, trotzdem solchen gefunden hat.

Die in Wohnräumen befindliche Luft kann durch Unreinlichkeit, durch Ausdünstung aus Küche und Waschküche, Vermoderung feuchter Holzteile u. dgl. verdorben und für die Bewohner schädlich werden. Zur Vermeidung solcher Vorkommnisse können Heizung und Lüftung auch in Frage kommen, indessen ist es doch vor allem Sache des Erbauers, die Einrichtungen so zu treffen, daß die Wohnungen davon verschont bleiben. Es haben sich zu diesem Zwecke Regeln gebildet, die der Baumeister beobachten muß. Im nachfolgenden kann nur von normalen und unvermeidlichen Verunreinigungen der Luft die Rede sein. Deshalb muß auch durch gewerbliche Tätigkeit entstehende Verunreinigung der Luft hier ausscheiden. Die richtige Wahl der gegen solche Verunreinigung zu treffenden Vorkehrungen macht jeweilig genaue Erhebungen nötig und ist Sache von auf diesem Gebiete erfahrenen Technikern.

§ 14. Luftverschlechterung durch Kohlensäure.

Kohlensäure ist ein sehr giftiges Gas. In einer Beimengung von 1 v. H. in der Luft bringt sie Unbehagen, Atmungsbeschwerden, Kopfschmerz und Beklemmungen hervor, doch werden noch 8—10 v. H. kurze Zeit hindurch ohne schwere gesundheitliche Störungen ertragen. In einer Beimengung von 20 und 30 v. H. bringt sie rasch Bewußtlosigkeit, später den Tod.

Die Kohlensäuremenge darf also in bewohnten Räumen ein den Menschen zuträgliches Maß nicht überschreiten.

Für Krankenzimmer erachtet man einen Gehalt von 0,07 v. H., für Wohnräume 0,1 v. H. für zulässig. Für zeitweilig benutzte Räume, z. B. Schulen, ist ein Gehalt von 0,15 v. H. noch gestattet, doch schaden für kürzeren Aufenthalt 0,2 bis 0,3 v. H. nicht.

Die Vermehrung des Kohlensäuregehaltes entsteht zunächst durch die Menschen selbst. Die menschliche Lunge entnimmt der Luft den Sauerstoff und gibt Kohlensäure wieder von sich. Der Vorgang beim Atmen ist also der gleiche, wie bei der Verbrennung erläutert, daher geht er auch mit Wärmeentwicklung vor sich (s. § 8).

Je nach Alter und Geschlecht ist die von Menschen abgegebene Kohlensäuremenge verschieden groß.

Ein Kind gibt stündlich 10 l, ein Erwachsener in Ruhe 18—20 l, bei körperlicher Arbeit 25—36 l Kohlensäure ab.

Auch die meisten Beleuchtungsarten sind Kohlensäurequellen, zum Teil in beträchtlichem Maße.

Stündliche Kohlensäureentwicklung verschiedener Beleuchtungsarten.

Art der Beleuchtung	Mittlere Leuchtkraft in Normalkerzen	Kohlensäuremenge in l für die Flamme	Kohlensäuremenge in l für eine Normalkerze
Stearinkerze	1	13	13
Petroleumflachbrenner	10	90	9
Petroleumrundbrenner .	25	80	3,2
Gasschnittbrenner . . .	10	70	7
Gasglühlicht	50	180	3,6
Elektrisches Bogenlicht	—	Spuren	—
„ Glühlicht	—	—	—

Beiläufig sei darauf hingewiesen, welchen Einfluß die Verbesserungen der neueren Beleuchtungsarten aufweisen. Der Petroleumrundbrenner ist, wie man aus dem Verhältnis der Kohlensäuremenge zur Leuchtkraft ersehen kann, günstiger als der Flachbrenner. Ähnlich ist das Verhältnis zwischen Gasglühlicht und offenem Schnittbrenner. Die elektrische Beleuchtung liefert keine Kohlensäure.

Da ferner alle verbrennenden Stoffe, wie oben geschildert, Kohlensäure oder bei unvollständiger Verbrennung das giftige Kohlenoxyd und Rauch entwickeln, so ist es in allen Fällen verwerflich, Verbrennungsgase von Öfen in die Räume selbst zu leiten. Der offene Koks-korb, der in Neubauten zur Trocknung der Wände Verwendung findet, ist sehr gefährlich, aber auch Gasöfen, die in Wohnräumen hier und da benutzt werden, ohne an Kamine angeschlossen zu sein, sind unbedingt zu verwerfen. Eine Ausnahme mag für vorübergehenden Gebrauch der Petroleumofen sein, solange man ihn nur zur Aushilfe bei geringem Wärmebedürfnis benutzt.

Die Erhaltung einer an Kohlensäure nicht zu reichen Luft ist eine der Grundlagen für die Berechnung des Luftbedarfs bei den Lüftungsanlagen. Ist K die Kohlensäure, die sich stündlich in einem Raume entwickelt, c_2 der zulässige Kohlensäuregehalt, c_1 der Kohlensäuregehalt der zuzuführenden Luft, so ist die benötigte Luftmenge, alles auf Kubikmeter bezogen:

$$L = \frac{K}{c_2 - c_1} . \quad (7)$$

Bei Räumen (Sitzungssälen u. dgl.), die nur vorübergehend benutzt werden, wendet man die folgende Kohl-rauschsche Formel an.

Nennt man außer obigen Bedeutungen c_0 den Kohlen- säuregehalt der Raumluft vor Beginn der Lüftung in Kubikmetern (bei Räumen, die längere Zeit unbenutzt waren, mit 0,0005 [0,05 v. H.] zu setzen); V den Inhalt des zu lüftenden Raumes in Kubikmetern, z die Dauer der Kohlensäureentwicklung in Stunden, so ist

$$L = \frac{2}{c_2 + c_0 - 2c_1} \left[\frac{V}{z} (c_0 - c_2) + K \right]. \quad (8)$$

Es wird heute vielfach der Verschlechterung der Luft durch den Kohlensäuregehalt nicht die Bedeutung mehr beigelegt wie bisher. Dagegen schätzt man den Einfluß schlechter Dünste in Räumen als schädigender ein. Die Ansichten darüber sind noch nicht geklärt. Jedenfalls ist es nützlich, bei einer Berechnung sich immer noch an die hier entwickelten Formeln zu halten.

§ 15. Feuchtigkeit der Luft in Wohnräumen.

Vielfach ist die Ansicht verbreitet, daß für Gesundheit und Behaglichkeit ein nicht zu geringer Feuchtigkeits- grad in den Wohnräumen erwünscht ist. Man geht dabei von falschen Voraussetzungen aus, indem man in geheizten Räumen für Trockenheit der Luft hält, was auch nicht das mindeste damit zu tun hat. Diese Er- scheinung hängt vielmehr mit dem Staubgehalt der Luft zusammen, auf den wir weiter unten näher eingehen. Daß es sich nicht um Feuchtigkeitsbedarf handelt, geht schon daraus hervor, daß man nur in geheizten Zimmern daran erinnert wird. Im Sommer denkt kein Mensch daran, den Feuchtigkeitsgrad der Luft zu erhöhen, um die Luft erträglicher zu machen; Zimmerspringbrunnen u. dgl. sollen durch Verdunstung abkühlend wirken, aber nicht feuchtigkeitvermehrend.

Den Menschen ist ein heller klarer Sonnentag im Sommer wie im Winter zuträglicher als ein nebliger November- oder ein schwüler Gewittertag. Es bedarf keiner Erläuterung, welche von diesen Tagen die mit geringem, welche diejenigen mit hohem Feuchtigkeitsgehalt sind. Das lebhafteste Gefühl des Wohlbefindens empfindet man an den trocknen hellen Wintertagen, vorausgesetzt, daß kein scharfer Wind weht.

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß die atmosphärischen Niederschläge eine Reinigung der Außenluft mit sich bringen und gleichzeitig den Staub wegschwemmen. Die Niederschläge erfolgen zuzeiten feuchter Luft, und so kann man indirekt dieser eine hygienische Wirkung zuschreiben.

Sonst ist nirgend nachgewiesen, daß eine wenig feuchte, aber sonst reine Luft der Gesundheit unzutraglich ist. Bekanntlich scheidet der Mensch durch Atmung und Hautausdunstung Feuchtigkeit aus. Die letztere wirkt kühlend auf den Körper, weil sie in der Luft verdampft, was mit Wärmebindung vor sich geht. Die Ausdunstung wird bei warmer Luft stärker; kann nun diese warme Luft, weil sie trocken ist, diese Feuchtigkeit leicht aufnehmen, so wirkt das wohlthuender, als wenn die Aufnahmefähigkeit wegen hohen Feuchtigkeitsgehaltes vermindert wird oder ganz verschwindet. Ein erhöhter Stoffwechsel ist also die Folge des Aufenthaltes in warmer nicht feuchter Luft, er erzeugt eine Steigerung des Wohlbefindens.

Man hält heute Feuchtigkeitsgrade der Luft in geschlossenen Räumen von 30 bis 40 v. H. der Sättigung für die zuträglichsten, doch sind solche bis 60 v. H. noch gut zu ertragen; darüber hinaus beginnt man Unbehagen zu empfinden.

Sind die Räume mit guten Heizungseinrichtungen versehen, so bedarf es keiner besonderen Feuchtigkeitsspender in diesen. Die hier und da auf den Heizkörpern benutzten Verdunstungsschalen sind unnötig, ja verwerflich. Werden sie nicht peinlich sauber gehalten, so können sie die Quelle von üblen Gerüchen bilden und der Bildung von Krankheitskeimen Vorschub leisten. Wenn jemand trotzdem die wohltätige Wirkung rühmt, so beruht das meistens auf Einbildung.

Die Feuchtigkeitsabgabe eines Kindes durch Atmung und Hautausdünstung ist stündlich 20 g, eines Erwachsenen in Ruhe 40 g, bei kräftiger Arbeit 80 bis 130 g. Auch die durch direkte Verbrennung wirkenden Beleuchtungsarten geben Feuchtigkeit ab und zwar

eine Stearinkerze	rund	10 g
ein 10kerziger Petroleumflachbrenner . . .		75 g
ein 25kerziger Petroleumrundbrenner . . .		60 g
ein 16kerziger Gasschnittbrenner		310 g
ein 50kerziges Gasglühlicht		320 g.

Die Notwendigkeit einer Lüftung kann also auch aus Gründen der Feuchtigkeitsentwicklung eintreten, in dessen tritt dieser Umstand gegenüber der Kohlensäure- und Wärmeentwicklung der gleichen Quellen zurück.

Sowenig in Räumen ohne Lüftung besondere Feuchtigkeitsspender nötig sind, so kann man eine Anfeuchtung der mit der Lüftung in die Räume eintretenden Luft zur Heizzeit meistens nicht entbehren. Nach der auf S. 38 gegebenen Tabelle hat z. B. gesättigte Luft von -20° einen Feuchtigkeitsgrad von 1 g/cbm, Luft von $+20^{\circ}$ jedoch 17,2 g.

Wenn man also die kalte Luft auf 20° erwärmt in den Raum bringt, ohne sie vorher anzufeuchten, so würde der Feuchtigkeitsgehalt nur von $1 : 17,2 = 6$ v. H. betragen, also viel zu trocken sein

Die benötigte Feuchtigkeit wird der Luft in den Vorwärmkammern durch herabrieselndes oder zerstäubtes Wasser zugeführt.

§ 16. Gebräuchliche Luftmengen.

In der Praxis stützt man sich bezüglich der zuzuführenden Luftmenge auf Erfahrungswerte. Sie sind genügend groß, um bis auf Ausnahmefälle den Kohlen säure-, Wärme- und Feuchtigkeitsgehalt auf zulässiger Höhe zu erhalten.

Stündlicher Luftbedarf in Kubikmeter für verschiedene Verhältnisse.

Es ist zu rechnen eine stündl. Luftmenge in cbm	Nach H. Fischer	Nach preuß. Ministerialerlaß 24. IV. 1901	Nach Rietschel
für einen gewöhnlichen Kranken	60 bis 80	Nach Angabe der Ärzte	75
für einen Verwundeten oder eine Wöchnerin	80 „ 120		
für einen ansteckenden Kranken	120 „ 180		
für einen Gefangenen	25 „ 50	Schlafzelle 10 cbm (Einzelhaft 15 bis 22, Gemeinsamhaft 10)	
für Menschen in Werkstätten, Kasernen, Schauspielhäusern, Versammlungsräumen und Hörsälen	25 „ 50	bis zu 20	20
f. ein. größ. Schüler od. eine solche Schülerin	20 „ 40	} 10 bis 25	10 bis 17
f. ein. jung. Schüler od. eine solche Schülerin	15 „ 30		
für Wohnräume für Erwachsene . . .			20 „ 35

Man sieht, daß die ministeriellen Vorschriften geringere Zahlen annehmen als H. Fischer; früher waren sie höher und kamen den Fischerschen Zahlen nahe.

Man ist mit dem Luftwechsel insofern an gewisse Höhen gebunden, als eine zu starke Lüftung Zugbelastigung mit sich bringen kann. Unter günstigen Verhältnissen für die Zu- und Ableitung der Luft kann man bis zu einem fünfmaligen Luftaustausch in einer Stunde gelangen und kommt damit zumeist völlig aus. In Amerika geht man in Schulen allerdings noch erheblich weiter; doch dürfte es schwer sein, Zugbelastigungen dabei gänzlich zu vermeiden. Die erheblich höheren Kosten für die Heizung können übrigens auch bestimmend sein, den Luftwechsel einzuschränken.

Für Flur- und Treppenhäuser gibt die ministerielle Verfügung einen $1\frac{1}{2}$ - bis einmaligen Luftwechsel an, der bis aufs Zweifache steigen soll, wenn sich Leute in den Räumen aufhalten.

In Aborten und anderen Räumen, in denen sich Dünste oder Gerüche entwickeln, soll man auf einen mindestens dreifachen, besser jedoch fünffachen Luftwechsel stündlich rechnen.

Das alles gilt also für normale Verhältnisse. In vielen Fällen muß, damit eine gewisse Temperaturhöhe im Raum nicht überschritten wird, die Größe des Luftwechsels besonders berechnet werden, wozu dann die früher gegebenen Formeln und Angaben dienen.

§ 17. Der Staubgehalt der Luft.

Der in der Luft der Räume schwimmende Staub ist hauptsächlich organischen Ursprungs; er besteht aus Resten pflanzlicher Stoffe und tierischer Abgänge, sei es durch deren Exkremeute, durch Abstoßungen der

Haut u. dgl., ferner aus den Fasern der Kleidungsstücke und Möbeln. Daneben kommen häufig nicht unerhebliche Rußmengen, also Reste von gebrannter Kohle in Frage.

Nußbaum stellte in gesammeltem Staube aus städtischen Wohnhäusern bis zu 40% von Pferdedungresten fest.

Dann befinden sich auch Sporen im Staube, unter denen Krankheitserreger sein können. Die im Straßentaub enthaltenen unorganischen Stoffe, die der Wind hochwirbelt, kommen in den Räumen weniger in Betracht, weil sie wegen ihres Gewichtes leichter wieder niederfallen.

Regeln, wieviel Staub in der Luft erlaubt ist, gibt es nicht. Der Staubgehalt selbst und die Art desselben ist großen Schwankungen unterworfen. Um darüber einen, wenn auch geringen Anhalt zu besitzen, sei erwähnt, daß v. Fodor in verschiedenen Jahreszeiten die Staubmenge für 1 cbm Luft mit 0,24 bis 0,55 mg gemessen hat. Hesse ermittelte die wesentlich höhere Menge von 1,6 mg in 1 cbm, eine Menge, die gesammelt etwa der Größe eines Stecknadelkopfes entsprechen dürfte.

Daß trotz dieser sehr geringen Mengen sich in den Zimmern große Staubmengen aufhäufen, ist genugsam bekannt. Durch den Verkehr, durch offene Fenster kommen neue Luftmengen mit neuem Staub; wenn diese Luftmengen mit heftiger Luftbewegung ihren Einzug halten, so führen sie auch größere Mengen von Staub mit sich, der sich zwar nicht schwimmend im Raum erhält, sondern sich niederlegt. Der abgelagerte Staub wird teils durch die Reinigung entfernt, teils bleibt er in unzugänglichen Ecken liegen, kann dann aber durch besondere Umstände wieder aufgewirbelt werden.

Es ist daher erforderlich, daß die durch die Lüftungsanlage zugeführte Luft möglichst staubfrei in die Räume gelangt. Man sucht als Luftentnahmestellen solche aus, die vor Staub geschützt sind, wie Stellen hinter Gebüsch oder Rasenplätze fern von der Straße. Wo das nicht möglich, muß man zu künstlichen Mitteln greifen. Das geschieht vielfach, indem man die Luft in große Räume treten läßt, in denen die Geschwindigkeit stark gemindert wird, so daß der Staub niedersinken kann. Ferner filtert man die Luft, sei es, daß man sie durch ein Gewebe ziehen läßt, sei es, daß man sie durch Berührung mit Wasser wäscht oder daß man beide Reinigungsarten zusammen verwendet. Das letztere ist der Fall, wenn man neben der Filteranlage eine Befeuchtungsanlage einbaut.

Die organische Natur des größten Teils des Staubes ist es nun, die in geheizten Räumen eine Luftverschlechterung hervorbringen kann.

Wenn man im Herbst einen Ofen zu heizen beginnt, den man vorher nicht sorgfältig gereinigt hat, so wird man, wenn die Ofenflächen heiß werden, bald in dem Zimmer einen unangenehmen Geruch wahrnehmen. Aber das nicht allein; man erhält den Eindruck, als sei die Luft sehr trocken, weil man im Halse ein lebhaftes Trockenheitsgefühl empfindet. Das kommt daher, daß der mit den Öfen in Berührung kommende Staub versengt oder verschwelt, wobei sich Ammoniak entwickelt, der reizend auf die Schleimhäute des Halses wirkt und jenes Gefühl der Trockenheit hervorruft. Diese Erscheinung tritt ein, wenn die Oberflächentemperatur der Heizflächen die Höhe von rund 70°C überschreitet. Sie ist lebhafter, wenn der Staub oder die Luft feucht ist. Die Heizflächen sollen nach alledem so eingerichtet sein, daß

sie die kritische Temperatur von 70° C nicht überschreiten. Ist das nicht erreichbar, so muß wenigstens dafür gesorgt werden, daß die Heizkörper und Öfen möglichst wenig Flächen haben, auf denen sich Staub ablagern kann, ferner, daß sie leicht zugänglich, also leicht zu reinigen sind.

Wir verweisen nunmehr auf § 16 über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft und erwähnen einen Fall, den H. Fischer seinerzeit erlebte.

Er wurde zu einer mit Luftheizung versehenen Schule gerufen, in der die Lehrer über unerträgliche Trockenheit der Luft klagten, die ihnen das Sprechen fast unmöglich machte. Die Untersuchung lehrte, daß die Luft in den Schulräumen mit Feuchtigkeit gesättigt war, ein Zustand, der an sich schon geeignet war, den Aufenthalt in den Räumen unerträglich zu machen. Als dann der Heizofen im Keller untersucht wurde, stellte sich heraus, daß er mit einer dicken Lage Staub bedeckt war, der auf den warmen Flächen lustig verschwelte. Nachdem dieser entfernt und die Feuchtigkeitszufuhr verringert wurde, war die Klage über die Trockenheit der Luft zunächst verstummt, doch würde, um sie dauernd verstummen zu lassen, neben häufiger guter Reinigung des Ofens eine Herabsetzung der Temperatur der Heizflächen die notwendige Folge gewesen sein. Das ist aber, beiläufig bemerkt, besonders bei den Luftheizungen schwer erreichbar.

III. Abschnitt.

Das Wesen der Heizung.

§ 18. Allgemeines.

Außer der Beschaffung ausreichender Wärme bei Erhaltung gesunder Luft stellt man an die Heizungsanlagen noch folgende Ansprüche:

Die Räume sollen möglichst gleichmäßig erwärmt sein.

Die Wärmeabgabe soll leicht geregelt werden können, um die Räume auf gewünschter Temperatur erhalten zu können.

Die Heizungseinrichtungen sollen dauerhaft sein.

Die Heizungen sollen im Betriebe billig sein.

Der Platzbedarf der Heizkörper selbst, wie des durch lästige Wärmestrahlung dieser beanspruchten Raumes soll möglichst beschränkt werden.

Die Wärmestrahlung selbst soll möglichst gering sein.

Gefahren müssen ausgeschlossen sein.

Inwieweit die heutigen Heizungsarten diesen Anforderungen zu entsprechen vermögen, werden wir in der folgenden Beschreibung kennen lernen.

Man unterscheidet zwischen Einzel-, Lokal- oder Ofenheizungen und Zentral- oder Sammelheizungen.

Bei den ersteren ist in der Regel für jeden Raum ein Ofen mit besonderer Feuerstelle vorhanden. Mehrere kleine benachbarte Räume können durch einen gemeinsamen Ofen erwärmt werden, für größere Räume, wie Festsäle, Kirchen, Arbeitsräume, werden mehrere Öfen nötig. Zuweilen legt man die Feuerstellen der Öfen in die Vorräume, um den Verkehr mit Brennstoff und Asche aus den geheizten Räumen fernzuhalten und Störungen durch das Feuern, so z. B. in Schulen während des Unterrichts, zu vermeiden.

Bei den Zentralheizungen wird die Wärme für eine Anzahl von Räumen gemeinsam erzeugt und diesen durch Leitungen zugeschickt.

Die Ofenheizungen werden heute durch die Zentralheizungen stark verdrängt, nachdem diese durch Verbilligung der Anschaffungspreise weiteren Kreisen zugänglich geworden und die Anlagen so vollendet gestaltet

werden können, daß sie den obengenannten Forderungen bei guter Ausführung weit besser zu entsprechen vermögen als die Öfen. Nicht allein, daß gute Zentralheizungen bei der Lieferung gleicher Wärmemengen im Brennstoffverbrauch weit sparsamer sind, als die Einzelöfen, so ist auch die gleichmäßige Wärmeverteilung sowohl in den Räumen selbst, wie in der Gesamtheit eines zu beheizenden Hauses bei richtiger Wahl der Heizungsart viel leichter zu erreichen. Dabei ist die Bedienung eine einfachere, die Feuersgefahr eine geringere, eine Verschmutzung der Räume durch Kohlen- und Aschetragen ausgeschlossen.

Die Leichtigkeit, mit der man eine angenehme Erwärmung sämtlicher Wohnräume bei einer Zentralheizung erreichen kann, verführt zu vermehrter Benutzung erwärmter Räume. Dies ist für das Wohlbefinden der Bewohner von erheblicher Bedeutung und steigert den Wert der Wohnungen in hohem Maße. Die Ansicht, daß die Bewohner von Häusern mit Zentralheizungen „verwöhnt“ würden und Erkältungen mehr ausgesetzt seien, ist eine durchaus irrige. Vielmehr das Gegenteil ist der Fall.

Bezüglich der geschilderten Annehmlichkeiten und Vorteile ist die Voraussetzung gemacht, daß man die Ofenheizungen mit wirklich guten Zentralheizungen vergleicht. Alle die trefflichen Eigenschaften der letzteren fallen fort, wenn sie aus Sparsamkeitsgründen nur auf das Notdürftigste ausgestattet, Heizkörper und Kessel zu klein, die Rohrleitung zu eng und aus schlechtem Material sind, und wenn man ein unbrauchbares oder schlechtes System wählt. Solchen Zentralheizungen gegenüber sind Einzelöfen, bei denen die Regeln der Gesundheitslehre nach Möglichkeit beachtet sind, entschieden vorzuziehen.

Die Einsicht aber über gut und schlecht bei Zentralheizungen ist noch sehr im Rückstande. Die Besitzer solcher Anlagen merken häufig zu spät und zu ihrem Schaden an kalten Zimmern, hohen Brennstoffkosten, schlechter Luft die Nachlässigkeit oder Unkenntnis der Hersteller oder aber die Nachteile, die die eigene übel angebrachte Sparsamkeit mit sich gebracht hatte. Das Haus kann dauernd verdorben sein.

Es sei indessen darauf hingewiesen, daß in neuen Häusern die Heizungsanlagen anfangs leicht etwas knapp erscheinen und mehr Brennstoff bedürfen, solange die Gebäude noch feucht sind. Sind sie erst ausgetrocknet, so braucht die Wärme, die zur Verdampfung der Feuchtigkeit nötig war, nicht mehr aufgewandt zu werden, auch leiten trockne Wände die Wärme nicht mehr so schnell ab, wie feuchte, und die vorher anscheinend zu Geringes leistende Anlage ist dann völlig ausreichend.

Die Ausführung der Heizungsanlage ist eine Vertrauenssache, mit der man nicht den ersten besten, der vorgibt, sich in dem Fach auszukennen, betrauen darf. Es gibt genügend tüchtige Fachmänner, deren Namen schon verbürgen, daß sie sich zur Herstellung minderwertiger Anlagen nicht hergeben.

§ 19. Einzel- oder Ofenheizung.

Für die Beurteilung der Güte eines Ofens sind folgende Gesichtspunkte von Bedeutung.

Bei einer möglichst vollkommenen Verbrennung der Brennstoffe soll die Ausnutzung der erzeugten Wärme die erreichbar beste sein. Dabei soll der Ofen nicht durch starke strahlende Wärme belästigen, was unmittelbar die Forderung nach sich zieht, daß die wärmegebenden Flächen keine zu hohe Temperatur erhalten. Die Ver-

brennung soll regelbar sein, doch darf das nicht durch Drosselung der abziehenden Gase geschehen. Es muß vielmehr den Verbrennungsgasen unbehinderter Abzug gegeben werden, dagegen darf der Zutritt der Luft zur Feuerung eingedrosselt werden, wenn man die Leistung verringern will. Bei solcher Eindrosselung ist es unvermeidlich, daß die Verbrennung unvollständig wird. Es entsteht dann aus dem Brennstoff das giftige Kohlenoxyd. Um so mehr muß man bei solchen Öfen auf gutes Dichthalten der Ofentüren und vor allem der Füllschächte achten, denn gerade bei schwachem Feuer kann der Schornstein versagen, sog. Rückstau eintreten und die Gefahr des Entweichens der Feuergase in die Räume ist eine um so größere. Da Kohlenoxyd ein brennbares Gas ist, so können bei Stauung des letzteren im Ofen kleine Explosionen auftreten. Diese kennzeichnen sich durch Verpuffen, bei dem die Gase häufig durch Öffnungen in Rost und Ofentür in die Zimmer getrieben werden.

Übrigens wird fast überall durch polizeiliche Bestimmungen die Anbringung von Schiebern und Klappen zwischen Ofen und Schornstein verboten.

Die äußeren Formen des Ofens sollen so gestaltet sein, daß sie leicht gereinigt werden können; auch aus dem Inneren soll anhaftender Ruß leicht zu beseitigen sein.

Die meisten Öfen entnehmen ihre Verbrennungsluft aus dem zu erwärmenden Raume selbst und bewirken damit eine Lüftung. Diese wird vielfach in ihrem Werte zu hoch angeschlagen; die dadurch entfernte Luftmenge ist nur verhältnismäßig gering.

Man kann die Öfen danach unterscheiden, ob sie ein offenes oder geschlossenes Feuer besitzen; die ersteren sind die Kamine, die letzteren die eigentlichen Öfen.

Diese können wieder unterschieden werden danach, ob sie eine fortdauernde Beschickung nötig haben, oder ob sie im Innern einen Brennstoffvorrat aufnehmen können, so daß die Beschickung in größeren Zwischenräumen erfolgen kann. Eine andere Unterscheidung besteht nach der Art des zu den Öfen verwandten Materials. Die in Frage kommenden Materialien sind Gußeisen, Schmiedeeisen und gebrannter Ton (Backstein, Majolika, Steingut, Porzellan). Viele Öfen werden unter Benutzung beider Materialien hergestellt.

Im Zusammenhang mit dieser Unterscheidung steht die, ob die Öfen nur den augenblicklichen Wärmebedarf decken sollen, was vor allem bei den eisernen Öfen der Fall ist, oder ob sich vermöge ihrer Masse größere Mengen von Wärme aufspeichern lassen, die nach Erlöschen des Feuers dem Zimmer zugute kommen, wie bei den Tonöfen.

Die ersteren Öfen lassen sich dem Bedarf des Raumes besser anpassen als die letzteren, sie erfüllen also die Forderung der Regelung besser als die letzteren.

Die eisernen Öfen, deren dem Feuer ausgesetzte Teile innerlich vielfach durch feuerfeste Steine oder Schamotte vor zu großer Erhitzung geschützt werden, geben auf kleineren Flächen größere Wärmemengen ab, daher wirken sie leicht lästig durch strahlende Wärme. Zur Beseitigung dieser sind Ofenschirme oder besser Ofenmäntel erforderlich. Der zwischen Ofen und Ofenmantel entstehende Luftraum wirkt, vorausgesetzt, daß er von genügender Weite ist, günstig auf die gleichmäßige Erwärmung des Zimmers, weil eine Luftbewegung entsteht, und zwar wird die kühle, dem Boden naheliegende Luft dem Ofen zuströmen und oben ihn erwärmt wieder verlassen. Solche mit Mänteln versehene Öfen können auch zur Lüftung dienen, indem man dem erwärmten Luft-

zwischenraum frische Luft von außen zuführt. Naturgemäß darf der Luftraum nicht zu eng werden, weil sonst die Luft zu heiß, die Menge zu gering wird. Wechselklappen an solchen Öfen machen es möglich, nach Belieben die Luft den Zimmern oder aus dem Freien zu entnehmen. Zur Beschleunigung des Anheizens der Räume pflegt man den Luftzutritt von außen abzusperren. Bei Tonöfen sind wegen der an sich mildereren Wärmeabgabe Mäntel nicht erforderlich.

§ 20. Wahl des Ofens.

Bei Auswahl eines Ofens wird man sich zunächst Rechenschaft über die Art der Benutzung der zu beheizenden Räume geben müssen.

Für dauernd benutzte Wohnräume wird man Öfen vorziehen, die eine milde, möglichst gleichmäßige Wärme abgeben, deren Beschickung eine nicht zu häufige ist und die die Möglichkeit einer sicheren Regelung der abzugebenden Wärme gestatten. Die Tonöfen, die sich zwar langsam erwärmen, aber in ihrer Masse größere Wärmemengen aufspeichern, und die eisernen Dauerbrandfüllöfen werden hier in Frage kommen. Handelt es sich um Räume, die im gegebenen Falle schnell erwärmt werden sollen, so wird man eisernen Öfen mit einfacher Rostfeuerung oder den sog. Regulieröfen den Vorzug geben. Letztere gestatten nach erfolgter Erwärmung des Raumes eine leichte und sichere Einschränkung der Verbrennung und damit eine Verminderung der Leistung.

Sollen solche Räume nach erfolgter Erwärmung in guter gleichmäßiger Wärme verharren und wünscht man nach erfolgtem Verlöschen des Feuers keine zu schnelle Auskühlung, so wird man die aus Eisen und Ton zusammengesetzten Öfen bevorzugen,

Bei alledem spielt Gewohnheit eine Hauptrolle, wollen doch die Engländer trotz der großen Fehler ihrer Kaminheizung sich nicht von dieser trennen.

Bei der Heizung mit Gas kommt bis auf hier nicht zu erörternde Ausnahmen das städtische Leuchtgas in Frage. Der Heizwert dieses schwankt, es kommen in Ausnahmefällen sogar erhebliche Abweichungen vom normalen Heizwert, den man mit 5000 WE anzunehmen pflegt, vor.

Von diesem Heizwert können im Gasofen höchstens 85 v. H. ausgenutzt werden. Der Verlust entsteht neben dem der durch den Schornstein abziehenden Wärme dadurch, daß das aus der Verbrennung des im Gase befindlichen Wasserstoffes entstehende Wasser in Dampf-Form entweicht, die Verdampfungswärme also verloren geht. Das Gas führt auch kleine Säuremengen mit sich. Verdichtet sich der Dampf zu Wasser, so wirkt dieses wegen des schwachen Säuregehalts rosterzeugend an den Ofenteilen, auch durchfeuchtet es die Schornsteinwände. Diese unangenehme Erscheinung hat schon zu Verboten der Benutzung von Gasöfen geführt. Schornsteine aus glasierten Tonrohren sind für Gasöfen sehr empfehlenswert.

Kostet nun 1 cbm Leuchtgas 13 Pf., so erhält man für 1 Pf. $\frac{0,85 \cdot 5000}{13} = 327$ WE. Ist der Preis der Stein-

kohle für 1 kg von 7000 WE 2 Pf. und die Ausnutzung in der Heizung nur 30 v. H., so erhält man doch für 1 Pf. noch 1050 WE; die Gasheizung ist also ungefähr dreimal so teuer, wie die mit Kohlen. Nun muß man wohl berücksichtigen, daß in den meisten Fällen die Gasheizung nur eine unterbrochene im weitesten Sinne ist, daß der Ofen stets dienstbereit ist und während des Be-

etriebes keinerlei Bedienung erfordert. Diese Vorteile können trotz der Teuerkeit des Betriebes häufig ausschlaggebend für die Verwendung sein.

Die Heizung mit Petroleum stellt sich ebenfalls sehr teuer, 1 kg Petroleum hat rund 10 000 WE und kostet rund 25 Pf., für einen Pfennig erhält man also 400 WE. Aber auch hier treten Verluste durch die nicht ausgenutzte Verdampfungswärme auf, so daß die Heizung ungefähr so teuer wird, als beim Leuchtgas.

Noch teurer gestaltet sich meistens die Heizung mit elektrischer Energie.

Diese wird nach Volt und Ampere oder Watt gemessen und verkauft. 1 Kilowattstunde (1000 Watt die Stunde) liefert 864 WE. Kostet nun eine Kilowattstunde, was für Kraftstrom in Städten nichts seltenes ist, 20 Pf., so kosten also rund 43 WE einen Pfennig, mithin ist die Heizung 10mal so teuer, wie bei den letzteren Brennstoffen und über 20mal so teuer wie bei Kohle.

§ 21. Zentralheizungen.

Die Zentralheizungen oder Sammelheizungen zerfallen in zwei Hauptgruppen. Bei der ersten, den Luftheizungen, ist erwärmte Luft Trägerin der Wärme, die in einem Luftheizungssofen (Kalorifer) hergestellt wird. Bei der zweiten, den Dampf- und Wasserheizungen, sind in den Räumen Heizkörper aufgestellt, denen von der gemeinsamen Wärmequelle, dem Kessel, das Heizmittel durch Rohrleitungen zugeführt wird.

Häufig findet man beide Gruppen vereinigt; hier übernimmt die Wasser- oder Dampfheizung die örtliche Erwärmung, die Luftheizung die Erwärmung der zur Lüftung der Räume zuzuführenden Luft.

Während die selbständigen Luftheizungen durchweg

durch Öfen mit direktem Feuer betrieben werden, wird in Fällen der letzteren Art die Erwärmung der Luft durch Dampf- oder Wasseröfen besorgt.

Bei den Warmwasserheizungen bilden eine neue Gruppe die Schnellumlaufheizungen.

Wenn Gebäudegruppen von einer gemeinsamen Wärmequelle mit Wärme versehen werden, so nennt man solche Gesamtanlagen „Fernheizungen“. Diese gewinnen immer größere Bedeutung. Die Verteilung der Wärme geschieht durch Hochdruckdampf oder warmes Wasser.

Für Wohnhäuser sind die Warmwasser- und Niederdruckdampfheizungen fast ausschließlich in Verwendung, die Luftheizungen sind stark zurückgedrängt.

Außer den beschriebenen Heizungsanlagen kommen noch verschiedene Abarten vor, wie z. B. Dampf- wasserheizungen, mit Erwärmung des Wassers durch Dampf im Ofen selbst, ferner Wasserluftheizungen, bei denen Warmwasserheizungen zum Anwärmen der Luft gebraucht werden. Beiden fehlt allgemeinere Bedeutung.

Die Vor- und Nachteile der einzelnen Heizungsarten werden bei der Beschreibung dieser eingehend geschildert werden.

An dieser Stelle ist noch etwas über die Heizkörper der Dampf- und Warmwasserheizungen und deren Aufstellung hinzuzufügen. Man hat zwischen freistehenden und umkleideten Heizkörpern zu unterscheiden. Die älteren freistehenden Heizkörper der Warmwasserheizungen waren vielfach unförmig und häßlich und wurden deshalb nicht gern in Wohnräumen verwandt. Für solche gebrauchte man Rohrschlangen und Rippenheizkörper, die man den Blicken durch Umkleidung ent-

zog. Durch meistens mit Gittern versehene Durchbrechungen trat die warme Luft aus diesen in die Räume. Dadurch verringerte sich die nutzbare Wärmeabgabe der Heizkörper, doch ist, wenn es sich um architektonische Wirkungen handelt, dieser Weg auch heute noch ein vielfach beschrittener.

Kann man solche Umkleidungen nicht vermeiden, so muß man sie so anbringen, daß sie behufs Reinigung der Heizkörper leicht entfernt werden können, doch schützt die Abnehmbarkeit nicht davor, daß diese Arbeit häufig versäumt wird; dann werden die Räume hinter den Umkleidungen und die Öfen selbst zu argen Schmutzwinkeln.

Deshalb tritt das Bestreben immer mehr hervor, die Heizkörper so zu gestalten, daß sie, wenn auch frei in die Räume gestellt, das Auge nicht beleidigen. Dem praktischen Sinne der Amerikaner verdanken wir die als freistehende Heizkörper jetzt in allgemeine Aufnahme gekommenen Radiatoren. Diese bestehen aus einzelnen senkrechten Gliedern, durch deren Vermehrung oder Verminderung Heizkörper jeder gewünschten Größe hergestellt werden können. Die senkrechte Gestalt vermindert die Flächen, auf denen sich Staub ablagern kann; schon ihre freie Stellung wirkt selbsttätig auf eine bessere Reinigung. Der Grundsatz, daß, was schön sein soll, vor allem auch praktisch sein muß, erobert ihnen in unserer praktisch angelegten und die Gesetze der Hygiene beobachtenden Zeit immer mehr das Feld. Aber auch hinter Verkleidungen sind Radiatoren am Platze, denn bei diesen ist es noch wichtiger, daß die Heizkörper keine Gelegenheit zur Staubablagerung geben, was bei Rippenheizkörpern wie Rohrschlangen nicht zutrifft. Hygienisch am günstigsten sind flache glatte Radia-

toren, frei und nicht zu dicht vor der Wand auf Konsolen befestigt. Siehe Bd. II.

Bezüglich der Aufstellung der Heizkörper hat man die Wahl, ob man sie an die Innenwände oder an die Außenwände unter die Fenster setzen will. Die Anlagen mit Heizkörpern an den Innenwänden werden wegen der kürzeren Rohrleitungen billiger; bei Warmwasserheizungen gibt die Lage der Rohre an den Innenwänden größere Sicherheit gegen Einfriergefahr. Die Heizkörper unter den Fenstern haben den Vorzug, daß sie an der Stelle der größten Abkühlung die warme Luft entwickeln, wodurch die Räume gleichmäßiger erwärmt werden. Man würde somit der Stellung unter den Fenstern den Vorzug zu geben haben, doch dürfen einige praktische Bedenken nicht unterdrückt werden. Häufig wird die Wärmeausstrahlung, wenn sich Sitzplätze an den Fenstern befinden, unangenehm empfunden, sodann leiden die Fenstervorhänge durch Staub. Wenn man auch die mild erwärmenden Warmwasserheizungen oder die Abart der Niederdruckdampfheizung, die Milddampfheizung, mit ihren gelind erwärmten Heizkörpern benutzt, so steigt doch immer mit der warmen Luft Staub auf, der sich in den Vorhängen festsetzt, sie schneller verschmutzend und verderbend. Häufig kann man bei der Warmwasserheizung die nötigen Heizflächen nicht in einer Fensternische unterbringen, sondern muß mehrere in Anspruch nehmen. Das ist wieder hygienisch sehr zweckmäßig, aber teuer und die Handhabung mehrerer Heizkörper in einem Zimmer, das Anstellen und Abstellen, nicht gern gesehen. In Geschäftszimmern, Schulen u. dgl. ist die Lage unter den Fenstern vorzuziehen, vor allem, wenn keine Doppelfenster vorhanden.

§ 22. Feuerluftheizungen.

Der Heizofen, auch Kalorifer genannt, findet im Keller meistens in einem gemauerten, gegen Wärmeabgabe gut gesicherten Raume Aufstellung und zwar so, daß die Wartung des Feuers außerhalb dieses Raumes geschieht, damit der Ofenraum möglichst vor Verschmutzung bewahrt wird. Luftheizungsöfen, ähnlich eisernen Stubenöfen mit Lüftungsmantel (siehe Band II), die heute vielfach angeboten werden, sind natürlich billiger, aber halten einen Vergleich mit guten Kalorifern in großen Heizräumen nicht aus.

Dem Heizraum strömt von unten die zu erwärmende Luft zu, am besten, nachdem sie zur Staubabgabe durch einen größeren Raum geströmt ist. In einem solchen Raume werden häufig Filter aus grobem Zeug oder Drahtgaze aufgestellt. Die Entnahme für die frische Luft soll auf alle Fälle an einen möglichst staubfreien Ort gelegt werden.

Man vergleiche mit Fig. 2: *O* ist der Heizofen in der Heizkammer *K*. *A* ist der Frischluftkanal, zu dem die Luft durch das Filter *B* zieht. Die erwärmte Luft zieht durch die oben im Heizraum beginnenden Warmluftkanäle *C* nach den Zimmern. Nach erfolgter Wärmeabgabe wird sie durch die Abluftkanäle *D* abgeleitet, die entweder im Bodenraum oder über Dach ausmünden. Bei minderwertigen Anlagen läßt man wohl die Abluftkanäle fort. Damit bekommt man ganz unsichere Verhältnisse bezüglich der richtigen Wärmezufuhr in die Zimmer. Der Wärmeverlust der Räume wird durch die Wärme der einströmenden Luft gedeckt. Diese darf, um nicht unangenehm empfunden zu werden, nicht wärmer wie ungefähr 40°C sein. Beim Anheizen läßt

man sie einige Grade wärmer werden. Die Wärme der abziehenden Luft entspricht fast der Raumtemperatur. Ist diese im Mittel 20° , so ist sie am Fußboden, wo sie entnommen wird, vielleicht 18° , also entzieht man bei einer Einströmungstemperatur von 40° der Luft nur 22° , während man sie bei starker Kälte von -20° auf $+40^{\circ}$ aufheizen muß.

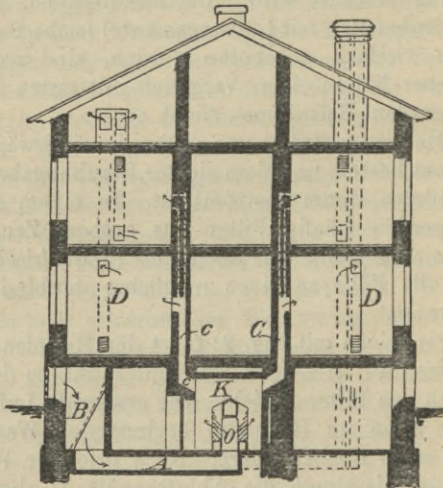


Fig. 2. Schematische Darstellung einer Luftheizung.

Aus diesen Zahlen erkennt man leicht den bedeutendsten Vor- und Nachteil der Luftheizung. Ist einerseits die Luftheizung durch die starke Lüftung, die sich aus diesen Verfahren ergibt, bezüglich der Erhaltung reiner Luft sehr günstig gestellt, so wird dieser Vorteil doch nur durch einen großen Aufwand an Brennstoff erzielt, weil häufig mehr als die Hälfte der im Ofen erzeugten

Wärme verloren geht. Dieser große Wärmeverlust hat zur Ersparung von Brennstoff dazu geführt, die Heizungen mit Umluft auszuführen, d. h. die ausgenutzte Raumluft durch abwärts führende Kanäle nach dem Ofen zurück und neu erwärmt den Zimmern zuzuführen. Damit fällt der Hauptvorteil dieser Heizungsart, die gute Lüftung, fort. Solche Umluft- oder Zirkulationsheizungen sind für die Beheizung von Kirchen gebräuchlich und auch am Platze, da in diesen die vorhandene Luftmenge so groß, daß ein Luftwechsel gemeiniglich nicht nötig ist. In anderen Fällen benutzt man die Umluftheizung nur für die Zeit des Anheizens und schaltet auf Frischluftzuführung um, wenn der betreffende Raum geheizt ist und sich Menschen darin aufhalten.

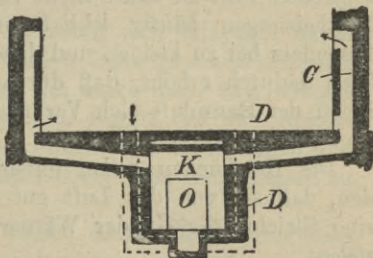


Fig. 3.

Luftheizung mit Umluft in einer Kirche.

Fig. 3 zeigt die Anordnung einer Umluftheizung in einer Kirche. Die Luft fällt durch die Kanäle *D*, die man gern dorthin legt, wo der Fußboden nicht begangen wird — hinter dem Altare usw. —, herab zum Ofen *O* und strömt erwärmt durch die Kanäle *C* in die Kirche zurück. Diese haben meistens verschließbare Austrittsöffnung sowohl am Fußboden wie in einiger Höhe. Für Wohnhäuser soll man die Umluftheizung niemals anwenden.

Die Luftheizungsöfen bestehen bis auf Ausnahmen aus Gußeisen. Von höchster Wichtigkeit für die gute Leistung einer Luftheizung ist, daß die Oberfläche

des Ofens nicht zu heiß wird. Bei den dem Feuer nahe liegenden Teilen erreicht man das durch Auskleidung mit feuerfesten Steinen, im übrigen muß die Heizfläche ausreichend bemessen sein. Zu kleine Öfen sind der größte Nachteil einer Luftheizung, weil durch das Verschwelen des Staubes unweigerlich eine Luftverschlechterung eintritt. Immerhin ist es noch schwierig, die Oberflächenwärme so herunterzudrücken, daß sie nirgends eine Temperatur von 70° , die für die Staubverschwelung kritisch ist, überschreitet. Die Gefahr der Erzeugung schlechter Luft ist daher leicht vorhanden und wird bei Luftheizungen häufig lebhaft empfunden. Sie wird, besonders bei zu kleinen und daher zu stark erwärmten Öfen dadurch erhöht, daß durch entstehende Risse in ihnen der Raumluft sich Verbrennungsgase zugesellen, was sogar gefährlich ist.

Die Heizflächen sollen ferner so angeordnet werden, daß sie von der Luft gut umspült werden, um eine Gleichmäßigkeit der Wärme im Heizraum zu erzielen.

Eine fernere Bedingung ist die Möglichkeit leichter Reinigung der Heizflächen von außen, daher soll der Heizraum geräumig und begangbar sein. Die Öfen sollen ferner wenige und gut dicht zu haltende Fugen haben, damit sich auch durch diese keine Verbrennungsgase der Heizluft beimengen können.

Auf den Öfen werden Befeuchtungsschalen angebracht, um der Luft die nötige Feuchtigkeit zuzuführen (s. S. 44).

Die Ausmündung der Kanäle, die die warme Luft in die Räume führen, wird etwas über Kopfhöhe gelegt. Bei hohen Räumen über 6 m Höhe (Kirchen) ist es zweckmäßig, zunächst die Luft am Fußboden des Raumes eintreten zu lassen, damit sich die unteren Zonen der Raum-

luft mit der warmen Luft mischen. Später tritt die Luft durch höher gelegene Öffnungen ein.

Für die gebrauchte Luft werden bei Frischluftheizung je zwei Austrittsöffnungen an jedem Abzugskanal angebracht und zwar die eine in der Nähe des Fußbodens, weil dort sich die kältere Luft, der also die Wärme am meisten entzogen ist, aufhält, die andere in der Nähe der Decke, um bei Überhitzung der Räume die zu warme Luft herauslassen zu können. Diese oberen Öffnungen dienen auch zur Lüftung der Räume während des Sommers.

Vor den Öffnungen befinden sich Klappen, deren Querschnitt verändert werden kann (Jalousieklappen), bei den Warmluftkanälen, um durch mehr oder weniger Öffnung die Wärmezufuhr zu regeln, bei den Abluftkanälen, um je nach Bedarf oben oder unten öffnen und warme (verbrauchte) oder kühlere Luft herauslassen zu können.

Die Regelung der Wärme durch verändertes Einstellen der Warmluftklappen ist keine zuverlässige. Sind z. B. sämtliche Öffnungen teils geschlossen, teils beschränkt geöffnet, so hat das unbedingt zur Folge, daß die Wärme im Heizraume erheblich steigt, solange die Heizfläche die gleiche Wärmemenge abgibt. Die Luft tritt also heißer aus und was durch Verminderung der Luftmenge erreicht wird, geht wieder durch die Erhöhung der Luftwärme verloren.

In dieser schlechten Regelungsfähigkeit liegt ein Mangel der Luftheizung, zumal man auch nicht in der Lage ist, die Feuermenge im Ofen selbst schnell zu ändern und dadurch die Wärmeabgabe zu vermindern.

Ein anderer wesentlicher Nachteil ist der, daß die Erwärmung der einzelnen Räume sehr vom Winde ab

hängig ist. In den dem Winde ausgesetzten Räumen entsteht leicht ein Überdruck, der den Austritt der warmen Luft verhindert, während die entgegengesetzt liegenden Räume mit übermäßigen Mengen warmer Luft versorgt werden. Um den Druck nicht so ganz direkt auf die Warmluftkanäle wirken zu lassen, ist es zweckmäßig, diese nicht in den den Fenstern gegenüberliegenden Wänden anzubringen. Je freier ein Haus liegt, desto mehr wird man den Übelstand ungleicher Wärmeverteilung durch Windanfall merken.

Um hier auch die übrigen Nachteile anzuführen, sei erwähnt, daß die Luftheizungen für ausgedehnte Gebäude nicht gut verwendbar sind, weil bei längerer wogerechter Führung der warmen Luft die Zuleitung zu den einzelnen Räumen zu unsicher wird. Eine wagerechte Entfernung des Ofens vom weitesten senkrechten Warmluftkanal von 10 bis 12 m ist das höchst zulässige Maß. Bei größeren Gebäuden müßte man also mehrere Luftheizöfen aufstellen.

Das viele Durchbrechen der Wände, die teilweise sehr weiten Kanäle werden auch nicht gern gesehen, und vor allem wird vom hygienischen Standpunkte schwer empfunden, daß diese Kanäle schlecht zu reinigen sind. Es können sich Krankheitskeime einnisten, die dauernd auf die Gesundheit der Bewohner der Räume einen schädigenden Einfluß ausüben. Sind sie der Feuchtigkeit ausgesetzt, so können sie leicht dumpfige Luft hervorbringen.

In den letzten Jahren werden Luftheizungen nach amerikanischem Muster angeboten. Sie sind im Preise billig und daher verlockend, aber die Nachteile sind noch bedeutender als bei den vorbeschriebenen Anlagen. Sie unterscheiden sich von diesen dadurch, daß sie die erwähnten den Stubenöfen vergleichbaren Luftheizöfen, die sehr angestrengt werden, benutzen, auf die Zuführung frischer, reiner Luft von außen wenig Rücksicht nehmen und die warme Luft durch enge eiserne Rohre den Räumen zuführen. Für regel-

rechte Abführung der Luft wird meistens nicht gesorgt. Hoherhitzte Luft und schlechte Nutzwirkung der Öfen sind die natürliche Folge dieser urwüchsigen Einrichtungen.

Hat die Luftheizung trotz des billigen Beschaffungspreises für Wohnhäuser an Bedeutung erheblich verloren, so wird diese angeblich neue amerikanische Art ihre Verwendung wohl kaum anders als vorübergehend zu erleben vermögen. Nimmt doch auch die aus Billigkeitsgründen bisherige weite Verbreitung in Amerika ab. Man verlangt eben heute mehr von einer guten Heizung als die Beschaffung genügender Wärme. In den heute vielfach verwendeten leichten Zwischenwänden aus Zement oder Gipsplatten findet sich häufig gar kein Platz für die Kanäle. Aber will man eine Luftheizung haben, so kehre man zu den älteren technisch wohl durchdachten Ausführungsformen zurück, wie sie die deutsche Heizungstechnik durchgebildet hat. Von den Amerikanern ist hier nichts zu lernen, als wie man für billige Ware gute Preise macht.

§ 23. Berechnung der Luftheizungen.

Nachdem gemäß § 4 der Wärmebedarf der zu beheizenden Räume und daraus der Gesamtbedarf des Hauses ermittelt ist, muß man die Heizfläche des Luftheizungsöfens ermitteln.

Diese richtet sich nach dem Temperaturunterschiede zwischen der kältesten Außenluft (gewöhnlich -20°), der in den Raum eintretenden erwärmten Luft (gewöhnlich $+40^{\circ}$) und dem Verluste, der dadurch eintritt, daß die Luft den Raum mit nahezu der in diesem herrschenden Temperatur auch wieder verläßt ($+15$ bis $+20^{\circ}$).

Ist W_r die für einen Raum erforderliche Wärmemenge in WE, t_e die Temperatur der vom Heizofen kommenden

erwärmten Luft, t_i die verlangte Raumtemperatur, so ist die für diesen Raum benötigte und zu erwärmende Luftmenge in Kubikmetern

$$L_r = W_r \frac{1 + 0,0037 t_i}{0,31 (t_e - t_i)} \cdot \quad (9)$$

Durch $1 + 0,0037 t_i$ wird die Ausdehnung der Luft infolge der Erwärmung berücksichtigt. 0,31 ist die spezifische Wärme der Luft (s. S. 10).

Bei einem Temperaturunterschiede von $t_e = +40^\circ$ und $t_i = +20^\circ$ sind für 1000 WE rund 170 cbm Luft nötig.

Hat man so den Luftbedarf für alle Räume bestimmt, so zählt man die ermittelten Zahlen zusammen und erhält die Gesamtluftmenge $L = \sum L_r$ für das ganze Haus bzw. für den von einem Luftheizungssofen zu versorgenden Teil desselben. Der Ofen muß diese Luftmenge von der niedrigsten Außentemperatur t_a auf die angenommene Eintrittstemperatur t_e bringen können. Er muß an Wärmeeinheiten liefern

$$W_0 = \frac{0,31 L (t_e - t_a)}{1 + 0,0037 t_a} \cdot \quad (10)$$

Zur Deckung der Verluste durch unvermeidliche Ausstrahlung des Heizraumes und der Warmluftkanäle und für die notwendige Anfeuchtung der Luft macht man zu der ermittelten Heizflächengröße einen Zuschlag von 10 bis 20 v. H. Ist k die Wärmemenge, welche 1 qm Ofenheizfläche an die Luft abgeben kann, und der Verlust an Wärme 15 v. H. angenommen, so ist die Heizfläche des Ofens in Quadratmetern

$$F = \frac{1,15 W_0}{k} \cdot \quad (11)$$

Arbeitet die Heizung nur mit Umluft, so braucht der Luftheizungssofen nur die aus der Wärmedurchgangsberechnung ermittelte Wärmemenge W zu liefern, selbstverständlich unter Berücksichtigung der gleichen Strahlungsverluste usw. wie vorhin. Die Formel heißt dann

$$F = \frac{1,15 W}{k}, \quad (12)$$

worin $W = \sum W_r$ ist.

Bei den Luftheizungen für Wohnhäuser ist die Luftmenge, welche in die Räume gelangen soll, nicht vorgeschrieben, die einzuführende Luftmenge hat also nur die Wärmeabgabe an die umgebenden Wände u. dgl. zu decken, was obige Berechnung berücksichtigt. Anders aber wird es, wenn für die Lüftung der Räume eine bestimmte Luftmenge vorgeschrieben ist (§ 6). In diesem Falle ist festzustellen, ob diese kleiner oder größer ist, als die nach obiger Rechnung zu ermittelnde zur Deckung des Wärmedurchgangs nötige Luftmenge. Ist sie kleiner, so bleibt man bei den Ergebnissen der obigen Rechnung, d. h. man kümmert sich nicht um die kleinere zur Lüftung dienende Menge und rechnet mit der größeren zur Erwärmung nötigen. Ist sie größer, so kann die Eintrittstemperatur kleiner werden. Nennt man L'_r die für einen Raum vorgeschriebene Lüftungsmenge, so wird die verminderte Eintrittstemperatur

$$t'_e = W_r \frac{(1 + 0,0037 t_i)}{0,31 L'_r} + t_i. \quad (13)$$

Die gesamte für eine Anzahl Räume vorgeschriebene Luftmenge ist dann $L' = \sum L'_r$, die mittlere Eintrittstemperatur dabei

$$t_e^m = \frac{\sum t'_e L'_r}{L'}. \quad (14)$$

Die vom Ofen zu liefernde Wärmemenge beträgt dann

$$W_0 = \frac{0,31 L' (t_e^m - t_a)}{1 + 0,0037 t_a}. \quad (15)$$

Die Heizfläche mit 15% Zuschlag ist wieder

$$F = \frac{1,15 W_0}{k}. \quad (16)$$

Die Größe von k hängt von der Beschaffenheit der Luftheizungsöfen ab, die im zweiten Bande erläutert wird.

Von Bedeutung ist die richtige Berechnung der Luftkanäle bei Luftheizungen und zwar des Frischluftkanales, der die frische Luft dem Ofen zuführt, der Warmluftkanäle, die die warme Luft in die Räume, der Abflußkanäle, die die erwärmte Luft aus den Zimmern herausführen. Der erstere ist gemeinsam für die gesamte Anlage, von den letzteren wird mindestens je einer für jeden Raum nötig. Teilung ist bei größeren Räumen empfehlenswert.

Eine genauere Berechnung der Kanäle kann nach dem bei den Lüftungsanlagen später angegebenen Verfahren erfolgen. Gewöhnlich gebraucht man die folgenden Wolpertschen Annäherungsformeln.

Die Geschwindigkeit der Luft in den Kanälen hängt von der Höhe der letzteren und dem Temperaturunterschied zwischen der Luft im Kanale und der umgebenden Luft ab. Ist h die Höhe eines Kanals in Metern (bei Warmluftkanälen der senkrechte Abstand von Mitte Heizkammer bis zur Austrittsöffnung, sonst von Mitte Eintritt bis Mitte Austritt), t_1 die Temperatur der auströmenden warmen Luft, t_2 die der kalten Luft, g die Beschleunigung der Schwere, so ist nach Wolpert die

Geschwindigkeit in einem Kanal, mit der wärmere Luft in kältere austritt in m/Sek.

$$v = 0,5 \sqrt{\frac{2gh(t_1 - t_2)}{273 + t_2}}. \quad (17)$$

Aus dieser Formel ist die folgende Tabelle zur leichteren Bestimmung der Kanalweiten berechnet.

Luftgeschwindigkeit in m/Sek. in Kanälen bei verschiedenen Temperaturunterschieden.

Meter-Höhe	Temperaturunterschied $t_1 - t_2$													
	4°	5°	6°	8°	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	0,49	0,59	0,69	0,75	0,80	0,93	1,01	1,09	1,15	1,19
3	0,36	0,41	0,45	0,52	0,60	0,73	0,84	0,92	0,99	1,13	1,22	1,32	1,39	1,45
4	0,43	0,48	0,53	0,61	0,69	0,84	0,96	1,06	1,14	1,30	1,41	1,52	1,59	1,67
5	0,49	0,55	0,60	0,68	0,77	0,94	1,07	1,18	1,28	1,44	1,58	1,69	1,78	1,85
6	0,54	0,60	0,66	0,76	0,84	1,03	1,17	1,30	1,40	1,58	1,78	1,85	1,94	2,03
7	0,58	0,65	0,72	0,82	0,91	1,11	1,20	1,40	1,52	1,71	1,87	2,00	2,10	2,20
8	0,62	0,69	0,77	0,87	0,97	1,18	1,35	1,50	1,69	1,83	1,99	2,13	2,25	2,35
9	0,66	0,73	0,81	0,93	1,02	1,26	1,42	1,58	1,72	1,94	2,11	2,26	2,39	2,50
10	0,69	0,77	0,85	0,98	1,09	1,33	1,51	1,67	1,81	2,05	2,24	2,38	2,52	2,64
11	0,73	0,81	0,89	1,02	1,13	1,39	1,58	1,75	1,90	2,15	2,34	2,51	2,64	2,76
12	0,76	0,84	0,93	1,06	1,18	1,46	1,65	1,83	1,98	2,24	2,45	2,62	2,76	2,88
13	0,79	0,87	0,96	1,11	1,23	1,52	1,72	1,90	2,06	2,33	2,55	2,73	2,87	2,99
14	0,82	0,91	1,01	1,15	1,28	1,57	1,79	1,98	2,14	2,42	2,65	2,83	2,98	3,11
15	0,85	0,94	1,04	1,20	1,33	1,62	1,85	2,05	2,22	2,51	2,74	2,93	3,09	3,22
16	0,88	0,98	1,08	1,24	1,37	1,68	1,91	2,11	2,29	2,58	2,83	3,02	3,18	3,32
17	0,90	1,00	1,11	1,27	1,41	1,72	1,96	2,17	2,36	2,66	2,91	3,11	3,28	3,41
18	0,93	1,03	1,14	1,31	1,46	1,77	2,02	2,24	2,44	2,74	2,99	3,20	3,37	3,51
19	0,96	1,06	1,17	1,35	1,50	1,82	2,08	2,30	2,50	2,82	3,08	3,29	3,46	3,61
20	0,98	1,09	1,20	1,38	1,54	1,87	2,14	2,36	2,56	2,89	3,16	3,38	3,56	3,71

Aus der ermittelten Geschwindigkeit berechnet sich der Kanalquerschnitt in Quadratmetern nach der Formel

$$F = \frac{L}{3600 v}. \quad (18)$$

In dieser Formel ist L entweder die für die Deckung des Wärmebedarfs nötige stündliche Luftmenge L_r oder

bei vorgeschriebener Lüftung die von L_r der einzelnen Räume, v die Luftgeschwindigkeit in m/Sek.

Festgelegt muß werden, mit welchen Temperaturunterschieden man dabei zu rechnen hat. Bei den Warmluftkanälen ist t_1 gleich der Einströmungstemperatur t_e oder t_e^m , wie sie der Luftheizungs-ofen liefern soll, bei den Abluftkanälen ist t_1 gleich der Raumlucht t_i . Will man sicher gehen, so setzt man in diesem Falle t_1 einige Grade tiefer als t_i .

t_2 ist bei den Warmluftkanälen gleich der Raumlucht t_i ; bei den Abluftkanälen, sofern keine Luftmenge vorgeschrieben, gleich 0° , sofern Lüftung vorgeschrieben, gleich $+10^\circ$ (siehe die späteren Angaben im Abschnitt über Lüftung).

Wird ein Abluftkanal durch einen anliegenden Schornstein erwärmt, so pflegt man t_1 15 bis 20° höher zu nehmen als die Raumlucht. Bei Heizung mit Umluft macht man die Abluftkanäle den Warmluftkanälen gleich.

Die Frischluftkanäle pflegt man nicht zu berechnen, obwohl das mit der Wolpertschen Formel möglich ist. Wolpert rät, sie zum mindesten gleich dem Querschnitt sämtlicher Warmluftkanäle zu machen. Andere praktische Regeln verlangen die Annahme einer Geschwindigkeit von 0,8—1 m/Sek. Bei 1 m/Sek. Geschwindigkeit wird

$$F = \frac{L}{3600}. \quad (19)$$

§ 24. Warmwasser- oder Dampfheizungen.

Die Ausführung der Warmwasser- oder Dampfheizungen gleicht grundsätzlich den Luftheizungen vollkommen, in den Heizkammern sind nur an Stelle der

Öfen Dampf- oder Wasserheizkörper angebracht, die die Luft erwärmen.

Solche Anlagen werden vielfach als beschränkte Luftheizungen ausgeführt, d. h. sie sollen nur die für die Lüftung notwendige Luftmenge vorwärmen, während der Wärmeverlust der Räume durch in denselben aufgestellte Warmwasser- oder Dampföfen gedeckt wird. Die Berechnung lehnt sich an die im vorigen Kapitel beschriebene und auch an die spätere über Lüftung an.

Eine besondere Art der Dampfheizung ist die sogenannte Sturtevant-Heizung, nach der einführenden amerikanischen Firma so genannt. Sie wird neuerdings auch mehrfach in Deutschland, jedoch meist nur in Fabriken, angewendet. Bei der Sturtevant-Heizung wird die Luft durch Flügelventilatoren an mit Dampf geheizten Rohr-

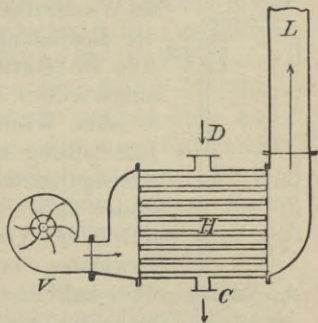


Fig. 4. Sturtevant-Heizung.

bündeln vorbeigeführt, hier auf 40° bis 50° C erwärmt und durch Rohre oder Kanäle in die betreffenden Räume geschickt. Durch die Ventilatoren können größere Widerstände überwunden werden, deshalb brauchen die Kanäle nur verhältnismäßig geringe Weite zu haben und die Luft kann auf große Entfernungen geführt werden.

Diese Heizungen haben für Fabriken deshalb ein gewisses Interesse, weil sie zugleich eine kräftige Lüftung hervorbringen. Sie werden in Spinnereien und Webereien vielfach mit den in solchen Fabriken erwünschten Luftbefeuchtungsanlagen, durch die ein

besseres Erzeugnis und eine höhere Leistung erzielt wird, verbunden.

Fig. 4 zeigt das Schema einer solchen Heizung. *V* ist der Ventilator, *H* der Heizkörper, der durch *D* mit Dampf versehen wird, während bei *C* das Kondenswasser abfließt. Das Rohr *L* führt die warme Luft den Räumen zu.

§ 25. Allgemeines über Warmwasserheizungen.

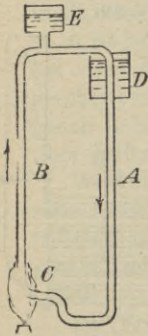


Fig. 5.

Wasserumlauf
durch Erwärmung
und Abkühlung.

Bei der Warmwasserheizung ist erwärmtes Wasser das wärmeabgebende Mittel. Von der Erzeugungsstelle strömt dieses durch eine Rohrleitung zu den in den Räumen aufgestellten Heizkörpern; in diesen gibt es seine Wärme ab und wird durch eine Rückleitung zu erneuter Erwärmung der Erzeugungsstelle wieder zugeführt. Es findet also ein stetiger Umlauf statt, der durch die Verminderung des spezifischen Gewichtes vom erwärmten Wasser gegenüber kaltem eingeleitet und erhalten wird. Siehe die Tabelle über die Gewichtsveränderung des Wassers bei verschiedener Temperatur in § 1.

Denkt man sich die obenstehend abgebildete Rohrleitung mit Wasser gefüllt und am unteren Ende des Rohres *B* bei *C* Wärme zugeführt, während am oberen Ende des Rohres *A* bei *D* diese Wärme durch Abkühlung wieder entzogen wird, so wird der Gleichgewichtszustand in dem Rohrsystem gestört, weil in *B* das Gewicht des Wassers verringert ist. Das größere Gewicht des kälteren Wassers in *A* wird bestrebt sein, den Gleichgewichtszustand wiederherzustellen, und es wird ein Kreislauf des Wassers in der Richtung des Pfeiles eintreten, der so lange erhalten bleibt, wie Wärmezu- und -abfuhr vorhanden ist. Das erwärmte Wasser gebraucht aber, wie aus der obenerwähnten Tabelle ersichtlich ist, mehr Raum

als das kältere, deshalb muß an geeigneter Stelle ein „Ausdehnungsgefäß“ *E* das überschüssige Wasser aufnehmen.

Denkt man sich an Stelle von *C* einen Heizkessel und die Abkühlung durch Heizkörper, welche an beliebigen, jedoch höher als der Heizkessel liegenden Stellen des Rohres *A* angebracht sind, hervorgerufen, so hat man das Bild einer Warmwasserheizung.

Je größer die Erwärmung und je höher das Rohr *B* selbst ist, desto lebhafter wird der Umlauf sein. Die Umlaufsenergie wird indessen durch den Widerstand in der Rohrleitung vermindert, und es bedarf daher nur geringer Überlegung, um einzusehen, daß es für Warmwasserheizungen am günstigsten ist, wenn die Bauhöhe eine möglichst große, die wagerechte Ausdehnung der Rohrleitung, die nur Reibungswiderstand schafft, eine möglichst geringe ist. Sowohl die Verminderung der ersteren, wie zu starke Vermehrung der letzteren kann der Verwendbarkeit ein Ziel setzen.

Das in der Heizung umlaufende Wasser braucht bis auf kleine Mengen, die durch Undichtigkeit und Verdampfung an der Oberfläche der Ausdehnungsgefäße verloren gehen, nicht ersetzt zu werden; Gefahren durch Kesselsteinbildung sind also so gut wie ausgeschlossen, solange nicht grobe Undichtigkeiten zu häufigem Nachspeisen des Wassers führen und man nicht gar zu schlechtes Wasser nimmt.

Je nach den in den Heizungen zur Anwendung kommenden Drücken unterscheidet man zwischen Hoch-, Mittel- und Niederdruckheizungen. Von den Drücken ist die Temperatur des warmen Wasser abhängig (s. § 1).

Soll das Wasser in einer Warmwasserheizung nicht zum Sieden kommen, Dampfbildung also ausgeschlossen sein, so muß man dafür sorgen, daß das Wasser in der Heizung immer einige Grade kälter ist als der Siedepunkt.

Man darf auch im Betriebe der Grenze nicht zu nahe kommen, denn bei abnehmender Benutzung der Heizung steigt die Temperatur häufig unversehens und überschreitet die Siedepunktgrenze. Bei Erreichung des Siedepunktes tritt Dampfbildung ein, eine Heizung mit einem offenen Gefäß, wie unser Schema, kocht über. Es wird Wasser herausgeworfen, die Heizung wird heftig poltern und der Kessel selbst kann gefährdet werden.

Neuerdings gliedern sich den eigentlichen Wasserheizungen eine Anzahl eigenartiger Systeme an, bei denen die Überschreitung des Siedepunktes, also die Dampf- bildung beabsichtigt ist und zur Beschleunigung des Umlaufes dient. Es sind das die Schnellumlaufheizungen, die wir unten eingehender betrachten werden.

§ 26. Niederdruckwarmwasserheizung.

Die gebräuchlichste Art der Warmwasserheizung ist die Niederdruckwarmwasserheizung.

Sie kennzeichnet sich durch das offene Ausdehnungsgefäß, steht also unter dem Druck der Atmosphäre. Der Siedepunkt liegt ungefähr bei 100° ; es darf also die höchste Temperatur des Wassers die Wärme von ungefähr 90° nicht übersteigen.

Je nach Anordnung der Rohrleitung unterscheidet man verschiedene Gruppen dieser Heizungen. Fig. 6 zeigt eine solche Heizung mit oberer Verteilung.

K ist der Heizkessel, der, im Keller aufgestellt, das warme Wasser erzeugt. Durch die Steigleitung *S* steigt das Wasser zunächst zum Ausdehnungsgefäß *A*. Unter diesem zweigen die Verteilungsleitungen *V* ab, die zu den Heizkörpern *H* führen. Diese erhalten am Ein- oder Austritte Absperrventile, um sie in und außer Betrieb setzen oder ihre Leistung einstellen zu können. Die Heiz-

körper geben die Wärme ab und das gekühlte Wasser fließt durch die Rückleitung R dem Kessel wieder zu. Etwaige in die Heizung, besonders durch frische Wasserfüllung, gelangende Luftmengen entfernen sich von selbst durch die nach dem Ausdehnungsgefäß ansteigend gelegten Leitungen und von da ins Freie.

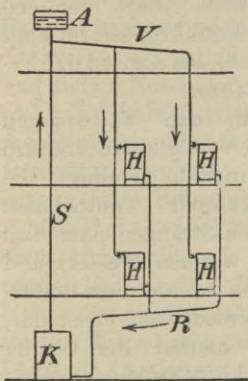


Fig. 6. Niederdruckwarmwasserheizung mit oberer Verteilung.

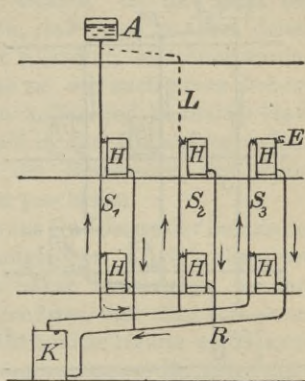


Fig. 7. Niederdruckwarmwasserheizung mit unterer Verteilung.

Fig. 7 zeigt eine Niederdruckwarmwasserheizung mit unterer Verteilung.

Vom Kessel K gehen sogleich die Verteilungsleitungen S_1 S_2 S_3 aus, am oberen Ende des Steigstranges S_1 befindet sich das Ausdehnungsgefäß. Damit im zweiten und dritten Steigstrang S_2 und S_3 an den höchsten Stellen sich keine Luftansammlungen bilden können, die den Umlauf stören würden, bringt man entweder das Luftrohr L , das dem Ausdehnungsgefäß zugeführt wird, wie punktiert beim Strang S_2 angedeutet ist, an, oder es

müssen an den obersten Öfen Luftventile angebracht werden, wie bei *E*.

Für die Wahl der einen oder anderen Anordnung sind örtliche Umstände maßgebend. Im allgemeinen gibt man der oberen Verteilung den Vorzug, schon wegen der Vermeidung der besonderen Entlüftung.

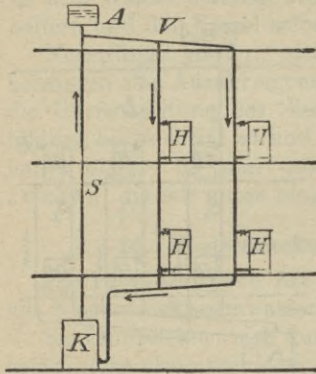


Fig. 8.
Niederdruckwarmwasserheizung
mit Einrohrsystem.

Eine Abart der ersten Ausführungsform zeigt Fig. 8, das sog. Einrohrsystem.

In den Fallsträngen sind Vor- und Rücklauf in einem Rohr vereinigt. Die Heizkörper entnehmen diesen Strängen einen Teil des warmen Wassers und geben es an diese unterhalb wieder ab. Es ist klar, daß hierbei die oberen Heizkörper wärmeres Wasser erhalten als die unteren; die unteren Heizkörper

werden daher größer als die oberen, weil die Wärmeabgabe höher ist, wenn das Wasser wärmer ist.

Bei den beiden vorher beschriebenen Rohranordnungen werden die Heizkörper übrigens auch größer, wenn man mit einer hohen Abkühlung in ihnen rechnet, weil die Oberfläche durchschnittlich kälter und dadurch die Wärmeabgabe geringer wird. Dagegen wird die Wassermenge, die umzulaufen hat, geringer und die Rohrleitung kann enger werden. Handelt es sich also um Anlagen mit ausgedehnter Rohrleitung, so führt das Verfahren mit starker Abkühlung zu

billigen Anlagen, während bei kürzeren Rohrleitungen die größere Weite dieser den Preis der kleineren Heizkörper mit geringerer Abkühlung nicht aufzuheben vermag.

Damit bei den Warmwasserheizungen alle Heizkörper die richtige Wärme erhalten, ist es nötig, daß die Rohrleitungen richtig bemessen werden. Ist das nicht der Fall, so kann es vorkommen, daß einzelne Öfen, denen das warme Wasser zunächst zuströmt, sehr heiß werden und andere Not leiden, indem sie, wie auch ganze Stränge nicht am Umlauf teilnehmen wollen und besondere Maßregeln nötig sind, um sie mit in den Umlauf zu ziehen. Besonders sorgfältig muß die Bemessung der Rohrleitung beim Einrohrsystem geschehen.

Die Heizkessel werden aus Gußeisen oder Schmiedeeisen hergestellt; die mannigfachen Ausführungsarten werden im zweiten Bande näher beschrieben werden. Hier möge die Bemerkung genügen, daß man von einem solchen Kessel eine gute Wärmeausnutzung und leichte Bedienung verlangen muß, was von guten Bauarten auch erreicht wird. Da das warme Wasser zum Kessel zurückkehrt, so sind neben der Ausstrahlung, die man durch Wärmeschutzmasse bei freistehenden Kesseln zu vermindern pflegt, die einzigen Wärmeverluste die durch die bessere oder schlechtere Verbrennung. Ist diese daher eine gute, so kann man auf billigen Betrieb der Heizung rechnen.

Die Regelung der Wärmeabgabe der Warmwasserheizungen erfolgt zunächst durch Ventile an den Heizkörpern selbst, indessen läßt sich auch vom Kessel aus die gesamte Wärmeabgabe der Heizung regeln, dadurch, daß man das Wasser mit höherer oder niedrigerer Temperatur umlaufen läßt. Diese sog. generelle Rege-

lung ist eine der besten Eigenschaften der Warmwasserheizung. Eine Änderung der Temperatur kann durch Verstärken oder Abschwächen der Feuerung in dem Kessel erfolgen, und dieses Mittel ist bei vielen solcher Heizungen das einzige und nicht sehr sichere Mittel, die Heizung generell zu regeln. Sicherer läßt sich die generelle Regelung durch Verbrennungsregler erzielen, die den Luftzufluß zu der Feuerung selbsttätig verändern. Diese lassen sich so einstellen, daß ihre Wirkung bei verschiedenen Wassertemperaturen eintritt. In Band II sind sie näher beschrieben. Bei dem wechselnden Wärmebedürfnis der einzelnen Räume gegen einander kann man von der generellen Regelung nicht alles erwarten; die Einzelregelung der Öfen wird durch sie nicht entbehrlich.

Die höchste Wärme für die Heizkörper kann, wie schon erwähnt, ca. 90° C betragen; man übersteigt damit aber die kritische Temperatur, bei der die Staubverschmelzung eintritt. Um jedem Einwand zu begegnen, würde man daher die Heizungen eigentlich so ausbilden müssen, daß die höchste Temperatur in den Heizkörpern die Wärme von 70° nicht übersteigt. So waren auch früher die meisten Warmwasserheizungen ausgeführt. Sie hatten dabei den großen Vorzug einer milden Wärmeabgabe der Heizkörper, die zudem nicht durch zu starke Strahlung unangenehm wirken. Gerade die milde Wärmeabgabe war es, die den guten Ruf dieser Heizungsanlagen in erster Linie begründete.

Erst die Neuzeit mit ihrem Drange nach Billigkeit hat dazu geführt, die Temperaturen auf das höchste Maß zu erhöhen, wodurch Rohrleitungen und Heizkörper kleiner werden.

Längere Zeit erfreuten sich Warmwasserheizungen, bei denen die Erzeugung der Wärme zugleich mit der Küchen-

feuerung vorgenommen wird, großer Beliebtheit. Diese Einrichtung hat etwas Verlockendes, aber der Brennstoffbedarf für die Heizung und der für Kochzwecke ist so verschieden, daß eine Vereinigung zur Verschwendung führt. Dazu kommt, daß die Kochfeuerung die Verwendung gut ausgebildeter Heizkessel ausschließt, so daß auch dadurch die Ausnutzung des Brennstoffs eine schlechtere wird. Es ist deshalb stets das vorteilhafteste, wenn man für Heizen und Kochen zwei verschiedene Feuerungen verwendet; doch können natürlich die Kessel neben dem Herde aufgestellt werden oder einen Teil des letzteren bilden und vorübergehend für Kochzwecke gebraucht werden.

Ein Nachteil der Niederdruckwarmwasserheizung ist die Beschränkung in der wagerechten Ausdehnung. Lange wagerechte Rohrstrecken vermehren die Widerstände stark; sodaß sehr weite Rohre nötig werden. Ein zweiter Nachteil ist das langsame Anheizen. Dieser wird um so größer, je ausgedehnter die Anlage ist und je weiter die Rohrleitung für die weit entfernten Öfen ist. Diese bleiben dann leicht in der Wärmeabgabe zurück. Die Heizkörper lassen sich langsam regeln, da sie die aufgespeicherte Wärmemenge nach Absperrung erst allmählich verlieren. Die Aufspeicherung in der ganzen Heizung ist indessen ein Vorteil, wenn man nachts die Wärmezufuhr abstellt. Kessel und Heizkörper behalten dann immer noch soviel Wärme, um längere Zeit hindurch solche abgeben zu können. Sie kommt den großen Aufspeicherungen von Wärme in den Wänden und Möbeln immerhin zu Hilfe und arbeitet zu großer Auskühlung entgegen. Der Vorteil wird aber meistens viel zu hoch angeschlagen. Bei Dauerbetrieb fällt dieser Vorteil fort.

Als weiterer Nachteil ist die Gefahr des Einfrierens zu nennen, wenn die Heizung oder Teile derselben längere Zeit außer Betrieb sind. Um dieser Gefahr

zu begegnen, muß man sich häufig damit helfen, auch die nicht benutzten Räume schwach mit zu heizen. Sind längere Betriebsunterbrechungen der Heizung in kälterer Jahreszeit nötig, so muß man die Anlage entleeren. Ist einmal ein Teil der Heizung eingefroren, so können unangenehme Störungen eintreten. Es kann bei mangelndem Umlauf Dampf- und Wasseraustritt eintreten.

Zum Schluß ist noch hinzuzufügen, daß der Preis guter Warmwasserheizungen ein verhältnismäßig hoher ist. Nur bei Anlagen für kleine Häuser und bei sorgfältiger Ausnutzung aller Möglichkeiten, die Preise zu verbilligen, kommt man gegenüber Niederdruckdampfheizungen zu günstigeren Preisstellungen.

Bei Fernheizungsanlagen, ferner auch bei solchen Anlagen, die in der Nähe von Fabriken angelegt werden, und ähnlichen Fällen kann man sich zur Wassererwärmung des Dampfes von Hochdruckdampfanlagen, mitunter auch des Abdampfes von Dampfmaschinen bedienen. Der Heizkessel besteht bei dieser sog. Dampf-warmwasserheizung aus einem zylindrischen Kessel, in dessen Innerm sich ein Heizrohrsystem befindet, das mit Dampf geheizt wird¹⁾. Die Heizung selbst ist der beschriebenen gleich.

§ 27. Mitteldruckwarmwasserheizung.

Das Bestreben, die Preise weiter zu verbilligen und die Möglichkeit zu haben, die Heizungen bei größeren wagerechten Ausdehnungen benutzen zu können, hat zur Mitteldruckwarmwasserheizung geführt.

¹⁾ Diese Kessel werden in Deutschland vielfach mit dem englischen Namen Boiler bezeichnet.

Die Rohranordnung ist die gleiche wie bei den Niederdruckheizungen. Das Ausdehnungsgefäß wird geschlossen und mit einem Sicherheitsventil versehen, das sich bei einem bestimmten höheren Druck öffnet. Man geht auf Temperaturen bis zu 130° bis 150° entsprechend einem Druck von ca. 2 bis 4 Atmosphären Überdruck. Die ganze Heizung steht also unter diesem Druck, der bei etwaigem Einfrieren von Rohrstrecken und dem leicht nachfolgenden Bersten der Rohre noch unbequemere Wirkungen nach sich ziehen kann, als bei den Niederdruckheizungen; auch Explosionen sind nicht ausgeschlossen. Bei den bei diesen Heizungen vorkommenden Heizkörpertemperaturen entfernt man sich sehr weit von der kritischen Temperatur. Neben überstarker Strahlung der Heizkörper kann eine starke Staubversengung eintreten.

Diese Heizung hat heute um so weniger Bedeutung, als es in den Niederdruckdampfheizungen heute bessere Mittel gibt, für ausgedehntere Gebäude brauchbare Anlagen herzustellen. Sie sollten überhaupt nicht mehr verwendet werden.

Zu den geschilderten Nachteilen treten übrigens noch andere. Der Hauptvorteil der milden Wärme geht gänzlich verloren.

Es liegt jedoch die Möglichkeit vor, dieselbe Heizung als Niederdruck- und als Mitteldruckheizung arbeiten zu lassen. In Zeiten geringeren Wärmebedarfs öffnet man das Sicherheitsventil des Ausdehnungsgefäßes und arbeitet mit milderer Temperatur, bei strenger Kälte schließt man das Sicherheitsventil und arbeitet mit Mitteldruck.

§ 28. Herstellung des Heizungsplanes einer Warmwasserheizung.

Liegt die Absicht fest, eine Warmwasserheizung zu benutzen, so hat man zunächst einen Entschluß zu fassen, ob obere oder untere Verteilung der Rohrleitung oder das Einrohrsystem gewählt werden soll. Hierfür sind die örtlichen Verhältnisse maßgebend; diese führen häufig dazu, daß teils obere, teils untere Verteilung genommen wird.

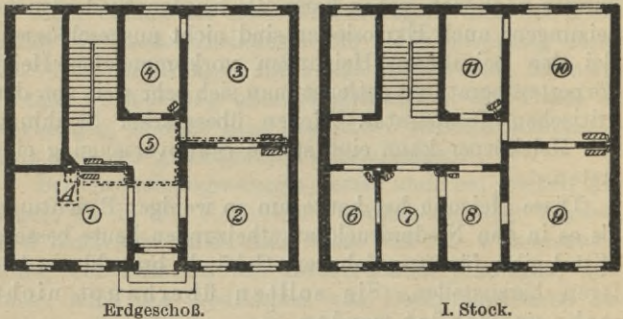


Fig. 9. Plan einer Warmwasserheizungsanlage.

Die erste Arbeit ist sodann die Ermittlung des Wärmebedarfs nach § 4 für die einzelnen Räume und daraus für das ganze Haus. Je nachdem die Heizung unterbrochen oder stetig arbeiten soll, sind die nötigen Zuschläge zu machen.

Aus dem Wärmebedarf berechnet man die Größe der Heizkörper, nachdem man die zu verwendende Art ausgesucht hat. Bei der Berechnung der Kesselgröße schlägt man als unvermeidlichen Wärmeverlust der Heizung 10 v. H. des gesamten Wärmebedarfs zu. Über die Ausführung der Heizkörper und Kessel siehe Bd. II.

Jetzt erfolgt die Wahl des Platzes für Heizkörper und Kessel. Wenn man auch bei dieser die Wünsche der Erbauer der Häuser berücksichtigen muß, so hat man doch auch darauf zu achten, daß die Rohrleitung eine einfache wird. Der Kessel soll möglichst in der Mitte unter den zu beheizenden Räumen stehen, damit die Verteilungsleitung nicht zu lang wird. Ferner müssen die Heizkörper in den Stockwerken möglichst übereinander gestellt werden, um

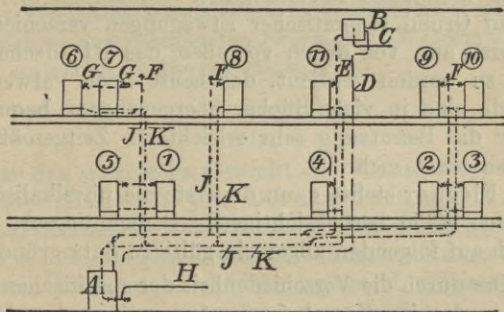


Fig. 10. Strangzeichnung über obigen Heizungsplan.

die Zahl der Steigstränge gering zu halten. Je kürzer die Rohrleitung, desto besser und billiger wird die Heizung.

Die Berechnung der Rohrleitung ist im nachfolgenden Paragraphen genauer beschrieben. Hat man auch diese festgelegt, so ist es zweckmäßig, neben den eigentlichen Heizungsplänen eine sogenannte Strangzeichnung anzufertigen, in der Kessel, Heizkörper und Rohrleitung in eine Ebene gelegt, gedacht sind. Diese ist für die Ausführung von großem Werte.

Zum besseren Verständnis dieser Ausführungen sind ein Heizungsplan und eine Strangzeichnung einer kleinen Warmwasserheizung in den Fig. 9 und 10 beigelegt.

§ 29. Berechnung der Rohrleitungen von Warmwasserheizungen.

Aus den angefertigten Plänen kann für jeden Heizkörper die Länge der zugehörigen Rohrleitung gemessen werden. Diese ist von Einfluß auf die Weite der Leitung. Anfangs wurde diese allgemein nach Faustregeln bestimmt. Jeder Ingenieur hatte womöglich seine auf eigener Erfahrung beruhende Rechnungsart. Allmählich bildeten sich auf Grund theoretischer Erwägungen verschiedene Verfahren aus, von denen vor allem das Birlosche genannt zu werden verdient, das heute noch verwendet wird, da eine in viele Bücher übergegangene bequeme Tabelle die Benutzung sehr erleichtert. Zeitgemäß ist das aber nicht mehr.

H. Fischer stellte dann die erste die physikalischen Vorgänge völlig berücksichtigende Berechnungsart auf, die sich auf folgenden allgemein gültigen Satz gründete:

„Der durch die Verschiedenheit der spezifischen Gewichte des im Kessel erwärmten und in den Heizkörpern wieder abgekühlten Wassers entstehende Auftrieb oder Arbeitsdruck muß gleich oder größer sein wie die Summe aller den Wasserumlauf hemmenden Widerstände.“

Die auf diesen Satz aufgebaute Fischersche Formel verlangte eine sehr umständliche Rechnung. Eine wesentliche von Rietschel durchgeführte Vereinfachung wurde deshalb mit Freuden begrüßt, und da sie durch umfangreiche Tabellen unterstützt wurde, führte sie sich in weitestem Umfange ein und wurde daher für die Berechnung der Warmwasserheizungen geradezu maßgebend.

Das Verfahren sei hier kurz wiedergegeben:

Rietschels Formel für den Gleichgewichtszustand zwischen dem verfügbaren Arbeitsdruck $a h$ eines Heizkörpers bei einem senkrechten Abstand von h in Metern, von Mitte Kessel bis Mitte Heizkörper gerechnet, und der Summe der den Wasserumlauf hemmenden Widerstände lautet:

$$a h = \frac{v^2}{2g} \frac{\rho}{d} l + \frac{v^2}{2g} \Sigma \zeta . \quad (20)$$

a berechnet sich aus der Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes des zulaufenden (wärmeren) Wassers und des rücklaufenden (kälteren) Wassers:

$$a = \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{\frac{1}{2}(\gamma_2 + \gamma_1)} . \quad (21)$$

γ_1 ist das spezifische Gewicht des wärmeren γ_2 das des kälteren Wassers (s. § 1). Der erste Summand in Formel 20 auf der rechten Seite berücksichtigt durch ρ den Einfluß der Reibung in der Rohrleitung, und zwar benutzt Rietschel hierbei den Weisbachschen Koeffizienten:

$$\rho = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}} . \quad (22)$$

Der Reibungsverlust an den Rohrwänden ist natürlich abhängig von der lichten Weite der Rohrleitung d (in Metern), der Rohrlänge l (in Metern) und der Geschwindigkeit v (in Metern). Der zweite Summand enthält in $\Sigma \zeta$ den Einfluß der sämtlichen sog. einmaligen Widerstände, die in einer Leitung auftreten können.

Werte für ζ nach Annahmen von Fischer und Recknagel sind:

$\zeta = 1$ für ein rechtwinkliges Knie,

$\zeta = 0,3$ bis $0,5$ für einen kurzen Bogen,

$\zeta = 0,8$ für einen Doppelbogen,

$\zeta = 1$ bis 3 für ein geöffnetes Ventil,

$\zeta = 0,1$ bis 0,3 für einen geöffneten Hahn oder Schieber,

$\zeta = 2$ für eine plötzliche Querschnittsänderung (z. B. Austritt von Kessel in die Heizkörper und von diesen in die Rohrleitung).

$\frac{v^2}{2g}$ ist die nach h aufgelöste Formel für die Fallgeschwindigkeit einer Masse von spezifischen Gewichte 1.

Die Formel für die erforderliche Geschwindigkeit in m/Sek. lautet (für Niederdruckwarmwasserheizungen):

$$v = \frac{W}{10000} \frac{1}{275,67 d^2 (t_1 - t_2)} \quad (23)$$

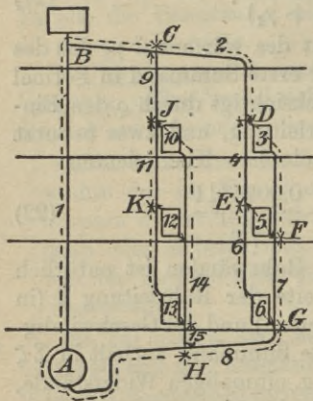


Fig. 11. Teilstreckeneinteilung der Rohrleitung einer Warmwasserheizung.

In dieser Formel ist W die jeweilig zu fördernde Wärmemenge, d der Rohrdurchmesser in Metern, t_1 die Wärme des Wassers im Vorlauf, t_2 die Wärme im Rücklauf.

Diese Formeln werden in folgender Weise benutzt. Fig. 11 zeigt das Schema einer Warmwasserheizung mit oberer Verteilung. Die gesamte Rohrleitung, einschließlich Kessel und Heizkörper, wird in einzelne Teilstrecken zerlegt, wobei man von dem Grundsatz

ausgeht, daß jeder Teil eine Strecke wird, der eine bestimmte Wärme- und daher Wassermenge fördern muß.

Solche Teilstrecken sind z. B.: $HABC$ Teilstrecke 1

(sie enthält den Kessel), *CD* Teilstrecke 2, *DF* Teilstrecke 3 (sie enthält den Heizkörper 3) usw. Für den Ofen 6 kommt z. B. der Stromkreis bestehend aus Teilstrecken 1, 2, 4, 6, 8 in Frage. Jede dieser Teilstrecken setzt dem Wasserumlaufe einen gewissen Widerstand entgegen, der sich durch die Formel

$$w = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{\rho}{d} l + \Sigma \zeta \right) \quad (24)$$

ausdrücken läßt. Für eine Teilstrecke *x* würde also die Widerstandshöhe sein

$$w_x = \frac{v_x^2}{2g} \left(\frac{\rho}{d_x} l_x + \Sigma \zeta_x \right). \quad (25)$$

Der wirksame Arbeitsdruck *a h*, den ein Heizkörper durch die Abkühlung erzeugt, muß nun gleich sein der Summe der einzelnen Widerstandshöhen, die zum Stromkreise eines Ofens gehören, also für den Ofen 6 z. B.:

$$a h_6 = w_1 + w_2 + w_4 + w_6 + w_8. \quad (26)$$

In jedem Gliede der rechten Seite steckt je ein unbekanntes *v* und *d*, zusammen also 10 Unbekannte. Man nimmt nun zunächst den Rohrdurchmesser *d*₁, *d*₂, *d*₄ und *d*₈ nach den üblichen Handelsmaßen an, wobei Tabellen eine Erleichterung gewähren.

Sodann berechnet man mit Hilfe obiger Formeln die erforderliche Geschwindigkeit für jede der Teilstrecken. Bei obigem Schema einer Niederdruckheizung ist z. B. für die Teilstrecke 1

$$v_1 = \frac{W}{10000} \frac{1}{275,65 d_1^2 (t_1 - t_2)}. \quad (27)$$

Nachdem man auf diese Weise die Weiten und Geschwindigkeiten der einzelnen Teilstrecken der gemeinsamen Leitung für einen Ofen ermittelt hat, ergibt sich

für den Ofen selbst, z. B. für Ofen 6 die erforderliche Anschlußrohrweite und Geschwindigkeit aus der Widerstandshöhe

$$w_6 = a h_6 - w_1 - w_2 - w_4 - w_8, \quad (28)$$

dann ist

$$v_6 = \frac{W_6}{10000} \frac{1}{275,65 d_6^2 (t_1 - t_2)}. \quad (29)$$

So müssen sämtliche Stromkreise behandelt werden. Eine Reihe von Gliedern tritt wiederholt auf und erleichtert die Arbeit. Um von vornherein einen ziemlich sicheren Anhalt für die angenommenen Rohrleitungen zu erhalten, ist es zweckmäßig, bei der Berechnung von dem in bezug auf Arbeitsdruck ungünstigsten, d. h. dem entferntest stehenden und am niedrigsten über dem Kessel liegenden Heizkörper auszugehen, im vorliegenden Beispiel also von Ofen 6.

Für Entwürfe hatte nun Rietschel Tabellen aufgestellt, aus denen man Annäherungswerte der Rohrweiten bestimmen konnte. Das hatte aber zur Folge, daß häufig später die genaue Berechnung unterlassen wurde, weil sie nicht einfach und bei großen Anlagen immer noch zeitraubend ist.

Es wurde deshalb bereits in der vorigen Auflage dieses Buches darauf hingewiesen, daß es erwünscht wäre, wenn noch weitere Vereinfachungen des Rechnungsverfahrens eintreten möchten. Das ist nun inzwischen geschehen, und zwar führte als erster eine solche Haller durch, an dessen Berechnungsart wir uns im folgenden in der Hauptsache halten werden. Auf gleicher Grundlage erschienen später Tabellen von Recknagel, die wegen ihrer Ausführlichkeit ein sehr gutes Hilfsmittel für die Heizungstechniker sind.

Haller bestimmt die zulässigen Reibungsverluste für eine gewisse Strecke der Rohrleitung vorher und aus dem

Unterschiede des Arbeitsdruckes (Druckabfall) zwischen zwei beliebigen Punkten der Rohrleitung die Weite dieser.

Unter Anwendung des Summanden für die Rohrreibung in Formel 20 berechnet er die auf S. 98 und 99 befindliche Tabelle, und zwar für einen Temperaturunterschied oder -gefälle zwischen Vor- und Rücklaufwasser von $90 - 65 = 25^\circ$. Dieses Verhältnis gibt praktisch sehr brauchbare Ergebnisse.

Es wird das einfachste sein, das Verfahren an einem Beispiel zu erläutern.

Das a der Formel 20, also der Arbeitsdruck für 1 m, berechnet sich dabei zu 15,3 mm Wassersäule. Steht also z. B. der ungünstigst liegende Heizkörper O_6 in Fig. 12 4 m höher als der Kessel, so ist der verfügbare Arbeitsdruck für diesen $4 \times 15,3 = 61,2$ mm Wassersäule oder kg/qm.

Dieser Arbeitsdruck darf also in dem zu dem Heizkörper O_6 zugehörigen Stromkreise der Leitung, also in den Teilstrecken 1, 2, 4, 6, 8 aufgebraucht werden. Es soll angenommen werden, daß

Heizkörper O_1 6000 WE

O_2 4000 „

O_3 5000 „

O_4 5000 „

O_5 5000 „

O_6 4000 „ stündlich abgibt.

Die durchlaufende Wassermenge beträgt bei einem Temperaturgefälle zwischen Vor- und Rücklauf von 25° also je den 25. Teil. Die Tabelle ist aber der Bequemlichkeit wegen auf Wärmeeinheiten berechnet und nicht auf diese Wassermengen.

Für die Teilstrecken sollen folgende Längen angenommen werden, sie führen die daneben geschriebenen stündlichen Wärme- bzw. Wassermengen:

Teilstrecke	Länge	zu liefernde WE	durchfl. Wassermenge
1 a + 1 b =	25 m ¹⁾	29 000 WE	1160 l
2	10 m	13 000 „	520 l
3	5 m	4 000 „	160 l
4	4 m	9 000 „	360 l
5	2 m	5 000 „	200 l
6	5 m	4 000 „	160 l
7 ²⁾ ,	4 m	(9 000) „	360 l
8	6 m	(13 000) „	520 l
9	4 m	16 000 „	640 l
10	5 m	6 000 „	240 l
11	4 m	10 000 „	400 l
12	2 m	5 000 „	200 l
13	5 m	5 000 „	200 l
14	4 m	(11 000) „	440 l
15	2 m	(16 000) „	640 l

Für Heizkörper O_6 kommen dann in Frage:

$$25 + 10 + 4 + 5 + 6 = 50 \text{ m Rohrlänge.}$$

Zu berücksichtigen sind ferner die einmaligen Widerstände, doch genügt es für die Praxis völlig, wenn man nur die an den Heizkörpern auftretenden in Rücksicht zieht, da nur sie von Bedeutung gegenüber den in der Rohrleitung auftretenden sind. Man verfährt dabei am besten so, daß man sich diese einmaligen Widerstände als in einer Rohrleitung ausgeübt denkt, d. h. man setzt der wahren Rohrlänge ein Stück zu, und zwar genügt es, wenn für jeden Heizkörper außer der ihm zugehörigen Rohrlänge noch 5 m hinzugeschlagen

¹⁾ 1 a = 20 m im Vorlauf; 1 b = 5 m im Rücklauf.

²⁾ Teilstrecken, bei denen die WE eingeklammert sind, liegen im Rücklauf, sie führen also eigentlich keine WE mehr für die Heizung. Da aber die Tabelle sich auf diese stützt, so benutzt man sinngemäß die dem Vorlauf entsprechenden WE zur Auffindung der Rohrweiten.

werden. Die übrigen einmaligen Widerstände werden genügend berücksichtigt dadurch, daß man bei der Berechnung doch nach oben abrundet, weil man an bestimmte Handelsrohrweiten gebunden ist, doch liegt die Möglichkeit einer genaueren Berechnung vor, wie weiter unten angegeben.

Für Heizkörper O_6 zieht man also $50 + 5 = 55$ m Rohrlänge in die Berechnung. Da nun für diese der Arbeitsdruck 61,2 mm Wassersäule beträgt, so entfällt bei Annahme eines gleichmäßigen

Druckabfalles in der Rohrleitung für jeden Meter ein solcher von $61,2 : 55 = 1,11$ mm. In der 20 m langen Teilstrecke 1 a würden also $20 \cdot 1,11 = 22,2$ mm, in Teilstrecke 2 $10 \cdot 1,11 = 11,1$ mm, in Teilstrecke 4 $4 \cdot 1,11 = 4,44$ mm usw., in Teilstrecke 6 $(5 + 5) \cdot 1,11 = 11,1$ mm aufgebraucht werden. Geht man nun bei A von dem vollen Arbeitsdruck 61,2 mm aus, so ist der verfügbare Arbeitsdruck

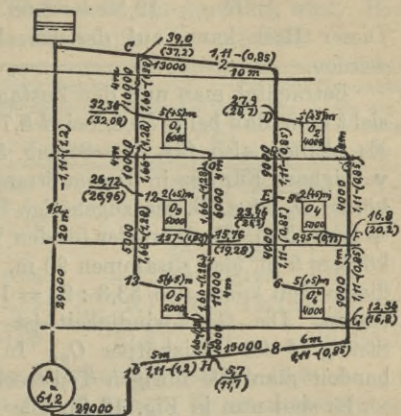


Fig. 12. Schema einer Warmwasserheizung mit oberer Verteilung und eingetragenen Werten für die Berechnung der Rohrleitung. (Die Tausenderzahlen sind die zu fördernden Wärmemengen, die m die Rohrlängen der Teilstrecken einschließlich der für einmalige Widerstände hinzugesetzt. — Die unterstrichenen Zahlen sind die nach der ersten Annahme ermittelten Arbeitsdrücke an den Teilstreckenenden, die eingeklammerten darunter die nach Berichtigung ermittelten. Die durch einen Bindestrich verbundenen Zahlen sind die zuerst berechneten und die später berichtigten Druckabfallzahlen für 1 m Rohrlänge.)

bei <i>C</i> noch	61,2	—	22,2	=	39,0	mm
„ <i>D</i> „	39,0	—	11,1	=	27,9	„
„ <i>E</i> „	27,9	—	4,44	=	23,46	„
„ <i>G</i> „	23,46	—	11,1	=	12,36	„
„ <i>H</i> „	12,36	—	6,66	=	5,7	„

Dieser Rest kann auf der Strecke *Ib* aufgebraucht werden.

Betrachtet man nun den Zustand des Stranges *I*, so sieht man, daß bei *C* 39,0, bei *H* 5,7 mm vorhanden sind. Es bleiben also für den Strang $39 - 5,7 = 33,3$ mm verfügbar. Für den in diesem Strange befindlichen Heizkörper O_5 ist z. B. die zugehörige Rohrlänge $4 + 4 + 5 + 2 = 15$ m. Dazu wieder für den Widerstand des Heizkörpers 5 m, also zusammen 20 m. Der Druckabfall für diesen Teil kann also $33,3 : 20 = 1,66$ mm für 1 m betragen. Die Geschwindigkeit ist also größer als im Strang *II* für Heizkörper O_6 . In gleicher Weise behandelt man alle übrigen Teilstrecken.

Es sind nun in Fig. 12 für alle Endpunkte der Teilstrecke die dort vorhandenen Arbeitsdrücke, in den Teilstrecken selbst die Druckabfälle eingetragen.

Vergleicht man nun mit der Tabelle (S. 98 und 99), so findet man für einen Druckabfall von 1,11 mm für 1 m Rohrlänge und für die von Teilstrecke *I* zu liefernde Wärmemenge von 29 000 WE eine Rohrweite von 58 mm als die nächstliegende höhere, die allerdings sogar bei dem etwas geringeren Druckabfall von 1,1 mm 43 300 WE liefern kann. Sie ist also sehr reichlich bemessen und würde in Wirklichkeit (man verfolge in der Tabelle nach oben) nur 0,6 mm Druckabfall für die benötigten 29 000 WE hervorbringen. Es bliebe also für die einmaligen Widerstände ein sehr großer Druck verfügbar.

Da nun auch bei den übrigen Rohrweiten solche Ersparnisse an Druckabfall eintreten können, so sieht man sämtliche Rohrleitungen auf diese durch. Man benutzt dazu zweckmäßig eine Tabelle nachfolgender Art, die natürlich für alle Teilstrecken durchgeführt wird. Hier ist nur der Teil für Heizkörper O_6 ausgeführt.

Teilstrecke	Wärme-	Länge in m	Anteiliger Druckabfall		Rohrweite nach Tabelle	Tatsächl. Druckabfall	
	lieferung WE/St		f. 1 m Rohr	für die ganze Länge der Teilstrecke mm Wassersäule		f. 1 m Rohr	für die ganze Länge mm Wassersäule
1a	29000	20	1,11	22,2	58(49)	0,6 (1,2)	12 (24)
2	13000	10	„	11,1	39	0,85	8,5 ↗
4	9000	4	„	4,44	34	0,85	3,4
6	4000	5+5	„	11,1	25	0,85	8,5
8	(13000)	6	„	6,66	39	0,85	5,1 ↗
1b	(29000)	5	„	5,55 {genauer ↗ Rest 5,7	58(49)	0,6 (1,2)	3,0 (6)
				61,05 61,2			40,5(55,5)

Der tatsächliche Druckabfall beträgt 40,5 mm anstatt des zulässigen von 61,2 mm. Es ist also ein überschießender Arbeitsdruck von 20,7 mm vorhanden, der für die nicht berücksichtigten einmaligen Widerstände noch überreichlich ist. Entweder kann man nun einzelne Rohrstrecken enger nehmen, oder man kann erwarten, daß der Umlauf nicht, wie hier angenommen, mit 25° Temperaturgefälle, sondern schon bei einem geringeren, bei dem der Druckabfall an sich kleiner wird, vor sich geht. Ohne weiteres kann man aber das Hauptrohr der Teilstrecke *1a* und *1b* mit der nächstengeren Rohrweite bemessen, da diese die verlangte Wärmemenge von 29 000 WE, bei einem dem berechneten fast gleichen Druckabfall liefert. Gerade die Verringerung des Hauptrohres ist auf den Preis der Heizung von Bedeutung. Der Druckabfall beträgt für ein Rohr von 49 mm l. W.

(lt. Tabelle) für 1 m 1,2 mm; für ein Rohr von 58 mm war er 0,6 mm, so daß also bei Verwendung von 49 mm Rohr für einen Meter 0,6 mm mehr entstehen, für die ganze Länge der Teilstrecke *I* also 15 mm. Von dem Überschuß von 20,7 mm bleiben also noch 5,7 mm (siehe die eingeklammerten Werte in obiger Tabelle). Weiter geht man nicht, da man wegen der nicht in Rechnung gestellten einmaligen Widerstände noch einen kleinen Überschuß behalten muß. Dann wird die Heizung allerdings nicht mehr mit einem geringeren Temperaturgefälle als rechnerisch angenommen arbeiten. Gemäß den Änderungen in dem ersten Teil des Stromkreises für den Heizkörper O_6 erhalten dann die übrigen Teilstrecken die Druckabfälle, die in der letzten Reihe der obigen Tabelle angegeben sind. Für das Gebiet des Stranges *I* muß eine neue Ermittlung stattfinden, weil Anfangs- und Enddruck bei *C* und *H* sich geändert haben. In Fig. 12 sind in Klammern die nunmehr in Frage kommenden Werte sowohl an den Schnittpunkten wie an den Teilstrecken eingetragen.

Aus diesen Angaben wird der eingeschlagene Weg leicht ersichtlich sein. Der Überlegende wird überblicken können, wie einfach es ist, eine beliebig genaue Bestimmung der Rohrabmessungen durchzuführen. Dazu ist es erwünscht, daß noch einige Beziehungen erörtert werden, die hier von Interesse sind. Die Tabelle (S. 98 und 99) ist für ein Gefälle von 25° berechnet. Gebräuchlich sind bei Warmwasserheizungen auch solche von 20 und 30° . Will man diese einer Anlage zugrunde legen, so hat man die gesamten Wärmebedarfszahlen einer Heizungsanlage gegenüber den Zahlen in der Tabelle bei 20° im Verhältnis von $25 : 20$ vergrößert, bei 30° im Verhältnis von $25 : 30$ verkleinert zu denken. Teilstrecke *I* würde

also ausgerechnet, als ob sie im ersteren Falle 36 250 WE im zweiten 24 200 WE zu fördern hätte. Ebenso ist es bei den übrigen Teilstrecken.

In den ausführlichen Recknagelschen Tabellenwerken über dieses Verfahren finden sich auch für die Temperaturgefälle von 20 und 30° berechnete Tabellen. Für diese ist natürlich zu wissen nötig, wie das a sich wegen der geänderten spezifischen Gewichte ändert, um danach den gesamten Druckverlust berechnen zu können.

a für 90 — 70° = 20° ist für 1 m 12,8 mm,

a für 90 — 60° = 30° ist für 1 m 18,4 mm.

Ferner ist es gut, für denjenigen, der genau rechnen will, die genaueren Beziehungen zwischen den einmaligen Widerständen (S. 87) und der hierfür einzusetzenden gedachten Rohrleitung zu wissen.

Jedem $\zeta = 1$ ist gleich zu setzen bei

einer Rohrweite von	11	14	20	25	34	39	49	mm
eine Rohrlänge von	0,2	0,3	0,5	0,6	0,9	1,0	1,3	m
(Rohrw.)	58	64	70	82	94	106	119	131
(Rohrl.)	1,5	1,8	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	4,4
								4,9
								5,3
								m

Der Anschluß vom Kessel zum Steigrohr ist also z. B. bei einem Rohr von 58 mm l. W. = $2 \times 1,5 = 3$ m oder bei unserem Beispiel = 3,33 m Wassersäule zu rechnen.

Wie schon aus den obigen Berechnungen hervorgeht, ist es nicht immer erforderlich, mit gleichem Druckabfall in den ganzen Rohrleitungen vorzugehen. Mit Rücksicht auf Verbilligung des Preises ist es vielfach erwünscht, daß man in den Hauptleitungen den Druckabfall etwas höher nimmt, um sie enger zu bekommen, während dagegen die Verzweigungsleitungen weiter werden. Für Warmwasserheizungen mit unterer Ver-

Stündliche Wärmelieferung (WE/St.) der
bei verschiedenem Druckabfall auf 1 m Rohrlänge
und Rücklauf von

Druckabfall in mm Wassersäule	Rohrweite in mm							
	11	14	20	25	34	39	49	58
0,05	83	156	400	720	1610	2350	4140	6500
0,10	129	243	620	1120	2500	3600	6620	10200
0,15	166	313	800	1430	3200	4570	8280	13325
0,20	200	374	960	1720	3860	5400	9940	16000
0,25	228	432	1100	1970	4400	6280	11300	18200
0,30	256	484	1230	2200	4900	7060	12690	20300
0,35	282	531	1360	2420	5400	7720	14090	21900
0,40	307	575	1470	2630	5880	8370	15200	23500
0,45	330	618	1580	2830	6300	9020	16300	25150
0,50	352	660	1680	3020	6700	9560	17400	26700
0,55	374	702	1780	3200	7100	10170	18400	28250
0,60	395	743	1880	3370	7500	10700	19400	29800
0,65	415	778	1970	3530	7870	11220	20200	31250
0,70	434	812	2060	3690	8240	11740	21300	32750
0,75	453	846	2150	3850	8600	12220	21000	34000
0,80	471	880	2240	4000	8900	12680	23000	35750
0,85	488	913	2320	4150	9200	13200	23800	37000
0,90	505	946	2400	4300	9550	13650	24600	38200
0,95	522	979	2480	4450	9890	14060	25500	39400
1,00	539	1012	2560	4580	10190	14500	26300	40900
1,10	572	1073	2710	4860	10750	15360	27800	43300
1,20	604	1133	2860	5120	11320	16180	29300	45400
1,30	634	1185	3000	5370	11880	17000	30600	47500
1,40	663	1240	3140	5600	12400	17750	32000	49600
1,50	691	1293	3280	5830	12950	18500	33400	51600
1,60	717	1345	3410	6060	13450	19200	34700	53600
1,70	743	1395	3530	6290	13950	19900	35900	55600
1,80	768	1444	3640	6510	14430	20580	37100	57650
1,90	793	1490	3750	6720	14960	21230	38300	59200
2,00	818	1535	3860	6930	15360	21900	39500	61000
2,25	880	1650	4140	7420	16450	23400	42300	65200
2,50	940	1760	4410	7940	17500	24900	44900	69500
2,75	998	1860	4680	8370	18500	26400	47400	73000
3,00	1043	1960	4950	8800	19500	27700	50000	77300
3,50	1150	2140	5410	9630	21250	30400	54600	84500
4,00	1247	2320	5840	10400	23000	32800	59000	91100
5,00	1417	2640	6540	11850	26200	37200	67000	103900
6,00	1580	2950	7400	13200	29050	41300	74500	114800
7,00	1728	3230	8100	14400	31750	45200	81200	125000
8,00	1868	3490	8700	15500	34300	48700	87700	135250
9,00	2000	3730	9350	16600	36650	52200	93700	146300
10,00	2130	3940	10000	17650	38950	55200	99500	

Berechnung der Rohrleitungen von Warmwasserheizungen. 99

Rohrleitungen von Warmwasserheizungen
und bei einem Temperaturgefälle zwischen Vor-
90 — 65 = 25°.

Rohrweite in mm								
64	70	82	94	106	119	131	143	156
840	10100	16250	24400	31000	48800	53000	70500	92100
12700	16900	25400	36500	50200	65000	82600	105500	134100
16935	21075	31800	45500	62550	83800	108100	135300	173750
19800	25300	38800	54600	73500	100000	130000	162000	203000
22900	28700	44000	60000	85000	114500	147600	186100	234500
25400	32100	48600	70000	94600	129100	165500	207500	260000
28200	35400	53400	76000	104600	141500	180000	225000	285000
30700	38200	57900	82000	112000	151200	195200	243000	305000
32400	41100	61700	88200	122000	163000	210000	264000	330000
34800	43900	66400	95000	129200	173000	222000	277000	348000
36650	46400	70200	100000	135200	183000	236500	296000	369000
38800	48900	73500	104400	143000	193000	248000	310000	390000
40500	51200	77000	109400	150600	202500	260000	327000	406000
42300	53600	80600	114500	157500	211200	271900	340000	427000
44100	55600	84000	119600	164500	219300	281000	355000	444000
45900	57600	87500	123800	170200	229000	293000	369000	460000
47700	60000	90000	128900	175500	237000	304000	380000	477000
49400	62000	93800	132500	182000	245500	313900	394000	494000
51000	64100	97000	138800	187500	254000	323000	405000	507000
52500	66000	99000	141200	193100	259000	335000	417000	524000
55700	70000	105200	150000	205000	275000	352500	441500	552000
58500	73500	110500	157400	215000	295000	371600	465000	580000
61200	76500	116200	165000	225500	304000	388000	489000	608000
63700	80700	121400	172000	235500	317000	406000	509000	634000
66500	83900	126200	179200	245500	329000	423000	527000	663000
69000	86900	131200	186100	254000	342000	438000	549000	688000
71500	90800	135700	192500	263000	354000	454000	566000	710000
73900	93000	140000	199300	271000	366000	469000	586000	734000
76200	96000	144500	205500	280000	376000	482200	605000	751000
78500	99000	148900	212000	289000	389000	499000	622000	779000
84000	106000	158900	227000	308000	415000	531500	665000	834000
89600	112800	168000	240500	327500	441000	565000	707000	885000
94600	119400	179000	254000	346000	465000	596000	749000	935000
99500	125000	187500	267500	365000	489000	625000	785000	980000
108100	136500	205000	292000	396000	535000	684000		
117000	147000	222000	315000	428500	576000			
133200	167800	252000	358000					
148000	185500	280000	400000					
161500	203000	304000						
174000	230900	328000						

teilung geschieht die Berechnung in gleicher Weise. Es würde in diesem Buche zu weit führen, diese sehr interessante Berechnung noch weiter fortzuführen, der ausführende Heizungsingenieur muß vielmehr auf die einschlägige Spezialliteratur verwiesen werden.

§ 30. Hochdruck- oder Heißwasserheizungen.

Die früher weitverbreitete Hochdruck- oder Heißwasserheizung, nach dem Erfinder auch „Perkins“-

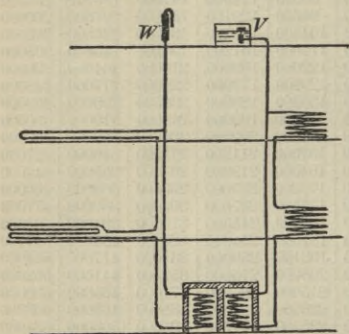


Fig. 13. Heißwasserheizung.

Heizung genannt, hat ihre Bedeutung fast vollständig verloren, weil sie in keiner Beziehung heutigen Ansprüchen mehr genügt. Sie besteht durchweg aus starkwandigen Eisenrohren von 23 mm lichter Weite bei 5 mm Wandstärke, die in Gestalt von „Rohrschlangen“ sowohl zur Wärmeaufnahme (Kessel, wie

abgabe (Heizkörper) dienen. Der wärmeabgebende Teil kann auch als langgestrecktes, am Boden oder in Fußbodenkanälen verlegtes Rohr ausgebildet werden. Fig. 13 zeigt eine solche Heizung mit zwei getrennten Rohrleitungen, jeden in verschiedener Ausführung. Jeder Rohrlauf ist in sich geschlossen (Rohr ohne Ende). Die wärmeaufnehmenden Rohrschlangen sind in gemauerten Feuerräumen untergebracht, häufig nebeneinander, vielfach indessen auch zusammengewunden im gleichen Heizraum und auch zu einem Gesamtsystem gekuppelt. Vom Feuerraume führt ein Steigrohr bis zu einem windkesselartigen Ausdehnungsgefäß *W* oder dem an Stelle des Ausdehnungsgefäßes in einem offenen Gefäß liegenden Ausströmventile *V*.

Durch letzteres, das entsprechend belastet ist, strömt das wegen der Ausdehnung durch die Erhitzung überflüssig wer-

dende Wasser in das Gefäß aus; durch ein Saugventil kann es bei Erkalten wieder in die Rohrleitung zurücktreten.

Man arbeitet in solchen Heizungen mit Temperaturen von 150° bis 180° entsprechend einem Überdruck von 3 bis 9 Atmosphären.

Unbedingt müssen die Rohrleitungen vollständig luftfrei sein. Schon beim Anfüllen der Leitung sorgt man dafür durch längeres Durchpumpen der Anlage. Luft in der Heizung kann die Ursache heftiger Stöße geben.

Die hocharmten und meist wenig zugänglichen Rohre leisten der Staubverschmelzung bedeutenden Vorschub. In dieser Beziehung sind die Heizungen geradezu gesundheitswidrig, besonders wenn man die Heizrohre in Fußbodenkanäle legt, wo sie leicht vom abfallenden Schmutz getroffen werden.

Die Regelungsfähigkeit ist eine sehr mangelhafte. Sie wird hauptsächlich dadurch bewerkstelligt, daß man das Feuer in seiner Leistung beeinflußt; aber das ist sehr schwierig, weil die Heizschlangen in den gemauerten Feuerräumen liegen, die ihre Wärmeabgabe schwer in den gewünschten Grenzen ändern. Man hat sich ferner dadurch geholfen, daß man Teile der Heizkörper durch Umlaufventile (Dreiweghähne) von der Wärmeabgabe ausschließt; auch das hat Bedenken, weil falsche Einstellung der Hähne für die Heizung verhängnisvoll werden kann.

Die Brennstoffausnutzung ist meist mangelhaft, weil man den Heizgasen nicht genügend Gelegenheit geben kann, ihre Wärme an die Feuerschlangen abzugeben.

Schließlich ist auch die Einfriergefahr sehr groß und sie kann zu großen Schädigungen Veranlassung geben. Die Wassermenge in dem Rohrsystem ist nur gering, besonders der Kälte ausgesetzte Strecken können leicht ausfrieren, wenn auch kaum bersten. Hat aber eine zugefrorene Strecke den Weg zum Ausdehnungsgefäß verlegt, so kann nach Wiederanfeuern im freien Rohre der Druck ins Ungemessene steigen, und wenn auch die Rohre einen Druck von 150 und mehr Atmosphären aushalten können, so kann doch eine Explosion eintreten.

Die Einfriergefahr hat man durch Zusatz von Salz, Spiritus, Kalzium u. dgl. zum Wasser, durch welche die Gefriergrenze herabgedrückt wird, zu mildern versucht, doch sind andere Unannehmlichkeiten die Folge dieses Vorgehens.

§ 31. Berechnung der Heißwasserheizungen.

Der geringen heutigen Bedeutung der Heißwasserheizungen entsprechend, soll deren Berechnung nur kurz angedeutet werden. Genaue Berechnung siehe in Rietschels Leitfaden.

Ein Heißwasserheizungssystem — Rohr ohne Ende — von der gesamten Rohrlänge l zerfällt in drei Teile. l_1 ist der Wärme aufnehmende Teil (die Feuerschlange), l_3 der

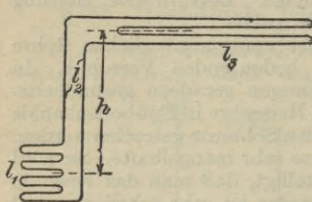


Fig. 14.

Schema einer Heißwasserheizung.

Wärme abgebende Teil (die Heizschlange), l_2 der beide verbindende Teil in Hin- und Rücklauf (siehe Fig. 14). Ist W die Wärmemenge, die die Heizung bei größter Kälte abzugeben hat, t_1 die Temperatur, die die Feuerschlange liefert, t_2 die im Rücklaufrohr, so ist die im System erforderliche Geschwindigkeit in m/Sek.

$$v = \frac{W}{1400 (t_1 - t_2)} \quad (30)$$

Die erreichbare Geschwindigkeit hängt von dem Höhenunterschied h zwischen Kessel und Heizkörper (von Mitte zu Mitte gerechnet), deren Reibungswiderständen $\rho = 0,01439 + \frac{0,009471}{\sqrt{v}}$ und den einmaligen Widerständen (ζ) ab. Vernachlässigt man die letzteren, weil bei dieser Heizungsart gegenüber dem Rohrreibungswiderstand sehr klein, so lautet die Formel für die erreichbare Geschwindigkeit

$$v = 0,00138 \sqrt{\frac{h (t_1^2 - t_2^2)}{\rho (l_1 + l_2 + l_3)}} \quad (31)$$

t_1 schwankt zwischen 140° (Vorschrift des preußischen Ministeriums) und 180° . t_2 wird zunächst geschätzt und so lange geändert, bis die erforderliche Geschwindigkeit der erreichbaren gleichkommt. Kann man dabei das erforderliche v für $t_2 = 80^\circ$ als Mindesttemperatur bei voller Leistung nicht erreichen, so muß man das System teilen und kann die verteilten Systeme dann kuppeln. Dieses Kuppeln geschieht in folgender Weise: Die grundsätzliche Anordnung des „Rohres ohne Ende“ wird beibehalten, aber man führt das rücklaufende Wasser nicht

in dieselbe Feuerschlange, sondern in eine zweite, die, in demselben Feuerraum liegend, in die erste hineingewunden wird. Nachdem in dieser das Wasser wieder erwärmt ist, wird es dem zweiten Heizschlangensystem zugeführt und von diesem fließt es nun wieder der ersten Feuerschlange zu. Das gleiche Wasser fließt also in beiden Systemen um. Auf gleiche Weise kann man noch mehrere Systeme miteinander kuppeln.

Die Länge des als Feuerschlange benötigten Teiles bestimmt man aus der Formel

$$l_1 = 0,0016 W. \quad (32)$$

Die Heizschlangen haben mit Ausnahme von Kirchen, Saalbauten, Gewächshäusern u. dgl. stets mehrere Räume zu versorgen, und es ist daher nötig, dieselben nach dem Wärmebedarf der einzelnen Räume zu teilen. Derjenige Raum, welchen die Heizschlange zuerst berührt, erhält das Wasser am heißesten. Nachdem es hier eine gewisse Wärmemenge verloren hat, fließt es dem zweiten Raum zu. Daraus ergibt sich, daß die nachfolgenden Heizschlangen für die gleiche Wärmeabgabe einer größeren Länge bedürfen. Eine richtige Teilung ist um so notwendiger, als die Heizanlagen meist weiter keine Regelungseinrichtung besitzen, als die Verminderung und Vermehrung der Wassertemperatur, so daß eine gleiche Abnahme der Wärmeabgabe in jedem Raume stattfindet. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Abnahme der Wärmeabgabe der Heizschlangen bei verschiedenen Temperaturunterschieden. Es ist dabei angenommen, daß die Wärme der Räume 20°C beträgt.

Wärmeabgabe eines Meters Heizrohr (Perkinsrohr: 33 mm äußerer Durchmesser) einer Heißwasserheizung bei 20° Temperatur des zu heizenden Raumes und verschiedenen mittleren Temperaturen des Heizrohres.

Mittlere Temperatur des Heizrohres $^\circ \text{C}$	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Temperaturunterschied zum Raum $^\circ \text{C}$	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Wärmeabgabe für 1 m Rohr WE	45,5	66,1	75,9	90,2	104	118	132	145	160	173	188	200

Umkleidete Heizschlangen geben 10 bis 25 v. H. weniger Wärme ab.

Man ist mit einiger Überlegung leicht imstande, nach dieser Tabelle die richtige Einteilung der Rohrlänge für die einzelnen Räume zu treffen.

Die gesamte Länge eines Rohrsystemes wird in der Praxis nicht höher als 160 bis 180 m angenommen, auch sieht man mit Rücksicht auf guten gleichmäßigen Gang einer solchen Heizung nach Möglichkeit darauf, die Systeme so zu teilen, daß alle zu einem Systeme gehörigen Heizschlangen in einem Stockwerke liegen.

§ 32. Schnellumlaufwarmwasserheizungen.

Wir haben gesehen, daß der Gewichtsunterschied des kalten und warmen Wassers den Grund zum Umlauf bei Wasserheizungen bildet und daß die daraus entstehende Arbeitskraft keine so hohe ist, um Heizungen mit großer wagerechter Ausdehnung oder solche in niedrigen Gebäuden zweckmäßig durchführen zu können, wenn man nicht zu Mitteldruckheizungen greifen will.

Der Wunsch, diesen Fehler zu beseitigen, hat dazu geführt, in die Umlaufleitungen Pumpen einzubauen, das Wasser also zwangsmäßig durch die Rohre zu treiben. Solche Pumpen können elektrisch betrieben oder auch durch Dampf betätigt werden. Dieser Weg wird bei größeren Anlagen mit Vorteil beschritten, und die Einführung von „Pumpenheizungen“ hat in neuerer Zeit, insbesondere auch bei Fernheizungsanlagen erhebliche Fortschritte gemacht. Besonders benutzt man zum Betriebe gern Kreiselpumpen. Bei kleinen Anlagen empfiehlt sich die Einschaltung mechanischer Betriebe nicht. Hier und auch bei größeren Anlagen hat man mit mehr oder minder Erfolg die folgenden Wege eingeschlagen.

Man kann die Umlaufenergie dadurch erhöhen, daß man dem auf 100° erwärmten Wasser im Steigrohr einer

Anlage mit oberer Verteilung Dampf beimischt. Dadurch wird der Gewichtsunterschied des Wassers im Steigrohr und Rücklaufrohr wesentlich höher, die Umlaufenergie steigt bedeutend.

1 l Wasser von 100°C wiegt rund 0,9 kg, 1 l Dampf von 100° 0,00058 kg, ist also dagegen verschwindend klein. 1 l Gemisch von 90% Wasser und 10% Dampf wiegt also nur ca. 0,81 kg. In § 29 sahen wir, daß bei gewöhnlichen Warmwasserheizungen der Arbeitsdruck bei dem dort gewählten Beispiel $a = 15,3$ mm Wassersäule für 1 m Höhenunterschied beträgt, bei dem eben genannten Mischungsverhältnis wird er nun 10 mal so groß.

Diese große Energieerhöhung schafft die Möglichkeit, geringere Rohrweiten zu benutzen, die Umlaufkreise zu erweitern und die Rohrführung und Aufstellung der Heizkörper viel freizügiger zu gestalten. Diese können mit dem Heizkessel auf gleicher Höhe, sogar auch tiefer stehen, ohne daß man befürchten muß, daß der Umlauf ungenügend wird. Da man nun den Dampf selbst nicht in die Heizung gelangen lassen will und darf, wenn keine Stöße, Umlaufstörungen usw. eintreten sollen, muß man ihn vor dem Eintritt in die Verteilungsleitung aus dem Wasser wieder abscheiden.

Daß die Einrichtung für diese Abscheidung und Verdichtung die Einfachheit der Heizungen beeinträchtigt, ist klar, und wenn man mit den einfachen Heizungen auskommt, ist kein Grund vorhanden, zu solcher Anordnung zu greifen. Aber dort, wo man die Kessel nicht tiefer stellen kann, wo die Bauhöhe eine geringe und die wagerechte Ausdehnung eine große, also z. B. für die Beheizung einzelner Geschosse, Etagenheizungen, verdienen diese Heizungen Beachtung.

Die einzelnen Verfahren, die diesen Gedanken ver-

wirklichen, sind übrigens bezüglich Einfachheit sehr verschieden, einige derselben zeigen recht umständliche Anordnungen. Die Berechnung der Heizungen erfolgt in gleicher Weise wie die gewöhnlichen Warmwasserheizungen, natürlich unter Berücksichtigung der durch das System bedingten Einzelheiten.

Der Urheber der neuen Idee war Reck in Kopenhagen. Sein System ist in Fig. 15 dargestellt.

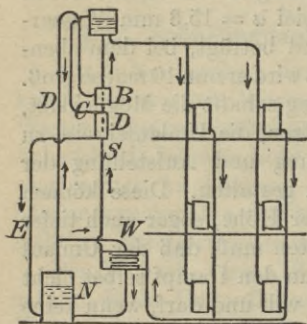


Fig. 15. Reckheizung.

Er stellt einen Niederdruckdampfkessel *N* auf, dessen Dampf in dem Vorwärmer *W* warmes Wasser erzeugt. Dieses steigt durch *S* in die Höhe und erhält durch das Rohr *D* an der Stelle *B* eine Zumischung von Dampf, so daß also von *B* aufwärts bis zum Ausdehnungsgefäß das gewünschte leichtere Dampf-wassergemisch vorhanden ist. Das Ausdehnungsgefäß

ist geschlossen, der erzeugte Dampf wird sich oben in diesem sammeln und wird durch das Rohr *C* dem Verdichter *D* zugeführt, wo er zu Wasser wird, seine Wärme zur Erwärmung des Heizwassers abgebend. Das aus dem Dampf entstandene Wasser strömt durch *E* dem Kessel wieder zu. Das Heizungssystem selbst ist dann wie eine gewöhnliche Warmwasserheizung ausgebildet. Das Wasser tritt zu den Heizkörpern ungefähr mit Dampftemperatur, die kritische Temperatur ist also überschritten.

Man vergleiche diese Abbildung mit der der einfachen

Warmwasserheizung Fig. 6 und der später folgenden Niederdruckdampfheizung Fig. 20 um den Unterschied in betreff der Einfachheit zu erkennen. Nicht angenehm ist es, daß ein Teil der Vorrichtungen in den Stockwerken angebracht werden muß, da hier der Platz meistens nicht gut verfügbar ist und man die Apparate auch lieber im Heizraum selbst behält.

Einfacher ist die Gestaltung einer solchen Heizung in einem Stockwerke (Fig. 16).

Der besondere Warmwasservorwärmer *W* ist fortgelassen, die nötige Wärme wird durch den Dampf allein zugeführt. Vor- und Rücklauf der Heizung liegen dicht nebeneinander, die Öfen stehen darunter. Sie können auch ohne Schädigung der Wirkung tiefer stehen, wie die Sohle des Kessels, etwa also wie bei Ofen *III* angedeutet.

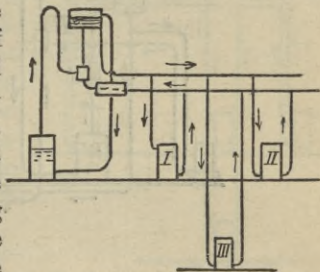


Fig. 16. Reckheizung in einer Etage.

Gewisse Vorsichtsmaßregeln müssen bei der Reckheizung dafür angeordnet werden, daß keine Geräusche auftreten.

Den Dampfkessel der Reckheizung hat man bei anderen Schnellumlaufheizungen vermieden und benutzt dafür einen Warmwasserkessel, den man so beheizt, daß das Wasser einige Grade über Siedetemperatur erhält, so daß sich im Steigrohr das gewünschte Dampfwassergemisch bildet.

Die erste derartige Heizung ist von Brückner in Wien konstruiert (Fig. 17). *W* ist der Warmwasserkessel; *S* das Steigrohr, in dem das Gefäß *R* angebracht ist. Dieses ist eine Erweiterung des Steigrohres, in dem

sich der Dampf entwickelt, um dann in dem darüberliegenden Teile als Dampfwassergemisch dem Ausdehnungsgefäß zuzuströmen.

Dort sammelt sich der Dampf oberhalb des Wassers und wird dem Verdichter *D* zugeführt, der mit dem Rücklaufrohr in Verbindung steht. Es muß also das Rücklaufrohr, ehe es zum Kessel strömt, zu diesem Verdichter erst wieder in die Höhe geführt werden. Die Verteilungsleitung, wie die Öfenanschlüsse und deren

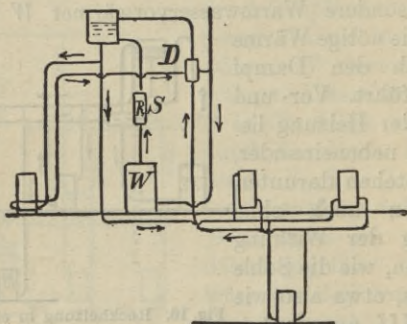


Fig. 17. Brücknerheizung.

Aufstellung sind verschiedenartig gezeichnet, um die Mannigfaltigkeit der möglichen Anordnungen zu zeigen.

Sehr ähnlich dieser Heizung ist die sogenannte Autocondensatorheizung von Bruun und Sörensen in Aarhus, bei der auch das Wasser den Öfen mit rund 100°C zufließt; die kritische Temperatur der Staubverschmelzung ist also überschritten.

Anschließend an diese verschiedenen Ausführungen sind nun noch eine ganze Reihe verschiedener Vorschläge entstanden. Bruun und Sörensen konstruierten auch eine Heizungsart, die Aerocirenitheizung, bei der sie Luft

dem Steigrohr zusetzen, übrigens an sich keine ganz neue Idee, denn viele Eisenbahnwagenheizungen benutzen seit Jahren das gleiche Verfahren.

Wie es meist geht, führen die Verbesserungen auch zu Vereinfachungen. Die einfachste Schnellumlaufheizung dürfte die Körtingsche sein, die sich fast gar nicht mehr von der gewöhnlichen Warmwasserheizung unterscheidet.

Im Warmwasserkessel *W* wird wieder das Wasser etwas über Siedehitze erwärmt. Das entstehende Dampfwassergemisch durchströmt direkt den unteren Teil des Ausdehnungsgefäßes, wo der Dampf wieder verdichtet wird. Den Heizkörpern kann also nur warmes Wasser ohne Dampfbeimischung zuströmen.

Eine Reihe der verschiedenen Systeme hat sich ganz gut eingeführt; ob sie für große Anlagen dauernden Bestand haben, erscheint fraglich, weil die Pumpenheizung in den Vordergrund des Interesses zu gelangen scheint. Jedenfalls ist es eine interessante Tatsache, daß der Wunsch, die Umlaufgeschwindigkeit zu erhöhen, eine so mannigfache Ausgestaltung innerhalb weniger Jahre erfahren hat.

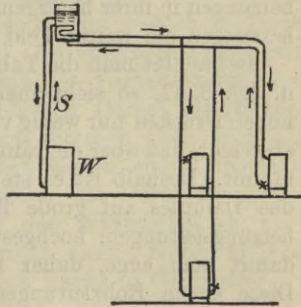


Fig. 18. Körtings Schnellumlaufheizung.

§ 33. Allgemeines über Dampfheizungen.

Bei den Dampfheizungen ist Wasserdampf, der sich bei der Wärmeabgabe zu Wasser verdichtet, der Wärmeträger. Dabei wird seine Verdampfungswärme frei und

zur Heizung benutzt. Der Dampf als Wärmeträger hat den Vorteil, daß verhältnismäßig große Wärmemengen bei geringem Gewichte durch die Rohre befördert werden können, weshalb auch große Entfernungen leicht überwunden werden.

Die Fernheizungen werden deshalb in ihrer Grundlage vielfach als Dampfheizung, ebenso die Beheizung großer Gebäude vielfach zweckmäßig als solche ausgeführt, aber auch für kleinere Gebäude haben sich Dampfheizungen in ihrer heutigen Form als Niederdruckdampfheizungen ein weites Feld erobert.

Betrachtet man die Tabelle über die Siedetemperatur u. dgl. S. 11, so sieht man, daß die Gesamtwärme bei hohen Drücken nur wenig von der bei geringeren Drücken abweicht, daß aber die räumliche Ausdehnung stark abnimmt. Deshalb ist es stets vorteilhaft für die Leitung des Dampfes auf große Entfernungen, also bei Fernheizungsleitungen, hochgespannten Dampf zu nehmen, damit man enge, daher billige Rohrleitungen erhält. Diese engen Rohrleitungen ergeben natürlich stärkere Reibungsverluste, aber man benutzt in den Heizungen selbst nur geringe Spannungen und kann deshalb in den Rohrleitungen mit großen Reibungsverlusten rechnen. Enge Leitungen haben wieder den Vorteil geringerer Wärmeverluste. Um diese noch mehr zu verringern, schützt man sie durch Umhüllungen mit schlechten Wärmeleitern (Isolation). Mit solchen Wärmeschutzmassen ist man heute so weit gekommen, daß man gegenüber freien Rohren nur noch $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{10}$ an Wärme verliert.

Dieser Verlust zeigt sich als Niederschlags-(Kondensations-)wasser, zu dessen Ableitung sog. Kondenswasserableiter eingeschaltet werden.

Bei den Fernleitungen kommen heute Drucke von 8 bis 10 at vor. Man hat bei diesen auch überhitzten, d. h. solchen Dampf, der mehr Wärme enthält, als seinem Drucke entspricht, benutzt, doch sind die Meinungen über die Zweckmäßigkeit geteilt. Bei größerer Überhitzung ist häufig eine Zerstörung der in den Rohrleitungen vorkommenden Metallteile (Ventile usw.) festgestellt. Die dadurch auftretenden Nachteile können die Vorteile, daß man kein Niederschlagswasser erhält, leicht aufwiegen. Übrigens tritt bei plötzlichen Spannungsveränderungen, wie sie durch die Druckverminderungsventile erzeugt werden, bei der Ausdehnung des Dampfes häufig Überhitzung desselben ein.

Die eigentlichen Dampfheizungen werden in Hoch- und Niederdruckdampf- und -Abdampfheizungen unterschieden. Die letzteren setzen das Vorhandensein einer Dampfmaschine, deren abgehender Dampf zur Heizung benutzt wird, voraus. Dazu kommen auch noch sog. Vacuumheizungen, bei denen durch eine Luftpumpe unter Erzeugung einer Luftleere die Dampftemperatur zum Zweck der Regelung der Wärmeabgaben noch unter 100° herabgesetzt werden kann. Solche Heizungen sind in Deutschland noch wenig in Gebrauch.

§ 34. Hochdruckdampfheizungen.

Diese sind als selbständige Heizungen für Wohngebäude ohne Bedeutung, kommen indessen in Fabriken vor. Aber auch da pflegt man bislang wegen des schweren Dichthaltens der Leitungen und Heizkörper unter hohen Drücken und der Gefahren, welche dadurch entstehen können, den Druck des Dampfkessels vorher zu vermindern und arbeitet deshalb in Fabrikheizungen nicht höher als mit 2 at Überdruck. Die Druckverminderung erfolgt durch Dampfdruckverminderungsventile (Reduzier-ventile). Als Heizflächen verwendet man neben Rippenheizkörpern usw. gern schmiedeeiserne Rohre, die als lange Stränge entweder an der Erde, an den Wänden

oder auch über Kopfhöhe in den Arbeitsräumen aufgehängt werden. Am Ende der Heizleitungen wird für Abführung des Niederschlagswassers durch Kondenswasserableiter gesorgt. Das noch heiße Niederschlagswasser führt man zweckmäßig dem Speisewasser des Dampfkessels wieder zu. Mit Hochdruckdampf arbeitende Einzelöfen lassen sich nur sehr schwer in ihrer Wärmeabgabe regeln, weil es nicht möglich ist, die Absperrventile so fein einzustellen, wie es für die gewünschte Vermehrung oder Verminderung der Durchflußöffnungen erforderlich ist.

Bei der Anfertigung der Heizungspläne verfährt man in ähnlicher Weise, wie in § 28 angegeben ist. Die Zuführung des Dampfes und die Abführung des Niederschlagswassers hat stets in getrennten Leitungen zu erfolgen. Damit das in den Dampfrohren entstehende Niederschlagswasser keine Störungen hervorruft, geht man mit dem Hauptdampfrohr zunächst auf kürzestem Wege in die Höhe und verzweigt von dort nach den einzelnen Strängen mit angemessenem Falle.

Eine Ausnahme bilden die sog. Kreislaufheizungen, die zuerst von Kranz ausgeführt wurden. Bei diesen findet keine Druckverminderung statt, sondern der Dampf steht in der gänzlich aus glatten Rohren hergestellten Heizung mit vollem Kesseldruck. Eine eigenartige Anordnung beim Rücklauf sorgt dafür, daß das Niederschlagswasser selbsttätig wieder in den Kessel gelangt. Neuerdings hat man eine Zwischenstufe zwischen der Heizung mit vollem Hochdruck und der erst beschriebenen eingeführt, in der man z. B. mit Spannungen von 4 bis 6 at in den aus schmiedeeisernen Rohren hergestellten Heizflächen arbeitet und selbsttätige Rückspeiser für das Niederschlagswasser benutzt.

§ 35. Berechnung der Hochdruckdampfleitung.

Die Anlagen für die Erzeugung des Hochdruckdampfes, also die Dampfkesselanlagen gehören nicht zum Bereich des eigentlichen Heizungsfaches, doch setzt man bei einem Heizungstechniker volles Verständnis für die richtige Ausbildung solcher Anlagen voraus. Diese dienen meistens auch noch anderen Zwecken; sie liefern den Dampf sowohl für Maschinenbetrieb, z. B. zur Herstellung von elektrischer Energie, wie auch für Koch-, Wasch- und Badezwecke, und nur ein Bruchteil pflegt für die Heizung benutzt zu werden.

Im Rahmen dieses Buches würde es unmöglich sein, eine, wenn auch nur gedrängte Darstellung solcher Kesselanlagen zu geben. Die Beschreibung derselben muß gänzlich ausscheiden.

Dagegen ist die Ausführung der Verteilungsleitung des Hochdruckdampfes nach den verschiedenen Verwendungsstellen meistens Sache der Heizungstechniker, wenn auch diese Leitungen außer dem Dampf für die Heizungen solchen für anderweitige Verwendung liefern müssen.

Die richtige Bemessung dieser Verteilungsleitung ist von um so höherer Bedeutung, je weiter der Dampf geleitet werden muß. Das Bestreben muß bei diesen sog. Fernleitungen mit Rücksicht auf die Gestehungskosten und die möglichste Vermeidung von Wärmeverlusten darauf gerichtet sein, die Rohrleitung so eng zu gestalten, wie möglich.

Da die Hochdruckkessel den Dampf kaum unter einen Druck von 6 bis 8 at liefern, man aber zu Heiz-, Koch- und Waschzwecken den Dampf kaum mit höherer Spannung als 1 at gebraucht, so kann man in den Fernleitungen

mit hohen Druckverlusten, die durch die Reibung an den Rohrwänden entstehen, rechnen. Zur Verbilligung der Rohrleitung trägt wesentlich bei, wenn man im Anfang der Leitung verhältnismäßig hohe Druckverluste zuläßt.

Nun wird eine solche Leitung nur kurze Zeit auf volle Leistung beansprucht, meistens wird die durchfließende Dampfmenge eine geringere sein und damit der Druck am Ende des Rohres auch nicht so weit abfallen, als rechnerisch angenommen. Da nun aber die Benutzungsstellen Druckschwankungen nicht gebrauchen können, so müssen Einrichtungen eingebaut werden, die es ermöglichen, den Druck unter allen Umständen auf gleicher Höhe zu erhalten. Das geschieht durch die Druckverminderungsventile.

Die Fernleitungen werden vielfach in begehbaren Kanälen untergebracht, die dann gleichzeitig für die Rückleitung des Niederschlagswassers und auch für andere Zwecke (elektrische Übertragung, Abfallwässer) benutzt werden. Solche Kanäle sind aber sehr teuer; man hat daher neuerdings auch unbegehbare Kanäle benutzt, in denen man die geschweiste Fernleitungen verlegt.

Zur Vermeidung der Wärmeverluste werden die Rohre mit Wärmeschutzmasse umgeben.

Auf die Ausdehnung der langen Rohrleitungen ist besonders achtzugeben, und es sind Einrichtungen, die die Einflüsse dieser Ausdehnung beheben, vorzusehen.

Vielfach führt man Fernleitungen so aus, daß sie einen geschlossenen Ring bilden, so daß der Dampf auf zwei Wegen zu jedem Punkte gelangen kann, wodurch die Betriebssicherheit erhöht wird.

Die Möglichkeit, die Betriebsfähigkeit solcher An-

lagen unter allen Umständen aufrechtzuerhalten, bedarf in allen Fällen besonderer Beachtung.

Für die Berechnung von Dampfrohrweiten hat H. Fischer wertvolle Formeln geschaffen, deren Gültigkeit durch praktische Versuche wiederholt bewiesen wurde. Es werden in diesen sowohl die Druckverluste durch Reibung an den Rohrwänden, wie auch die durch die sog. einmaligen Widerstände und durch den Wärmeverlust nach außen berücksichtigt.

Ist p_1 der Überdruck des Dampfes beim Eintritt in ein Rohr, ausgedrückt in kg/qm (oder mm Wassersäule),

p_2 der beim Austritt aus demselben,

γ das Gewicht eines Kubikmeters Dampf von der mittleren Spannung $\frac{p_1 + p_2}{2}$,

d der innere Rohrdurchmesser in Zentimetern,

l die Länge der Rohrleitung in Metern,

ζ die einmaligen Widerstände (§ 29),

Q das stündlich von den Rohren zu liefernde Dampfgewicht in Kilogramm,

V der Dampfverlust infolge Wärmeabgabe des Rohres nach außen (als Niederschlagswasser erkennbar),

so ist der Druckverlust in einem Rohre

$$p_1 - p_2 = (1,9 l + 0,8 d \sum \zeta) \frac{\left(Q + \frac{V}{2}\right)^2}{\gamma d^5}. \quad (34)$$

Daraus ergibt sich für das am Ende eines Rohres bei bestimmtem Druckverlust austretende Dampfgewicht

$$Q = \sqrt[5]{\frac{\gamma d^5 (p_1 - p_2)}{1,9 l + 0,8 d \sum \zeta} - \frac{V}{2}} \quad (35)$$

oder der Rohrdurchmesser für ein bestimmtes Q und bestimmten Druckverlust bei gegebener Länge

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,9 l + 0,8 d \sum \zeta}{\gamma (p_1 - p_2)} \left(Q + \frac{V}{2}\right)^2} \quad (36)$$

Kennt man an Stelle des Dampfgewichtes Q die zu liefernde Wärmemenge W (in WE), so ist $Q = \frac{W}{w}$, worin w diejenige Wärmemenge ist, die 1 kg Dampf abgibt. Da das Niederschlagswasser ungefähr mit der Dampftemperatur abfließt, so kann man für w den Wert der latenten Wärme für 1 kg Dampf bei den verschiedenen Dampfspannungen nehmen (s. S. 11).

Die Formel erscheint unbequem, weil der zu bestimmende Rohrdurchmesser auch auf der rechten Seite der Gleichung vorkommt. Er muß daher zunächst geschätzt werden. Sollte man sich bei dieser Schätzung irren, so hat das wegen des geringen Zahlenwertes des betreffenden Gliedes auf das Ergebnis nur wenig Einfluß. Zur Sicherheit kann man das mit dem Schätzwert ausgerechnete d nochmals in die Gleichung einsetzen und die Rechnung wiederholen.

Der ermittelte Rohrdurchmesser wird dann auf die nächst höhere Handelsrohrweite (s. Bd. II) gebracht, wodurch der wirkliche Druckverlust für das Rohr kleiner wird, als bei der Berechnung angenommen.

Besitzt ein Dampfrohr Abzweigungen, deren jede einen Teil der Wärme weiterführen soll, so zerlegt man die Leitung in Teilstrecken und berechnet für jeden Teil den Rohrdurchmesser und den wirklichen Druckverlust, der

nach Einführung der Handelsrohrweiten verbleibt. Der letztere wird einen Unterschied gegenüber dem angenommenen aufweisen. Diesen Fehler kann man dadurch beseitigen, daß man in eine Rohrstrecke diesen Unterschied einführt und damit ein neues d ausrechnet.

Sind die Teilstrecken kurz, so kann man die Formel in einer einfacheren Gestalt benutzen, indem man die Glieder für V und ζ fortläßt. Sie heißt dann

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,9 l Q^2}{\gamma (p_1 - p_2)}}. \quad (37)$$

Mit dieser Formel rechnet man die einzelnen Teilstrecken aus, setzt das nächsthöhere Handelsmaß ein und verfährt dann bezüglich der Ermittlung der wirklichen Druckverluste so wie vorher geschildert. Meistens genügt allerdings die Erhöhung der Rohrweiten auf Handelsmaß, um die in der gekürzten Formel vernachlässigten Einflüsse der entstehenden Verluste für einmalige Widerstände und Wärmeabgabe auszugleichen. Sonst nimmt man eben auch die vorher beschriebene Berichtigung vor.

Als Werte für die Wärmeabgabe (V) können folgende gelten:

Dampfverlust (V) in kg/Stunde durch Wärmeabgabe von Rohrleitungen für 1 m Rohrlänge.

Rohrweite in mm	11	14	20	25	34	39	49
Abgegebenes Dampfge- wicht beim umhüllten Rohr kg	0,036	0,045	0,057	0,075	0,09	0,105	0,13
beim nackten Rohr . kg	0,15	0,18	0,23	0,3	0,36	0,42	0,52

Rohrweite in mm	58	64	70	76	82	88	94	100
Abgegebenes Dampfge- wicht beim umhüllten Rohr kg	0,14	0,16	0,17	0,18	0,21	0,22	0,225	0,24
beim nackten Rohr . kg	0,56	0,64	0,68	0,72	0,84	0,88	0,90	0,96

Es sei nochmals hervorgehoben, daß in der Formel das V dieser Tabelle nur zur Hälfte in Rechnung gestellt wird.

§ 36. Niederdruckdampfheizung.

Die Niederdruckdampfheizungen, ursprünglich amerikanischen Ursprungs, sind vor rund 25 Jahren zuerst durch Bechem. & Post, Hagen in Deutschland eingeführt und

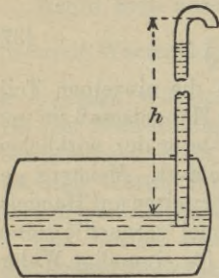


Fig. 19. Standrohr ältester Ausführung an einem Niederdruckdampfkessel.

haben große Verbreitung gefunden. Man benutzt sie für Wohnhäuser, wie alle anderen Arten von Gebäuden, und hat verstanden, sie in technischer und hygienischer Beziehung zu hoher Vollendung zu bringen. Aber wenn irgendwo die Ausführung von Anlagen große Unterschiede in ihrem technischen Werte zeigt, so ist es bei dieser Art von Heizungsanlagen, denen eben eine Reihe von Heizungsfirmen nicht den völligen Wert zuerkennt und sie daher minder-

wertig ausführt. Dadurch leidet diese Heizungsart vielfach unter unrichtiger Beurteilung.

Ein Dampfkessel wird in Deutschland von Konzession und staatlicher Aufsicht befreit, wenn man ihn mit einem offenen Standrohr versieht, dessen Höhe 5 m nicht überragt. Fig. 19 zeigt die ursprüngliche Anordnung dieses Standrohres an einem kleinen Walzenkessel. Entsteht Druck im Kessel, so treibt dieser in dem Standrohr Wasser in die Höhe; übersteigt der Druck bei $h = 5$ m den Druck von 0,5 at, so wird das Wasser aus dem Standrohr geschleudert, der Dampf kann entweichen und der

Druck verschwindet. Ein Druck von 5 m ist aber so gering, daß er keinen Schaden anrichten kann. Solche Standrohrkessel werden bei den Niederdruckdampfheizungen gebraucht. Der höchste in diesen vorkommende Druck beträgt 0,2—0,3 at. Will man den Dampf auch zu Kochzwecken gebrauchen, so geht man wohl bis 0,5 at. Für gewöhnlich genügen geringere Drücke.

Viele Hersteller solcher Anlagen richten ihre Heizungen so ein, daß sie schon bei weniger als 0,01 at ordnungsgemäß zu arbeiten beginnen. Bei angestrenzter Leistung steigt der Druck bei solchen Anlagen auf 0,04 at, bei größeren Anlagen bis höchstens 0,1 at. Daß derartige Drücke gänzlich unbedenklich sind, wird ohne weiteres einleuchten, wenn man überlegt, daß einem Drucke von 0,1 at eine Wassersäule von 1 m, einem solchen von 0,01 at aber nur eine Wassersäule von 10 cm Höhe entspricht.

Selbst der Druck in den Warmwasserheizungen ist ein viel höherer. Bei einer Höhe einer solchen Anlage vom Kessel bis zum Ausdehnungsgefäß von 15 m beträgt der Druck am Kessel schon 1,5 at.

Die mit geringen Drücken arbeitenden Niederdruckdampfheizungen sind die technisch wertvolleren.

Um den Druck in den Niederdruckdampfkesseln auf der gewünschten Höhe zu erhalten, versieht man sie mit durch den Kesseldruck betätigten selbsttätigen Verbrennungsreglern. Wird z. B. die Leistung der Heizung durch Abschließen von Heizkörpern vermindert, so beginnt der Druck im Kessel zu steigen. Dadurch vermindert der Regler die Luftzuführung zum Feuer, dieses wird schwächer und der Druck sinkt wieder auf das frühere Maß.

Fig. 20 ist das schematische Bild einer Niederdruckdampfheizungsanlage. K ist der Dampfkessel mit der Standrohrereinrichtung S . Der Verbrennungsregler ist nicht dargestellt. D ist die Dampfleitung, H_1 bis H_6 die Heizkörper in den Zimmern, C das Rücklaufrohr, das das Niederschlagswasser zum Kessel zurückführt. — Da vor dem Anfeuern die gesamte Leitung und die Heizkörper mit Luft gefüllt sind, so muß diese nach dem An-

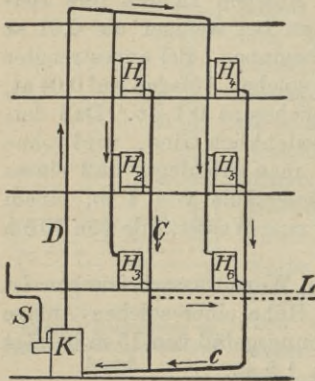


Fig. 20. Niederdruckdampfheizung.

heizen dem Dampfe Platz machen, weshalb das Luftrohr L angeordnet ist. Jeder Heizkörper erhält ein Absperrventil. Wird ein Heizkörper abgestellt oder die Heizung außer Betrieb gesetzt, so verschwindet der Dampf, die Luft tritt rückwärts wieder ein und das Wasser fließt zum Kessel zurück. Es besteht daher keine Gefahr, daß die Rohrleitungen bei außer Benutzung befind-

licher Heizung einfrieren können; auch ist eine Nachspeisung ebensowenig nötig, wie bei den Warmwasserheizungen, so daß keine Kesselsteingefahr vorhanden ist. Von Wichtigkeit ist aber, zu verhindern, daß der Dampf in die Rücklaufrohre gelangt. Dampf und Wasser vertragen sich nicht, wenn sie mit verschiedenen Temperaturen zusammenkommen. Hämmern und Stoßen ist die Folge solcher Vereinigung. Zudem würden etwa abgestellte Heizkörper rückwärts durch die Niederschlagswasserrohre warm werden können.

Die ersten Niederdruckdampfheizungen von Bechem & Post führte man, wie in Fig. 21 dargestellt, nur mit einer Rohrleitung, die den Dampf zu den Heizkörpern und das Niederschlagswasser zurückführen sollte, aus. Das Verfahren konnte sich aus dem geschilderten Grunde nicht halten, weshalb diese Rohranordnung fast gänzlich verschwunden ist.

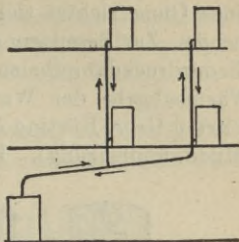


Fig. 21. Alte Niederdruckdampfheizung mit Einrohrsystem.

Bei diesen Heizungen war auch eine eigenartige Regelungseinrichtung im Gebrauch. Die Heizkörper erhielten keine Ventile, sondern wurden mit einem aus Wärmeschutzmasse bestehenden Mantel umgeben (Fig. 22). Oben hatte der Mantel eine verschließbare Öffnung. Schloß man diese, so stellte sich unter dem Mantel eine Temperatur gleich der des Dampfes ein und die Wärmeabgabe des Heizkörpers hörte auf, oder sollte doch aufhören. Aber das gelang unvollkommen, weil selbst der beste Schutzmantel noch Wärme durchließ. Dabei war die Regulierung sehr mangelhaft, denn die Querschnitte in der Mantelöffnung ließen sich so fein, als es wünschenswert war, nicht einstellen. Zudem verhinderte der Mantel die Reinigung des Heizkörpers und war sehr unförmig, weshalb man diese Anordnung bald verließ und zu Heizkörpern, deren Wärmeabgabe durch Ventile am Dampfzufluß geregelt wird, überging.

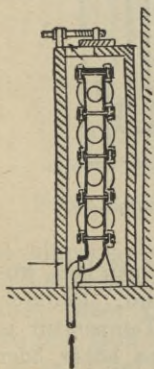


Fig. 22. Dampfheizkörper mit Wärmeschutzmantel.

Der Dampf ist leichter als die Luft und wird folglich den oberen Teil des Heizkörpers erfüllen und die Luft nach unten verdrängen. Die Heizkörper haben deshalb oben, wenn sie nicht ganz mit Dampf gefüllt sind, was zumeist der Fall ist, die volle Dampfwärme von 100° und bleiben unten kalt, sie haben also nicht die milde

Wärme der Warmwasserheizung, und es tritt Staubversengung bei ihnen ein. Die Größe der heißen Fläche eines Ofens richtet sich nach der zufließenden Dampfmenge. Zur Beseitigung dieses Übelstandes und um die Niederdruckdampfheizung auch bezüglich der milden Wärmeabgabe der Warmwasserheizung gleichzustellen, führten Gebr. Körting das Luftumwälzungsverfahren ein (Milddampfheizung). Es besteht darin, daß man den

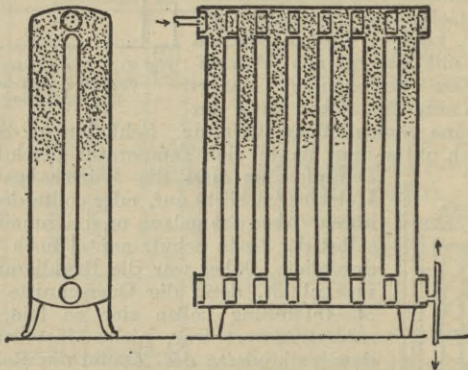


Fig. 23. Heizkörper der gewöhnlichen Niederdruckdampfheizung mit halber Dampfzuführung.

Dampf von unten in den Heizkörper gelangen läßt, wodurch die Luft in Bewegung gesetzt wird. Dadurch entsteht ein Dampf-Luftgemisch, dessen Temperatur je nach der Menge des zugesetzten Dampfes höher oder niedriger ist. Die Heizkörper erhalten eine gleichmäßig erwärmte Oberfläche, wie sie nicht einmal bei der Warmwasserheizung zu finden ist.

Fig. 23 zeigt die Lage von Dampf und Luft beim gewöhnlichen Heizkörper einer Niederdruckdampfheizung.

Der punktierte Teil ist der mit Dampf gefüllte heiße Teil des Ofens, der darunter befindliche Teil ist kalt.

Fig. 24 stellt dagegen das Luftumwälzungsverfahren dar; der in der Luft gleichmäßig verteilte Dampf, ist durch die etwas entfernter gezeichneten Punkte dargestellt.

Dieser zweifellos wertvollen Neuerung hat häufig mit großem Unrecht die verdiente Anerkennung gefehlt, wo-

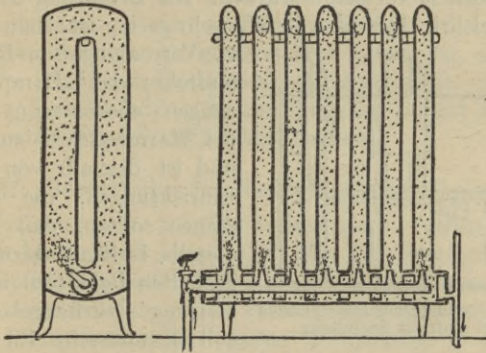


Fig. 24. Heizkörper mit Körtings Luftumwälzungsverfahren.

bei allerdings die darauf ruhenden Patentrechte im Geschäftsleben eine nicht unbedeutende Rolle gespielt haben. Aber Tatsache ist es, daß bei solchen Heizungen sich auch die sog. generelle Regelung, d. h. jene bei der Warmwasserheizung schon erwähnte Regelung der Heizungsanlage in ihrer Gesamtheit, die hier durch Veränderung des Druckes im Kessel hervorgebracht wird, durchführen läßt. Dazu gehört allerdings ein Verbrennungsregler, der für jeden gewünschten

Druck in der Heizung eingestellt werden kann, und eine Ausführung der Heizung für sicheres Arbeiten schon bei sehr kleinen Anfangsdrücken.

Wie wir oben sahen, wird durch den Dampf die Luft aus den Heizkörpern herausgetrieben und sie tritt wieder ein, wenn der Dampfzufluß verringert wird oder ganz aufhört. Es hat nun Bedenken erregt, daß die Rohre im Innern leicht verrosteten würden. Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, daß diese Gefahr sehr gering ist; man hört

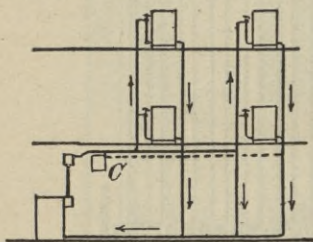


Fig. 25. Niederdruckdampfheizung mit zentraler Entlüftung.

von Verrostungen der Rücklaufrohre bei Dampfheizungen ebensowenig wie bei Warmwasserheizungen und ist deshalb von den Einrichtungen, die dazu dienen sollten, daß stets dieselbe Luft aus dazu aufgestellten Behältern in die Heizung zurückgelangen soll (Käuffersche Einrichtung

mit Luftglocke, Körtingsche mit Siphon), gänzlich zurückgekommen.

Dagegen faßt man die Luftleitungen meist zentral zusammen. Fig. 25 zeigt die Gesamtanordnung einer Niederdruckdampfheizung mit zentraler Entlüftung.

Es erübrigt, zu erwähnen, daß man bei den Niederdruckdampfheizungen mit kleineren Heizkörpern und engeren Rohren, als bei Warmwasserheizungen auskommt, wodurch meistens ein billigerer Preis als bei Wasserheizungen erreicht wird.

Ebenso wie bei den Warmwasserheizungen kann man auch Niederdruckdampfheizungen von zentralen Wärme-

quellen, also einem Fabrikdampfkessel oder einer Fernheizungszentrale, mit Wärme versehen. Es tritt dann entweder ein Kessel, in dem mittels Hochdruckdampfes Niederdruckdampf erzeugt wird, an Stelle des mit Brennstoff geheizten Kessels oder der Dampf wird nach Druckverminderung auf Niederdruck direkt verwendet. Der erstere Weg kommt da in Frage, wo die Beschaffenheit des Dampfes Störungen in der Heizung ergeben könnte. Das ist mitunter der Fall, wenn man den Dampf aus Fabrikesseln entnimmt. Für gewöhnlich wird der zweite Weg beschritten. Es ist dann aber notwendig, daß man in der Wahl der Druckverminderungsventile vorsichtig ist, weil nicht jede dafür angepriesene Bauart die hierbei notwendige Feinfühligkeit besitzt.

§ 37. Berechnung der Niederdruckdampfheizungen.

Heizungsplan und Strangzeichnung werden wie in § 28 beschrieben hergestellt. Mit der Berechnung der Dampfleitung verfährt man sodann ähnlich wie bei der Warmwasserheizung § 29 beschrieben. Man zerlegt also die Dampfleitung in einzelne Teilstrecken in der Art, daß dasjenige Stück jedesmal ein Teil wird, das eine gewisse Wärmemenge überführen muß. In Fig. 26 ist eine solche Teilstreckeneinteilung dargestellt.

Zur Berechnung der Rohrweiten gibt es wiederum verschiedene Berechnungsarten, die ebenso wie bei Warmwasserheizungen einen verschiedenartigen Grad von Genauigkeit ergeben. Es muß auch hier für gute Anlagen verlangt werden, daß sie genau gerechnet sind. Die Rechnungsarten von Fischer und Rietschel, die im Grunde auf gleicher Grundlage beruhen, liefern solche.

Die nachfolgende Berechnungsart, auch nach der Druckabfallmethode wie bei der Warmwasserheizung

durchgeführt, ist auf die gekürzte Fischersche Formel Nr. 37 (§ 35) aufgebaut. Setzt man in diese $Q = \frac{W}{w}$ und nimmt dabei $w = 530$ an, setzt man ferner $\gamma = 0,6$ — diese Zahlen entsprechen als angenäherte Werte den in Niederdruckdampfheizungen vorkommenden Dampfdrücken — so wird für eine Rohrlänge $l = 1$ m Formel 37 angenähert läuten:

$$d = 0,1 \sqrt[5]{\frac{W^2}{(p_1 - p_2)}}. \quad (38)$$

Für p_1 und p_2 müssen Annahmen gemacht werden.

Für p_1 , den Druck im Kessel, empfiehlt Rietschel folgende Werte:

Ist die längste Dampfrohrstrecke, also vom Kessel bis zum entferntesten Heizkörper bis

100 200 300 500 m,

so soll der Druck im Kessel nicht mehr als

500 1000 1500 200 kg/qm

oder mm Wassersäule

(gleich 0,05 0,10 0,15 0,20 at)

betragen.

Der Druck p_2 ist derjenige, der am Ende der Leitung, also meist vor den Heizkörpern, vorhanden sein soll. Man darf diesen vor den Öfen nicht zu hoch wählen, damit durch den Dampfeintritt in diese kein Geräusch entsteht. Ein Druck von 100 bis 200 mm Wassersäule ist als angemessen zu betrachten und zwar ist es gut, wenn dafür gesorgt wird, daß er vor allen Heizkörpern gleich ist, damit die Regelung der Heizung vom Kessel aus (generelle Regelung) durch Veränderung des Anfangsdruckes möglichst gut erhalten wird. Der Druck ist auch groß genug, um die durch den Heizkörperanschluß, besonders

das Ventil, auftretenden einmaligen Widerstände zu überwinden.

Bei solchen Drücken kann gerechnet werden, daß ein Dampfventil

von 13 20 25 mm lichtem Durchgang
für eine stündliche Wärmemenge des Heizkörpers
von 3500 8000 20 000 WE ausreicht.

Der zulässige Druckabfall ist nun durch obige Annahme festgelegt. Er darf in keinem Teil der Rohrleitung überschritten werden. In Fig. 26 ist offenbar die längste Dampfrohrstrecke die vom Kessel bis zum Ofen I; sie setzt sich zusammen aus den Teilstrecken 1, 2 und 4. Nimmt man an, daß sich der Druckverlust $p_1 - p_2$ gleichmäßig über die ganze Länge verteilt, und bezeichnet man die Gesamtlänge der Rohrleitung mit l und die Länge der Teilstrecke I mit l_1 , so ist der verfügbare Druck bei B

$$p = p_1 - \frac{(p_1 - p_2) l_1}{l}. \quad (39)$$

p ist dann der Anfangsdruck, mit dem der Dampf in die Teilstrecken 5, 6, 7, 8, 9 und 10 abströmt. Von dieser Abzweigung bis zum Heizkörper III darf dann z. B. der Druckverlust nicht größer wie $p - p_2$ sein.

Zur Erleichterung der Rechnung ist nach Formel 38 die folgende Tabelle berechnet.

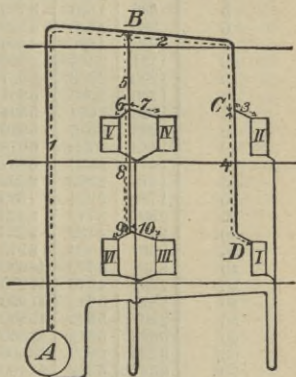


Fig. 26. Teilstreckenteilung bei einer Niederdruckdampfheizung.

Stündliche Wärmelieferung der Rohrleitung bei verschiedenem Druckabfall

Druckabfall in mm Wassersäule	Rohrweite in mm							
	11	14	20	25	34	39	49	58
1	400	755	1686	3094	6352	9241	16040	24250
2	504	951	2125	3900	8006	11650	20220	33130
3	693	1307	2920	5360	11000	16010	27780	42490
4	800	1507	3372	6184	12700	18480	32080	49060
5	895	1687	3769	6919	14200	20660	35870	54850
6	980	1848	4129	7597	15560	22640	39290	60080
7	1058	1996	4460	8187	16810	24450	42440	64900
8	1131	2134	4768	8752	17970	26080	45370	69380
9	1200	2263	5057	9283	19060	27720	48120	73580
10	1265	2386	5331	9785	20090	29220	50780	77570
11	1328	2504	5594	10510	21080	30660	53230	81400
12	1368	2613	5840	10720	22000	32010	55570	84970
13	1442	2720	6078	11160	22900	33320	57840	88440
14	1497	2823	6307	11580	23770	34420	60020	91780
15	1549	2922	6529	11980	24600	35790	62130	94890
20	1789	3374	7539	13840	28410	41330	71740	109700
25	2000	3772	8429	15470	31760	46200	80210	122600
30	2191	4132	9233	16950	35010	50610	87860	134300
35	2367	4464	9973	18310	37580	54670	94900	145100
40	2530	4772	10660	19570	40170	58450	101500	155100
45	2659	4946	11200	20570	42240	61420	106600	164500
50	2829	5310	11920	21880	44920	65340	113400	173400
55	2967	5595	12500	22950	47110	68530	119000	181900
60	3099	5844	13060	23970	49200	71580	124200	190000
65	3225	6082	13500	24950	51210	74500	129300	197700
70	3347	6312	14100	25890	53150	77320	134200	205200
80	3578	6748	15080	27680	56810	82650	143500	219400
90	3795	7157	15990	29700	60260	87670	152200	232600
100	4000	7545	16860	30940	63520	92410	160400	245300

Zur Benutzung dieser Tabelle diene folgendes.

Eine Rohrleitung (Teilstrecke) von 50 m Länge soll stündlich 25 000 WE liefern, der Anfangsdruck p_1 beträgt 500 mm Ws (Wassersäule), der Enddruck p_2 soll sein 200 mm Ws. Danach darf der Druckabfall auf 1 m

Rohrlänge nicht größer sein als $\frac{500 - 200}{50} = 6$ mm Ws.

Nach der Tabelle liefert ein 49 mm Rohr stündlich bei diesem Druckabfall 39 290 WE, das 39 mm nur

gen von Niederdruckdampfheizungen
auf 1 m Rohrlänge.

Rohrweite in mm						
70	82	94	106	119	131	143
41 000	62 770	86 700	117 000	154 500	196 300	244 400
57 980	88 760	122 700	165 400	223 400	277 600	345 600
71 010	108 700	150 200	202 600	267 400	340 000	423 200
81 990	125 500	173 500	234 000	308 700	392 500	488 700
91 670	143 000	194 000	261 500	345 200	438 900	546 400
100 400	153 700	212 500	287 200	378 100	480 800	598 600
108 000	166 000	223 500	309 500	408 400	519 300	646 500
115 900	177 500	245 400	33 800	436 600	555 200	691 200
123 000	188 300	260 200	351 000	463 100	588 800	733 100
129 600	196 900	274 300	369 900	488 100	620 700	772 700
136 000	208 300	287 700	387 900	512 000	651 000	810 400
142 000	217 400	300 500	405 200	534 800	679 900	846 500
147 800	226 300	312 800	421 700	556 600	707 700	881 100
153 400	234 800	324 600	437 700	577 600	734 400	916 400
158 700	243 100	336 000	453 000	597 900	760 200	946 400
183 300	280 700	388 100	523 000	690 400	877 800	1 093 000
205 000	313 800	433 700	585 000	771 800	981 400	1 222 000
224 500	343 700	475 200	640 700	845 500	1 075 000	1 338 000
242 500	367 100	513 200	692 000	913 300	1 161 000	1 446 000
259 300	397 000	548 600	739 800	976 300	1 241 000	1 545 000
275 000	421 000	581 900	784 600	1 035 000	1 317 000	1 639 000
289 900	443 800	613 400	827 100	1 092 000	1 388 000	1 728 000
304 000	465 400	643 300	867 400	1 145 000	1 455 000	1 812 000
317 600	486 100	671 900	906 000	1 196 000	1 520 000	1 893 000
330 500	506 000	699 400	943 000	1 245 000	1 582 000	1 970 000
343 000	525 100	725 800	978 600	1 292 000	1 642 000	2 045 000
366 700	561 400	776 000	1 046 000	1 381 000	1 755 000	2 186 000
288 900	595 400	823 000	1 110 000	1 464 000	1 862 000	2 318 000
410 000	627 700	867 000	1 170 000	1 543 700	1 963 000	2 444 000

22 640 WE. Das letztere ist also zu eng, das erstere aber reichlich groß, denn in der Tat wird bei einem solchen Rohr, wenn es nur 25 000 WE liefern soll, der Druckverlust für 1 m Rohrlänge nur 3 mm Ws; es würden am Ende des Rohres nicht 200, sondern 350 mm Druck verfügbar bleiben. Bei solchem Überschuß kann man sich nun sehr gut helfen dadurch, daß man der Rohrleitung zwei Abmessungen gibt. Wählt man z. B. auf 35 m Länge 49 mm Leitung, so verliert man in dieser

$3 \times 35 = 105$ mm Ws (immerhin noch mit einem gewissen Überschuß, den man aber bestehen läßt, denn bei 3 mm liefert das Rohr 27 780 WE statt der gewünschten 25 000 WE). Den Rest des Rohres, also 15 m, macht man aus 39 mm Rohren. Man hat noch zur Verfügung $300 - 105 = 195$ mm Ws Druck, also für 1 m 13 mm. Bei diesen führt das Rohr laut Tabelle 33 320, es ist also auch hier noch ein Überschuß vorhanden.

Der sich mit diesem Verfahren näher Beschäftigende wird leicht ersehen, wie es zu handhaben ist, um einen beliebigen Grad von Genauigkeit zu erzielen. Kleine Überschüsse von verbrauchtem Druckverlust sind wegen der Vernachlässigung der einmaligen Widerstände, die in den Teilstrecken allerdings im Verhältnis auch nur gering sind, erwünscht. Die Einwirkung der für manche Strecken in Frage kommenden Umhüllungen pflegt man bei diesen Berechnungen zu vernachlässigen.

Den Durchmesser der Rohre, die das in den Öfen entstehende Niederschlagswasser abführen sollen, nimmt man bei wagerechter Lage der Rohre 0,7, bei senkrechter Lage 0,5 mal so groß, als den der zugehörigen Dampfrohre; doch geht man nicht gern unter eine Rohrweite von 14 mm bis äußerst 11 mm herunter.

§ 38. Abdampfheizungen.

Wir erwähnen zum Schluß diese Heizungsart, die sowohl in Fabriken, wie auch größeren Gebäuden, in denen Dampfmaschinen aufgestellt sind, vorkommt. Der Abdampf der Dampfmaschine soll nur eine Spannung von 0,1 bis höchstens 0,2 at Überdruck haben, damit die Maschine keinen zu hohen Rückdruck auf den Kolben, der die Wirkung beeinträchtigt, erhält. Die Berechnung ist deshalb dieselbe wie bei den Niederdruckdampf-

heizungen. Die Anfangsspannung muß den obigen Annahmen entsprechen.

Von der Dampfmaschine steht aber nur eine bestimmte Abdampfmenge zur Verfügung, die noch obendrein mit der Kraftleistung, die man von der Maschine fordert, wechselt. Soll die Heizung möglichst verlustlos arbeiten, so muß der Dampf der Maschine für Heizungszwecke voll ausgenutzt werden können. Ist der Wärmebedarf für die Heizungen größer, als der vorhandene Abdampf, so trifft dieses zu. Der fehlende Dampf wird direkt aus dem Dampfkessel zugesetzt. Nun wechselt der Wärmebedarf einer Heizung stark, daher kommt es selten zu vollendeter Ausnutzung des Abdampfes, und besonders im Sommer geht der ganze Abdampf verloren. Deshalb bürgern sich die sparsam arbeitenden Dampfmaschinen, in denen der Dampf kondensiert wird, neben selbständigen Hoch- und Niederdruckdampfheizungen auch in Fabriken immer mehr ein. Der bei den Abdampfheizungen aus dem Hochdruckkessel zuzusetzende Dampf wird durch Druckverminderungsventile auf die Abdampfspannung gebracht, damit ist an sich kein Wärmeverlust verbunden, wohl aber ein Kraftverlust, weil man den Druck des Dampfes künstlich beseitigt, was aber nicht zu vermeiden ist.

§ 39. Zentralheizungen in Miethäusern.

Die Warmwasser- und vor allem, mit Rücksicht auf die Frostgefahr, die Niederdruckdampfheizung bürgert sich auch in Miethäusern immer mehr ein. Bei der Anlage derselben kann man von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehen.

Das einfachste und gebräuchlichste Verfahren ist die Aufstellung einer gemeinsamen Kesselanlage für

das ganze Haus, deren Bedienung der Hauswirt übernimmt. Naturgemäß sollen diese Heizungen gestatten, daß jeder sich jederzeit genug Wärme in einen Räumen schaffen kann. Dabei wird man aber von dem guten Willen des Hauswirtes abhängig sein, und wenn der sparen will, so kann eine solche gemeinsame Heizung die Quelle von Unzufriedenheit werden. Zudem sollte, was für alle Heizungen für Miethäuser gilt, bei der Anlage derselben stets Rücksicht darauf genommen werden, daß Nebenwohnungen einmal leerstehen, also die anstoßenden Wände, Decken oder Fußböden stark kältend wirken können. Das ist aber durchweg nicht Brauch, weil dadurch Mehrkosten in der Anlage entstehen, die meistens niemand tragen will. Man wird daher in kalten Tagen leerstehende Wohnungen etwas erwärmen müssen.

Die Beteiligung an den Kosten der Heizung erfolgt meistens durch einen Zuschlag zur Miete, der aus der Größe der beheizten Räume oder der aufgestellten Heizfläche ermittelt wird. Dadurch tritt aber mitunter eine ungleiche Belastung der einzelnen Parteien ein, weil dieser seine Heizung viel, jener weniger gebraucht. Deshalb ist auch das Bestreben schon lange darauf gerichtet, die in den einzelnen Wohnungen wirklich benutzte Wärme zu messen. Das ist durch Messung des aus den Heizungen zurückfließenden Niederschlagswassers möglich. In neuerer Zeit werden brauchbare Wassermesser für solche Zwecke angeboten. Aus dem Niederschlagswasser läßt sich leicht die benutzte Wärmemenge berechnen.

Bei Häusern mit wenigen großen Wohnungen verfährt man oft besser, wenn man jeder derselben eine eigene Heizung gibt, für die die Heizkessel im Keller aufgestellt sind, deren Bedienung jeder Partei selbst überlassen bleibt.

Bei allen derartigen Heizungen für Miethäuser verdienen die Niederdruckdampfheizungen den unbedingten Vorzug, erstens, weil keine Frostgefahr bei den leerstehenden Wohnungen eintritt, und zweitens, weil man den Wärmebedarf viel besser regeln kann. Die beschriebenen Einrichtungen zur Wärmemessung lassen sich auch nur bei solchen Anlagen durchführen, und zum Schluß gestaltet sich bei der zuletzt beschriebenen Art mit mehreren gesonderten Heizkesseln die Durchführung der wesentlich engeren Rohrleitung bequemer.

Die dritte Art ist die Beheizung der einzelnen Stockwerke von Kesseln, die in der Küche oder in einem, wenn tunlich, auf halber Treppe tiefer liegenden Raume aufgestellt werden. Hier sind dann nur Warmwasserheizungen am Platze und zwar sowohl die gewöhnlichen wie auch die Schnellumlaufheizungen (§ 32).

Der Einbau der letzteren Art kann leicht in alten Gebäuden erfolgen. Würde man in neuen Häusern solche Anlagen durchführen, so würde es zweckmäßig sein, auf Einrichtungen zur leichten Förderung des Brennstoffes zu der Kesselstelle und auf solche zur Entfernung der Asche und Schlacke Bedacht zu nehmen.

Bei solcher Selbständigkeit der Wohnung in einer Etage kann man deshalb von der Warmwasserheizung Gebrauch machen, weil man bei etwaigem Leerstehen einer Wohnung das Wasser aus der betreffenden Anlage entfernen kann, so daß die Frostgefahr beseitigt ist.

IV. Abschnitt.

Die Lüftung.

§ 40. Allgemeines.

In den Paragraphen 14 bis 17 sind die Gründe der Luftverschlechterung in den menschlichen Wohnungen beschrieben und erläutert, welche Luftmengen nötig sind, um in Räumen eine der Gesundheit zuträgliche Luft zu erhalten.

In vielen Fällen, ja fast überall in Wohnräumen, braucht man keine besonderen Lüftungsanlagen, in anderen schafft man Anlagen in beschränkter Ausführung, und nur in wichtigeren Fällen pflegt man vollkommene Lüftungsanlagen für Sommer und Winter durchzuführen, bei denen man dann aber ohne mechanischen Betrieb nicht auskommt.

Sollen solche Lüftungsanlagen aber jeder Anforderung entsprechen, so muß die Luft im Winter vorgewärmt, dagegen im Sommer gekühlt werden.

Die Einrichtungen zur Erwärmung der Luft sind einfach genug, denn man hat nur nötig, Heizkörper in den Luftstrom zu stellen und nebenbei dafür zu sorgen, daß die Luft auch nach der Erwärmung die nötige Feuchtigkeit besitzt. Diese Feuchtigkeit wird durch berieselte Flächen oder besser durch zerstäubtes Wasser zugeführt. Letzteres muß in Dampfform übergeführt werden. Deshalb müssen die Heizkörper außer der für die Lufterwärmung nötigen Wärmemenge auch die für die Verdampfung erforderliche Wärme schaffen können.

Um ein Einfrieren der Befeuchtungsanlage zu vermeiden, teilt man die Heizkörper in zwei Teile und legt

den einen Teil in den Luftstrom vor die Befeuchtungsanlage, so daß die Luft mäßig vorgewärmt an diese herantritt. Dadurch kann man den Feuchtigkeitsgrad auf jede gewünschte Höhe bringen (s. § 15).

Mit der Höhe des Luftwechsels in den Räumen kann man so weit gehen, bis Zugbelästigung eintritt. Diese ist zunächst von der Temperatur des Luftstromes abhängig, d. h. man wird den Zug eher merken, wenn die Luft kühler ist. Auch von der Höhe der Räume und der Teilung der Luftein- und -austrittsöffnungen ist die Größe des benutzbaren Luftwechsels abhängig.

In der Regel läßt sich stündlich ein fünffacher Luftwechsel bei angemessen vorgewärmter Luft ohne Zugbelästigung durchführen. Als niedrigste Eintrittstemperatur der Luft bei benutzten Räumen pflegt man mit +15 bis 18° zu rechnen, als höchste mit 35 bis 40°. Die Amerikaner gehen in ihren Schulen noch viel weiter, sie wenden 8- bis 10fachen Luftwechsel an, doch ist es wahrscheinlich, daß dann Zugbelästigungen eintreten.

Verlangen daher die Luftverschlechterungsquellen zu große Luftmengen, wenn man mit den gewöhnlichen Annahmen rechnet (siehe § 16), so muß man diese ermäßigen oder Unterbrechungen in der Benutzung der Räume eintreten lassen und in den Pausen durch Öffnen der Fenster nachhelfen.

Unter Berücksichtigung des Zweckes der Räume muß man bei jeder Lüftungsanlage die höchsten und niedrigsten Außentemperaturen annehmen, bei denen die volle Leistung erhalten, also die vorgeschriebene Luftmenge noch geschafft werden soll.

Die höchste Außentemperatur nimmt man mit +25° an, wenn der Luftwechsel sowohl im Sommer wie auch

im Winter verlangt wird (bei Theatern, mehrstöckigen Krankenhäusern, großen Versammlungsräumen u. dgl.). Soll nur während der Heizzeit volle Lüftung erzielt werden, so ist mit der höchsten Außentemperatur von $+10^{\circ}$ zu rechnen (bei einstöckigen Krankenhäusern, Schulen, Gerichtsgebäuden, Gesellschafts-, Konzert-, Versammlungssälen, Kaffee-, Postschalerräumen u. dgl.).

Soll im Winter die volle Lüftung nur durchschnittlich erzielt werden, so gilt als höchste Außentemperatur 0 bis $+5^{\circ}$ (Wohnräume, gering besetzte Bureaus u. dgl.).

Diese höchsten Außentemperaturen sind für die Berechnung der Kanalquerschnitte zugrunde zu legen, sofern die Räume nicht gleichzeitig durch die einzuführende Luft erwärmt werden, wie es bei den Luftheizungen der Fall ist.

Die niedrigste Außentemperatur ist maßgebend für die Größenverhältnisse der zur Lufterwärmung nötigen Heizkörper. Soll der volle Luftwechsel auch an den kältesten Tagen erzielt werden, oder wird die Erwärmung der Räume an den Luftwechsel geknüpft, so ist die Außentemperatur gleich der niedrigsten bei der Heizungsanlage angenommenen Temperatur zu nehmen. Im allgemeinen ist mit Ausnahme der Luftheizungen eine Beschränkung des Luftwechsels bei starker Kälte zulässig und für die Lüftungsanlage eine niedrigste Außentemperatur von -5 bis -10° anzunehmen.

Soll die Luft während der Sommerzeit auch gekühlt werden, so kann das durch kaltes Wasser, das entweder direkt in die Luft zerstäubt wird oder in Rohrbündeln umläuft, geschehen. Steht kaltes Wasser in genügender Menge nicht zur Verfügung, so muß man zur Verwendung von Eis oder Kältemaschinen greifen.

Wird Luft gekühlt, so steigt der Feuchtigkeitsgrad, wie wir in § 15 sahen, ja es kann zur Taubildung kommen, die

Kanäle können beschlagen, es können Fäulnis und andere Unzuträglichkeiten entstehen und die Luft verderben.

Wenn z. B. schwüle Gewitterluft herrscht, die häufig 30° und einen hohen Feuchtigkeitsgehalt von 80 v. H. hat, so wird bei solcher Luft bereits bei einer Kühlung auf 26° die volle Sättigung, also der Taupunkt erreicht. Will man in solchem Falle den Räumen Luft von 20° mit halber Sättigung gleich 8 bis 9 g/cbm zuführen, so muß man die Luft so stark weiter kühlen, daß der Wassergehalt bis auf diese 8 bis 9 g herabfällt, das ist auf 8 bis 9° C Lufttemperatur. Diese Kühlung kann durch Röhrenkühler, durch die kaltes Wasser fließt, hervorgebracht werden. Wird diese Luft wieder auf 20° erwärmt, so erhält sie bei dieser Temperatur die gewünschte halbe Sättigung.

Man sieht aus Obigem den Weg, der eingeschlagen werden muß, und auch, daß es nicht ganz einfach ist, die Aufgabe der Luftkühlung zu lösen. Vielfach steht so kaltes Wasser überhaupt nicht zur Verfügung, und in den Städten ist man auf die Wasserleitung angewiesen, die durchweg wärmeres Wasser liefert, dann wird man sich mit nicht so weit gesteckten Zielen begnügen müssen. Außerdem ist die benötigte Menge groß und der Betrieb dadurch teurer.

Die Benutzung von Eis und Kältemaschinen ist noch viel teurer. Deshalb hat man solche Anlagen bislang nur in ganz außergewöhnlichen Fällen ausgeführt, doch ist anzunehmen, daß das überall einsetzende Bestreben nach Vervollkommnung trotz der hohen Kosten eine vermehrte Verwendung nach sich ziehen wird.

Im Hochsommer wirken übrigens Abkühlungen um wenige Grade, ja eine Luftbewegung an sich schon wohltuend. Beides läßt sich bei mechanisch betriebenen Lüftungsanlagen deshalb leicht erzielen, weil man die frische Luft zumeist von kühlen, schattig liegenden Stellen entnimmt. Zur Vergrößerung des Temperaturunterschiedes kann man dann immerhin mit kaltem Wasser etwas nachhelfen.

§ 41. Lüftung ohne besondere Anlagen.

Die meisten Wohnräume entbehren einer eigenen Lüftungseinrichtung und doch ist die dauernde Erhaltung einer brauchbaren Luft in denselben möglich.

Das einfachste Mittel dazu ist das Öffnen der Fenster. Ist es draußen kalt, so wird dieses wegen des entstehenden Zuges und der Wärmeverluste nur in beschränkter Weise zur Anwendung gebracht werden können. Auch kann durch das geöffnete Fenster Staub, Ruß u. dgl. in die Räume gelangen. Indessen ist man trotzdem heute vielfach der Ansicht, daß das häufig geöffnete Fenster oder die in diesem befindliche Luftklappe eine sehr zweckmäßige Lüftungsart ist.

Es gibt Ärzte, die für Krankenhäuser, Genesungsheime u. dgl. die Lüftung durch die Fenster als die beste und besondere Anlagen für entbehrlich halten. Die großartigen Erfolge bei Lungenkranken, die man in weitgehendstem Maße der frischen, kalten, allerdings auch reinen Luft aussetzt, sind auf diese Ansicht nicht ohne Einfluß geblieben.

Nußbaum redet der Schulzimmerlüftung auf solche Weise das Wort, indem er empfiehlt, in jeder Pause die Fenster zu öffnen, aber die Heizungsanlagen größer zu gestalten, um den Verlust leichter decken zu können. Besichtigungen künstlicher Lüftungsanlagen, die er anstellte, haben in vielen Fällen erstaunliche Vernachlässigungen ergeben, so daß diese Anlagen eher eine Gefahr als ein Nutzen für die Schulen waren. Es fehlt indessen nicht an lebhaftem und begründetem Widerspruch gegen diese Ansicht. Die Vernachlässigungen und die Fehler, die in vielen Lüftungsanlagen gemacht werden, dürfen den guten und gut erhaltenen Anlagen nicht angerechnet werden.

Aber wenn auch Fenster und Türen nicht geöffnet sind, findet ein Luftaustausch von den Räumen nach außen statt. Außer durch Ritzen und Fugen ist er eine Folge der Durchlässigkeit der Wände selbst.

Die Baustoffe sind durchweg luftdurchlässig, doch hängt der Grad der Durchlässigkeit bedeutend von Neben Umständen ab. Feuchtigkeit, Putz, Tapeten und Ölfarbenanstrich vermögen die Durchlässigkeit stark zu vermindern oder ganz aufzuheben.

Diese starke Verschiedenheit der Durchlässigkeit verbietet jede rechnerische Behandlung des entstehenden Lüftungsgrades, doch wird gewöhnlich angenommen, daß der stündliche Luftaustausch durch die Wände zwischen innen und außen gleich dem halben bis ganzen Luftinhalt des Raumes ist.

Der Luftaustausch wächst mit höheren Temperaturunterschieden zwischen innen und außen. Die warme Luft, die das Bestreben der Aufwärtsbewegung besitzt, übt auf die oberen Teile der Raumumgrenzung von innen einen gewissen Druck aus, während dagegen die unteren Teile von außen Druck erfahren, und diese Erscheinung wird stärker bei hohen Temperaturunterschieden.

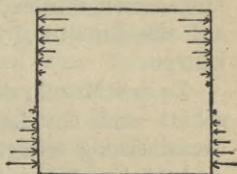


Fig. 27. Darstellung des Drucks auf einen Raum, hervorgerufen durch Erwärmung der Luft.

Fig. 27 erläutert diese Erscheinung. Der Druck wächst nach oben, in der Mitte ist eine neutrale Zone und unten steigt der von außen kommende Druck allmählich an. Auch bei starkem Windanfall wird der Luftaustausch kräftiger. Ist das Wetter windig und kalt, so daß die Fenster nicht geöffnet werden können, so sorgt der Durchgang durch die Wände in höherem Grade für einen Luftwechsel.

Und weiter. Die Häuser der wohlhabenden Klassen werden besser gebaut, als die der ärmeren; die Durchlässigkeit der Wände wird eine geringere sein, als in den

gebrechlichen, oft halb verfallenen Häusern der ärmeren Bevölkerung. Bei diesen ist der Luftaustausch unter Umständen sogar recht bedenklich groß. Aber die Bewohnerzahl ist auch in den Zimmern der Wohlhabenden im Verhältnis zum Rauminhalt meistens geringer, Beleuchtungs- und Heizungsanlagen vielfach besser, so daß also kein so hoher Luftwechsel nötig ist, als bei den häufig überfüllten Wohnungen der ärmeren Klassen.

Daß bei den letzteren die hygienischen Anforderungen teilweise recht schlecht erfüllt werden, ja zum Teil die traurigsten Verhältnisse obwalten, soll nicht verschwiegen werden. Es soll hier nur auf die interessante Tatsache hingewiesen werden, wie die einschlägigen Verhältnisse auf die Erhaltung einer brauchbaren Luft einwirken können.

Zu den Mitteln der Lüftung ohne besondere Anlagen gehört auch der Luftwechsel, der durch die Öfen bei Einzelheizung erfolgt.

In § 19 ist dieses Umstandes und seiner Bedeutung bereits gedacht, und es ist auch darauf hingewiesen, daß dieser Art der Lüftung als Vorteil der Ofenheizung oft eine zu große Bedeutung beigelegt wird.

Etwas anderes ist es bei den Kaminen, wie sie heute noch in Frankreich und England in Gebrauch sind, deren weite offene Schornsteinrohre große Luftmengen mit fortschaffen können; aber die Heizung selbst ist so wenig den Anforderungen heutiger Technik und Hygiene angemessen, daß sie bis auf recht rückständige Anlagen schon heute mehr oder minder verschwunden ist. In dem Deutschland gegenüber viel milderen Klima Englands hält man dagegen an der Kaminheizung mit Zähigkeit fest. Ein Zimmer ohne Kamin erscheint dem Engländer ungemütlich. Deshalb findet man z. B. in

Krankenhäusern neben den Zentralheizungen in den Krankenzimmern noch offene Kaminfeuer.

§ 42. Lüftungsanlagen.

Man unterscheidet zwischen Saug-(Aspirations-) und Druck-(Pulsions-)Lüftungen, je nachdem man Einrichtungen trifft, die schlechte Luft abzusaugen, oder solche, die frische Luft zuzuführen. Bei wichtigeren Anlagen kommt die Verwendung beider Arten zusammen vor.

Bei den Sauglüftungen wird die zu entfernende Luft entweder durch gemauerte, gewöhnlich über Dach ausmündende Abluftkanäle oder durch Ventilatoren, die direkt aus den Räumen ins Freie fördern, fortgeschafft.

In den Abluftkanälen muß man eine Bewegung hervorbringen. Das bekannteste Mittel dazu ist die Benutzung des Auftriebes einer erwärmten Luftsäule, wie in § 10 über die Wirkungsweise der Schornsteine beschrieben ist, wobei zu bemerken ist, daß bei den Lüftungsanlagen die Temperaturunterschiede weit geringer sind als bei Schornsteinen, so daß für die Lüftung bei gleichen abziehenden Luftmengen die Kanäle verhältnismäßig weiter sein müssen.

Zur Schaffung des Auftriebes kann zunächst die Wärmeausstrahlung eines Schornsteins benutzt werden, wenn man neben diesem oder ihn umgebend Abluftkanäle anlegt. Im letzteren Falle stellt man den im Innern des Abluftkanales freistehenden Schornstein aus einem schmiedeeisernen oder gußeisernen Rohre her. Auch werden die Trennwände von nebeneinanderliegenden Rauch- und Abluftrohren vielfach aus Eisenplatten hergestellt, um den Wärmedurchgang von ersteren zu letzteren und damit die Leistungsfähigkeit der Kanäle zu erhöhen.

In keinem Hause sollte man sich diese einfache Lüftungseinrichtung entgehen lassen und vor allem die Wärme der Kitchenschornsteine, die meistens auch im Sommer zur Verfügung steht, ausnützen. Tunlichst sollen um den Kitchenschornstein Abluftrohre aus der Küche selbst, aus Aborten u. dgl. angelegt sein, wobei man natürlich für jeden Raum einen besonderen Kanal gebraucht.

Auch die Schornsteine der Heizungsanlagen sind zweckmäßig derartig auszunützen. Wirken sie auch nur im Winter, so sind sie auch gerade dann am nützlichsten. Der Auftrieb in Abluft-

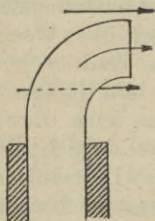


Fig. 28. Schema eines Saugkopfes.

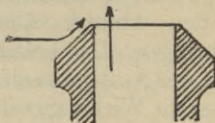


Fig. 29. Abgeschrägte Kanalöffnung.

kanälen tritt natürlich auch ein, wenn die Raumluft wärmer ist als die Außenluft, doch ist die Leistung nur gering und unsicher. Man kann aber die Wirkung erhöhen, wenn man sich den Wind zunutze macht, dadurch, daß man auf die Mündungen der Abluftkanäle sogenannte Saugköpfe setzt. Der Grundgedanke dieser Saugköpfe ist der, daß der Wind auf das Kanalinnere eine saugende Wirkung ausübt, etwa wie die obenstehende Fig. 28 andeutet. Über die Ausführung solcher Saugköpfe werden im zweiten Bande einige Mitteilungen enthalten sein.

Die Wirkung dieser Saugköpfe ist natürlich vom Winde und dessen Stärke abhängig. Deshalb ist auch

dieses Mittel unzuverlässig. Eine angemessene Ausbildung des Kanalendes ist aber immer nützlich, um auf jeden Fall das Hineinfallen des Windes zu verhindern (Fig. 29).

Um eine jederzeit wirksame Entfernung der Abluft zu erzielen, muß man daher zu anderen Hilfsmitteln greifen. Als solches ist zunächst die Einrichtung einer ständigen Wärmequelle zu nennen, durch die der Luft im Kanal die zum Auftrieb nötige Wärme künstlich erteilt wird. Gasflammen, Lockfeuer und bei Zentralheizungen zu diesem Zwecke aufgestellte Heizkörper sind die Mittel dazu, aber niemand, der eine solche Anlage besitzt, wird sich des Gefühls erwehren können, daß ihm durch die unbenutzt entfliehende Wärme ein Verlust entsteht. Dazu kommt, daß Gasflammen nur für geringe Luftmengen ausreichen, wenn sie nicht zu groß und viel zu teuer sein sollen, und daß Lockfeuer eine stetige Bedienung erfordern. Die Heizkörper von Zentralheizungen kann man aber besser vor die Zuluftkanäle setzen; nur in Ausnahmefällen, besonders wenn es sich um die Vermeidung von Gerüchen oder um Beseitigung von stark mit Wasserdampf beladener Luft handelt (aus Wäschereien usw.), legt man sie vor die Abluftkanäle, weil man damit dem Beschlagen der Abluftkanäle mit den unangenehmen Folgen des Tropfenfalls entgegenarbeitet. Das gleiche geschieht in Aborten, um darin einen kleinen Unterdruck zu erzielen, der das Austreten von Luft aus diesen in Nebenräume verhindert.

Als weiteres Mittel sind die mechanisch betriebenen Ventilatoren oder Exhaustoren zu nennen, die besonders seit Einführung der Elektrizität zu erhöhter Bedeutung gelangt sind. Hierbei kann man die Abluftkanäle häufig entbehren und die Ventilatoren direkt ins Freie blasen lassen. Auch mit der Wasserleitung be-

triebene Exhaustoren finden Verwendung, doch ist der Betrieb meist sehr teuer und vielfach mit Geräusch verbunden, so daß sie häufig wieder entfernt oder stillgesetzt werden. Mit Vorliebe benutzt man die elektrisch betriebenen Exhaustoren. Sie werden im Bedarfsfalle in bekannter einfacher Weise in Betrieb gesetzt, sind, wenn gut hergestellt und gehalten, geräuschlos und können ebenso leicht abgestellt werden.

Alle Abluftöffnungen werden in der Nähe der Decke angebracht, die Abluftkanäle erhalten aber meistens eine Verlängerung bis zum Fußboden und eine Öffnung in der Nähe desselben, um die Luft entweder oben oder unten abziehen zu können.

Bei all diesen Anlagen mit Abluftkanälen ist der Ersatz an frischer Luft an Stelle der abgesogenen von Zufälligkeiten abhängig. Geöffnete Türen und Fenster oder Klappen, die Ritzen in ihnen und die Durchlässigkeit der Wände sorgen dafür. Bei der Berechnung des Wärmebedarfs hat man Zuschläge zu der Wärmeübertragung der Wände usw. zu machen, um den Verlust, der durch Durchlässigkeit der Türen, Fenster, Wände entsteht, zu decken. Man nimmt dabei gewöhnlich an, daß der Rauminhalt sich $\frac{1}{2}$ mal, in besonderen Fällen bis 1 mal in der Stunde erneuert (s. S. 139).

Will man sich hiermit nicht begnügen, so muß man auch für einen regelrechten Eintritt der Luft, die im Winter vorgewärmt werden muß, Sorge tragen. Ein beliebtes Mittel ist, daß man die Luft hinter den Heizkörpern und Öfen von außen entnimmt. Bei Dampfheizungen mit Aufstellung der Heizkörper unter den Fenstern bringt man hinter den letzteren vielfach verschließbare Luftöffnungen an (s. Bd. 2). Die Luft wird dadurch erwärmt in den Raum gebracht. Bei Warm-

wasserheizungen ist dieses Verfahren wegen der Frostgefahr nicht angebracht.

Noch vollkommener wird die Lüftungsanlage, wenn man sie derartig ausgestaltet, wie eine Luftheizung (s. Fig. 2), wenn man also die Luft in Heizkammern erwärmt und durch Kanäle den Räumen zuführt, während sie durch Abluftkanäle abgeführt wird. Kann man keine gemeinsame Heizkammer für mehrere Räume oder Zuführungskanäle anlegen, so bringt man am unteren Ende jedes Kanals einen besonderen Heizkörper an. Der Auftrieb der warmen Luft genügt bei richtiger Bemessung der Kanäle in Wohnräumen, Bureaus, Krankensälen, Versammlungssälen, Schulen, um die nötige Lüftung zu erzielen, für umfangreiche Gebäude, Theater u. dgl. jedoch nicht.

Diese Art der Lüftung kann auch nur so lange wirken, als man Wärme in den Räumen gebrauchen kann.

Soll daher auch in der Sommerzeit frische Luft zugeführt werden, was bei Theatern, großen Versammlungssälen u. dgl. der Fall ist, so muß man zu der Aufstellung eines Ventilators greifen, der die nötige Luft durch einen gemeinsamen Kanal den Zweigkanälen zuführt, durch die sie in Räume gelangt. Damit kann man dann auch die in Theatern wichtige Verteilung der Luft durch den sehr verwickelten Bau eines Zuschauerraumes bewirken.

Vielfach wird in solchen Fällen außer dem die Luft hineinfördernden Ventilator noch ein besonderer Absaugexhaustor angebracht.

Eine mit Ventilator ausgestattete Drucklüftungsanlage ist in Fig. 30 dargestellt; sie setzt sich aus folgenden Einzelheiten zusammen:

Die Luft tritt in den Schacht *A* und von da in den Filterraum *B*, wo sie das Filter *C* passiert. Aus diesem Raume

saugt der Ventilator *D* und drückt die Luft entweder in den Kanal *E* oder in den Vorwärmraum *F*. Der Schieber *G* dient zur Abspernung des einen oder anderen Weges, oder zur teilweisen Öffnung beider. Die vorgewärmte Luft gelangt in den Befeuchtungsraum *G*, in dem Streudüsen *H* einen Wassernebel hervorbringen. Dieser Raum soll, um eine genügende Berührung der Luft mit dem Wassernebel zu veranlassen, nicht zu kurz gewählt werden. Von hier tritt die Luft in die Heizkammer *I*, in der sie auf volle Höhe erwärmt wird. Am Ende derselben befindet sich eine Wechselklappe *K*, die zur Einstellung der Öffnungen oder zum Abschluß des einen oder anderen Weges dient. Jetzt gelangt die Luft in den Hauptkanal *L* und von da in die einzelnen Zuführungskanäle *MM*, die die Luft den Räumen zuführen. An Stelle einer gemeinsamen Heizkammer *I* können bei großen Gebäuden eine Reihe

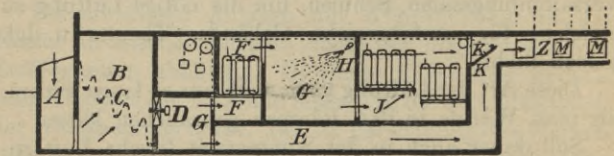


Fig. 30. Schema einer vollständigen Drucklüftung.

kleiner Kammern treten, in denen je ein Teil der Luft erwärmt wird. Für Regelbarkeit der Leistung des Ventilators, der Heizkörper und der Zerstäubungsanlagen muß gesorgt werden. Soll eine Kühlungsanlage geschaffen werden, so kann man, sofern man sich nicht hierfür mit der Zerstäubungsanlage allein begnügen will, neben den Heizkammern noch Räume mit Kühlrohren anbringen.

Die Einführung der frischen Luft geschieht in die Bureaus, Schulräume, Wohnzimmer, Krankensäle, in Kopfhöhe; bei den Lüftungen von Theatern, hohen großen Sälen (Parlamentssälen u. dgl.) muß man jedoch anders verfahren und unterscheidet dabei zwischen zwei grundsätzlich verschiedenen Anordnungen.

Bei der einen, der Aufwärtslüftung tritt die Luft unten und auch durch Zweigkanäle seitlich ein, bei der

anderen, der Abwärtslüftung tritt sie oben ein und die schlechte Luft wird unten entfernt. Diese letztere Art der Lüftung ist erst nach Einführung der elektrischen Beleuchtung möglich geworden; bei der früheren Gas- und Petroleumbeleuchtung würden die Verbrennungsgase nach unten gedrückt worden sein. Jede Art hat ihre Anhänger. Pfütznert äußert sich darüber wie folgt:

„Die Zuführung der frischen Luft von unten erfolgt durch eine große Zahl von kleinen Öffnungen, die unter dem Gestühl des Parketts und der unteren Ränge angebracht sind. Man wirft ihr vor, daß Staub aufgewirbelt würde, doch hat man Klagen darüber nie vernommen. Die Gleichmäßigkeit der Temperatur ist vielleicht schneller durch Abwärtslüftung zu erzielen, aber bei einer guten Aufwärtslüftung kann man auch erreichen, daß der Temperaturunterschied zwischen den obersten und den untersten Rängen nur 1 bis $1\frac{1}{2}^{\circ}$ beträgt. Die Aufwärtslüftung ist die natürlichere und sicherere, auch entsteht nicht so leicht Zugbelästigung, da die Köpfe vom kühlen Luftstrom nicht getroffen werden. Von besonderer Wichtigkeit ist es aber, zu wissen, wie sich die beiden Lüftungsarten bei Entstehen eines Brandes verhalten. Dieser entsteht meistens auf der Bühne; der in den Zuschauerraum dringende Rauch und die heiße Luft können den Zuschauern verhängnisvoll werden. Die Grundbedingung muß also sein, daß die Lüftung so beschaffen ist, daß das nicht eintreten kann. Diesem Umstande trägt die Aufwärtslüftung besser Rechnung als die Abwärtslüftung, die geradezu den Rauch in den Zuschauerraum treiben kann.“

Pfütznert hat in verschiedenen Theatern Beobachtungen angestellt und bestätigt gefunden, daß die Zugerscheinungen bei guter Aufwärtslüftung nicht vorhanden waren, während sie bei Abwärtslüftungen vielfach empfunden wurden. Man soll aber aus dem Vorhandensein von Zugerscheinungen nicht ohne weiteres auf Mängel an der Lüftungsanlage schließen, denn häufig werden durch Nachlässigkeit in der Bedienung, durch falsch an-

gebrachte Sparsamkeit die besten Lüftungen in ihren Leistungen stark beeinträchtigt. Übrigens werden niemals bei derartigen Anlagen reine Auf- oder Abwärtslüftungen durchgeführt, sondern es werden seitliche Ein- und Ausströmungen, z. B. bei Theatern unter den Balkons, angebracht.

§ 43. Berechnung der Lüftungsanlagen.

Die Feststellung des Luftbedarfs eines zu lüftenden Raumes geschieht nach den in § 14 bis 17 entwickelten Grundsätzen, die Temperaturgrenzen, bei denen noch die volle Lüftung verlangt wird, nach den Angaben in § 40.

Erfolgt die Lüftung durch Temperaturunterschied, so können für kleinere Anlagen und dort, wo es nicht darauf ankommt, genau die kleinstmöglichen Kanalweiten zu bestimmen, sowie auch für Entwürfe die Formeln und Tabellen benutzt werden, die in § 23 bei den Luftheizungen angegeben sind.

Will man genauer rechnen, so muß man ein ziemlich umständliches Verfahren anwenden. Den Gedankengang der von Rietschel (siehe dessen Leitfaden) angegebenen Berechnungsweise, die auch bei der genauen Berechnung von Luftheizungen sinngemäße Anwendung finden kann, lassen wir hierunter folgen.

Bei Lüftungen mit Temperaturunterschied muß die für eine bestimmte Luftmenge erforderliche Geschwindigkeit gleich oder kleiner sein, als die zufolge der örtlichen Verhältnisse erreichbare Geschwindigkeit.

Ist die stündlich benötigte Luftmenge L in Kubikmetern, deren Temperatur t und F der Querschnitt eines Kanals, in dem die Temperatur t_1 herrscht, so ist die erforderliche Kanalgeschwindigkeit v in m/Sek.

$$v = \frac{L}{3600 F} \frac{1 + 0,0037 t_1}{1 + 0,0037 t} \quad (40)$$

Die erreichbare Geschwindigkeit hängt von der wirksamen Druckhöhe ab, d. h. dem Höhenunterschiede der drückenden und der gehobenen Luftsäule in einem Kanal. Diese wirksame Druckhöhe muß nun wieder gleich sein der Geschwindigkeits- und Widerstandshöhen, die durch Reibung in den Kanalwänden, durch Querschnitts- und Richtungsänderungen u. dgl. entstehen.

Hat ein Kanal die Höhe h in Metern, ist die Luft in diesem t Grad warm, während die Außenluft t_0 ist, so ist die wirksame Druckhöhe ausgedrückt in Luft von 0°

$$\frac{h}{1 + 0,0037 t_0} - \frac{h}{1 + 0,0037 t} \quad (41)$$

Diese ist gleich der Summe der Geschwindigkeits- und Widerstandshöhen in der Kanalstrecke

$$= \frac{v^2}{2g(1 + 0,0037 t)} (R + \Sigma \zeta) \quad (42)$$

oder, wenn der Kanal in einen großen Raum ausmündet,

$$= \frac{v^2}{2g(1 + 0,0037 t)} (1 + R + \Sigma \zeta) \quad (43)$$

In diesen Formeln ist g die Beschleunigung der Schwere = 9,81, R der Reibungswiderstand an den Kanalwänden, $\Sigma \zeta$ die einmaligen Widerstände durch Richtungsänderung u. dgl.

R ist abhängig vom Verhältnis des Umfanges des Kanals (u in Metern) zum Querschnitt (F in Quadratmetern) der Länge (l in Metern) und dem Reibungskoeffizienten ρ gemäß der Formel

$$R = \frac{\rho u l}{F} . \quad (44)$$

Für gemauerte Kanäle gibt Rietschel folgende Werte für ρ an.

Reibungswiderstand gemauerter Kanäle, bezogen auf den Umfang u derselben.

u	0,50	0,52	0,54	0,56	0,59	0,65	0,72 bis 0,95	0,96 bis 1,99	2,0 bis 12,5
ρ	0,035	0,020	0,017	0,014	0,012	0,010	0,009	0,008	0,007

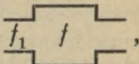
ζ die einmaligen Widerstände haben nach Rietschel folgende Werte:

$\zeta = 1,5$ für ein rechtwinkliges scharfes Knie,

$\zeta = 1$ für ein abgerundetes Knie,

$\zeta = 0,6$ für ein stumpfwinkliges Knie (135°),

$\zeta = 0$ für eine schlank verlaufende Richtungsänderung,

$\zeta = \left(\frac{f}{f_1} - 1\right)^2$ für eine Querschnittsveränderung ,

$\zeta = 0,3$ bis $0,6$ für eine Vergitterung durch Drahtgeflecht,

$\zeta = 0,75$ bis $2,0$ für eine Vergitterung durch Gitterblech, je nach dem Verhältnis des freien Querschnitts zur Gesamtfläche,

$\zeta = 0,5$ bis 1 für Klappen.

Hat nun eine Lüftungsanlage das in der Praxis häufig wiederkehrende Aussehen von Fig. 31, in der *IV* der zu lüftende Raum, *II* die Heizkammer, *I* der Frischluft-, *III* der Warmluft- und *V* der Abluftkanal ist, so hat man zwei Fälle zu unterscheiden.

Man betrachtet entweder das ganze System von A bis B als dicht, d. h. luftundurchlässig nach außen. Die sich hieraus ergebende einheitliche Berechnung ist dann anzuwenden, wenn die Kraftwirkung, d. h. die wirksame Druckhöhe nur in einem Teil der Anlage auftritt, während in dem anderen Teil Ausgleichungen der treibenden und hemmenden Kräfte stattfinden oder

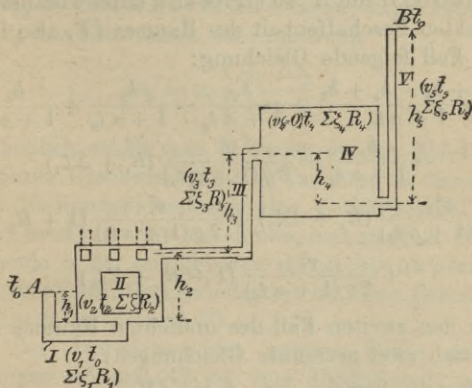


Fig. 31. Schema einer Lüftungsanlage durch Temperaturunterschied.

der verbleibende Auftrieb so gering ist, daß die Querschnitte unausführbar werden.

Im zweiten Falle behandelt man den Raum IV als luftdurchlässig, was den tatsächlichen Verhältnissen ja auch meistens entspricht. In diesem Falle behandelt man die Teile A bis IV und IV bis B getrennt.

Jede der in dem System vorkommenden Teilstrecken I bis V hat ihre eigenen Geschwindigkeiten, Widerstände, Temperaturen. In der Strecke I herrscht allerdings die Temperatur t_0 , im Raum IV wird die Geschwindigkeit v_4

praktisch zu Null. Die zu den einzelnen Strecken gehörigen Größen sind mit gleichen Kennzahlen versehen.

Die in der Figur vorkommenden Strecken *I* und *IV*, würden eine umgekehrte Bewegung haben, wenn sie für sich allein ständen. Die entgegengesetzt arbeitende wirksame Druckhöhe muß also negativ in Ansatz gebracht werden. Bezeichnet man den Ausdehnungskoeffizienten der Luft 0,0037 mit α , so ergibt sich unter Voraussetzung der dichten Beschaffenheit des Raumes *IV*, also für den ersten Fall folgende Gleichung:

$$\begin{aligned} & \frac{h_2 + h_3 - h_4 + h_5}{1 + \alpha t_0} - \frac{h_2}{1 + \alpha t_2} - \frac{h_3}{1 + \alpha t_3} + \frac{h_4}{1 + \alpha t_4} \\ & - \frac{h_5}{1 + \alpha t_5} = \frac{v_1^2}{2g(1 + \alpha t_0)} (R_1 + \Sigma \zeta_1) \\ & + \frac{v_2^2}{2g(1 + \alpha t_2)} (R_2 + \Sigma \zeta_2) + \frac{v_3^2}{2g(1 + \alpha t_3)} (1 + R_3 + \Sigma \zeta_3) \\ & + \frac{v_5^2}{2g(1 + \alpha t_5)} (1 + R_5 + \Sigma \zeta_5). \end{aligned} \quad (45)$$

Für den zweiten Fall des undichten Raumes *IV* ergeben sich zwei getrennte Gleichungen:

1. für die Strecke von *A* bis *IV*

$$\begin{aligned} & \frac{h_2 + h_3}{1 + \alpha t_0} - \frac{h_2}{1 + \alpha t_2} - \frac{h_3}{1 + \alpha t_3} + \frac{h_4}{2(1 + \alpha t_4)} - \frac{h_4}{2(1 + \alpha t_0)} \\ & = \frac{v_1^2}{2g(1 + \alpha t_0)} (R_1 + \Sigma \zeta_1) + \frac{v_2^2}{2g(1 + \alpha t_0)} (R_2 + \Sigma \zeta_2) \\ & + \frac{v_3^2}{2g(1 + \alpha t_3)} (1 + R_3 + \Sigma \zeta_3), \end{aligned} \quad (46)$$

2. für die Strecke *IV* bis *B*

$$\begin{aligned} & \frac{h_4}{2(1 + \alpha t_4)} - \frac{h_4}{2(1 + \alpha t_0)} + \frac{h_5}{1 + \alpha t_0} - \frac{h_5}{1 + \alpha t_5} \\ & = \frac{v_5^2}{2g(1 + \alpha t_5)} (1 + R_5 + \Sigma \zeta_5), \end{aligned} \quad (47)$$

Die Auflösung dieser Gleichungen ist nicht schwierig, da die meisten Größen bekannt sind, so die Luftmenge, die Temperaturen, die Höhen, der Querschnitt von II und daraus v_2 und auch I , da man $v_1 = 0,8$ bis 1 m annimmt. Alle R und $\sum \zeta$ ergeben sich aus den örtlichen Verhältnissen.

Es bleiben also z. B. in Gleichung 45 nur die Größen v_5 und v_3 , die festgelegt werden müssen; dabei kann man v_3 auf v_5 beziehen durch die Gleichung

$$v_3 = v_5 \frac{1 + \alpha t_3}{1 + \alpha t_5}. \quad (48)$$

Schließlich erhält man zwischen der im Abluftkanal erreichbaren Geschwindigkeit v_5 und dem in diesem zulässigen Reibungswiderstande eine Verhältniszahl. Den letzteren muß man nun annehmen, und zwar so, daß das entstehende v_5 der erreichbaren mindestens gleich v_5 der erforderlichen Geschwindigkeit ist. Zur Berechnung dieser dient die Formel 40.

Bei der Anwendung des zweiten Falles mit den Gleichungen 46 und 47 ist eine Umrechnung von v_3 auf v_5 nicht nötig, da sie nicht in derselben Gleichung vorkommen.

Bei kleineren Anlagen genügt es, wenn man die erreichbare Geschwindigkeit nur für den in bezug auf Luftbewegung ungünstigst gelegenen Raum jedes Stockwerkes ausrechnet und die gleiche Geschwindigkeit für die übrigen Räume annimmt.

Bei größeren Anlagen ist es zweckmäßig, mehrere Kanalstrecken jedes Stockwerkes einer Rechnung zu unterziehen.

Ergibt sich nun bei diesen Berechnungen, daß die linke Seite der Gleichungen 45 bis 47 wegen der vor-

geschriebenen oder angenommenen Temperaturen und Querschnitte kleiner ist, als die rechte, so muß man zu künstlichen Mitteln greifen, um die genügende Luftmenge hindurchzuleiten.

Derartige künstliche Mittel sind unter allen Umständen nötig, wenn man bei hohen Außentemperaturen, z. B. bei $+25^{\circ}$, lüften will; sie sind aber schon meistens am Platze, wenn bei einer höchsten Außentemperatur von $+10^{\circ}$ noch die volle Lüftung sicher erzielt werden soll. Benutzt man als künstliches Mittel die Erwärmung der Luft in den Abluftkanälen, so ändert man in den obigen Gleichungen die Zahl t_5 . Man pflegt dabei Erwärmungen von 15 bis 20° C als zulässig anzusehen. Natürlich läßt sich auch die notwendige Temperaturerhöhung aus obigen Gleichungen rechnerisch feststellen.

Verwendet man als künstliches Mittel Ventilatoren in saugender oder drückender Anordnung, so hat man bezüglich der möglichen Geschwindigkeitserhöhung weiteres Spiel. Soll ein Ventilator die in einem Kanal vorhandene Geschwindigkeit v in m/Sek. in die größere v_1 verwandeln, so ist die zur Erzeugung dieser vergrößerten Geschwindigkeit nötige Druckhöhe in kg/qm

$$p = \left(\frac{v_1 - v}{4} \right)^2. \quad (49)$$

Der Kraftverbrauch des Ventilators in effektiven Pferdestärken ist dann

$$N = \frac{L \cdot p}{270\,000 \cdot \eta}, \quad (50)$$

worin L die stündlich zu schaffende Luftmenge in Kubikmetern und η der Wirkungsgrad des Ventilators ist. Dieser ist im Mittel mit 40% anzunehmen. Die älteren

Erzeugnisse haben vielfach einen schlechteren, die neueren einen besseren Wirkungsgrad.

Mit den Schraubenventilatoren kann man Druckerhöhungen bis 6 kg/qm (= mm Wassersäule), bei besseren Ausführungen sogar 10 bis 15 kg/qm erzielen, die obere Grenze wird auf 30 bis 40 kg/qm angegeben, was indessen reichlich hoch erscheint; für höhere Druckerhöhungen muß man zu Flügelventilatoren übergehen.

Da die die Ventilatoren herstellenden Fabriken meist nur die Luftmengen angeben, die die Apparate leisten, wenn sie keinen Widerstand zu überwinden haben, so muß man wissen, wie sich die Luftmenge bei irgendeinem zu überwindenden Gegendruck ändert.

Ist L die verlangte Luftmenge in cbm/Stunde, t deren Temperatur, F der Querschnitt der Ausblasöffnung in Quadratmetern, p die Druckhöhe in Millimetern, die überwunden werden soll, und L_0 die Luftmenge, die der Ventilator ohne Widerstandsleistung liefert in cbm/Stunde, so muß sein

$$\frac{L}{1 + \alpha t} \cong \frac{(0,01 L_0)^3}{254 F p} \quad (51)$$

Man lasse sich in jedem Fall vom Hersteller der Ventilatoren verbindliche Angaben über den Kraftbedarf bei bestimmter Luftmenge und zu überwindender Druckhöhe und bei geräuschlosem Gange machen. Zur Erreichung des letzteren ist es stets nützlich, die Ventilatoren nicht mit zu hohen Geschwindigkeiten laufen zu lassen.

Zum Schluß folgen noch einige Angaben über gebräuchliche Geschwindigkeitsannahmen in den Kanälen.

In den Frischluftkanälen von außen zur Heizkammer wird $v = 0,8$ bis 1 m/Sek. angenommen.

In Verteilungskanälen für die warme Luft nach den Einzelkanälen nimmt man die Geschwindigkeit $v = 1$ bis $1,2$ m/Sek. an.

In Sammelkanälen für die Abluft soll $v = 1$ bis $1,5$ m/Sek. sein; werden die Abluftkanäle nach unten geführt und im Keller gesammelt, um dann mit einem senkrechten Abzugsschacht, der die Luft über Dach führt, verbunden zu werden, so nimmt man in dem letzteren $v = 1,5$ bis 2 m/Sek. an, während man in den Einzelkanälen die Geschwindigkeit kleiner, etwa mit $v = 0,7$ m/S. k., annimmt.



Register.

- Abdampfheizung 130.
Ansprüche an Heizungsanlagen 49.
Anthrazit 25.
Atmosphärendruck 9.
Ausdehnung der Luft 12.
— des Wassers 11.
Ausnutzung der Brennstoffe 29.
Außentemperaturen 12.
- Barometer** 9.
Behandlung der Brennstoffe 36.
Beleuchtung, Feuchtigkeitsabgabe 44.
— Kohlendioxidabgabe 40.
— Wärmeabgabe 22.
Berechnung der Heißwasserheizungen 102.
— der Hochdruckdampfleitung 113.
— der Luftheizungen 67.
— der Luftkanäle 70.
— der Luftmengen weg.
Kohlensäuregehalts 31.
— der Lüftungsanlagen 148.
— der Niederdruckdampfheizungen 125.
— der Verteilungsleitung f. Dampf 113.
— des Wärmebedarfs 17.
— bei Räumen mit dicken Wänden 23.
— der Warmwasserheizungen 86.
Beschaffenheit d. Luft 37.
Braunkohle, Braunkohlebriketts 27, 29.
Brennstoffbehandlung 36.
Brennstoffe 24.
Brücknerheizung 107.
- Dampfgewicht, Temperatur und Wärmemengen** 11.
- Dampfheizung, Allgemeines 109.
Dampfheizung 72.
Dampfmengen in Rohrleitungen der Niederdruckdampfheizungen 128.
Dampfverlust der Rohrleitung 117.
Dampfwarmwasserheizung 82.
Druckabfall bei Niederdruckdampfheizung 128.
— bei Warmwasserheizung 98.
Drucklüftung 145.
- Einrohrsystem bei Warmwasserheizungen 78.
Einzelheizung 52.
Elektrische Energie als Heizstoff 28, 57.
Entwicklung an Kohlendioxid 40.
Erwärmung der Räume 15.
Etagenheizung 105, 132.
Exhaustoren 143.
- Fettkohle 25.
Feuchtigkeitsabgabe der Beleuchtung 44.
— der Menschen 44.
Feuchtigkeitsgehalt der Luft 38.
— in Wohnräumen 42.
Feuerluftheizung 61.
Feuerungen 31.
Flüssige Brennstoffe 28.
Füllfeuerungen 33.
- Gasheizung 28.
Gebräuchliche Luftmengen 45.
Geschwindigkeit der Luft in Kanälen 71, 155.
- Gewicht der Luft 12.
— des Wasserdampfes 11.
— des Wassers 11.
— spezifisches 9.
- Heißwasserheizung 100.
— Berechnung 102.
Heizkessel für Warmwasserheizung 79.
Heizkörper an Außen- und Innenwänden 60.
— mit Luftumwälzung 123.
Heizung mit Elektrizität 57.
— mit Gas 58.
— mit Petroleum 57.
— unterbrochene und ununterbrochene 16.
— Wesen 49.
Heizungsplan 84.
Heizwert der Brennstoffe 29.
Hochdruckdampfheizung 111.
Hochdruckwasserheizung 100.
— Berechnung 102.
Holz 28, 29.
- Innentemperaturen 13.
- Kanäle der Luftheizungen 71.
— der Lüftungsanlagen 155.
— Berechnung 150.
Kanalmündungen 142.
Käufersche Niederdruckdampfheizung 124.
Kohlensäure der Luft 38.
Kohlensäureentwicklung 40.
Kohlensäuregehalt der Verbrennungsgase 30.
Koks 26, 29.

Korbrost 33.
 Körtings Luftumwälzungsverfahren 123.
 — Niederdruckdampfheizung 124.
 — Schnellumlaufheizung 104.
 — zentrale Entlüfter 124.
 Kraftverbrauch der Ventilatoren 154.
 Kranz- oder Kreislaufheizung 112.
 Küchenherdheizung 80.
 Leuchtgas 26, 29.
 Lokalheizung 52.
 Luft 37.
 — Rauminhalt und Gewicht 12.
 — Staubgehalt 46.
 Luftbedarf für Räume usw. 45.
 Luftfeuchtigkeit in Räumen 42.
 — Gehalt 38.
 Luftgeschwindigkeit in Kanälen 71, 155.
 Luftheizung 61.
 — Berechnung 67.
 Luftkanäle, Berechnung 70, 155.
 Luftmengen, gebräuchliche 45.
 Luftumwälzung in Heizkörpern 123.
 Lüftung, Allgemeines 134.
 Lüftung ohne besondere Anlagen 137.
 Lüftungsanlagen 141, 155.
 Lüftungskanäle 155.
 Luftverschlechterung durch Kohlensäure 40.
 Luftzusammensetzung 38.
 Magerkohle 25.
 Messung des Druckes 9.
 Messung der Wärmegrade und Menge 8.
 Mitteldruckwarmwasserheizung 82.
 Niederdruckdampfheizung 118.
 Niederdruckwarmwasserheizung 76

Ofenheizung 52.
 Ofenwahl 55.
 Perkinsheizung 100.
 Petroleum 28, 29.
 Petroleumheizung 57.
 Plan einer Warmwasserheizung 84.
 Planrost 32.

Rauch 35.
 Rauchrohre 34.
 Rauminhalt des Dampfes 11.
 — der Luft 12.
 — des Wassers 11.
 Reckheizung 106.
 Rohrleitung für Hochdruckdampf 113.
 — für Niederdruckdampfheizung 125.
 — für Warmwasserheizung 86.
 Rostflächen 32.
 Ruß 37.

Sammelheizungen 57.
 Sauerstoffgehalt der Luft 38.
 Saugköpfe 142.
 Schnellumlaufheizung 104.
 Schornstein 33.
 Schrägrost 33.
 Siedetemperaturen 11.
 Steinkohle 25, 29.
 Stickstoffgehalt der Luft 38.
 Sturtevanheizung 73.

Tabelle der Druckabfälle bei Niederdruckdampfheizungen 128.
 — der Druckabfälle bei Warmwasserheizungen 98.
 — der gebräuchlichen Luftmengen 45.
 — des Heizwerts Brennstoffe 29.
 — der Kohlensäuremenge in Verbrennungsgasen 32.

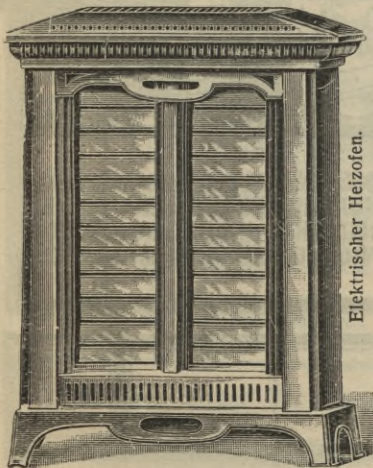
Tabelle d. Luftgeschwindigkeit in Kanälen 71.
 — des Reibungswiderstandes bei Luftkanälen 150.
 — der Transmissionskoeffizienten 18.
 — der Wärmeabgabe von Beleuchtungskörpern 22.
 — — der Perkinsrohre 103.
 — des Wärmedurchgangs 18.
 — für Dampf, Wärmemenge, Rauminhalt usw. 11.
 — für Luft, Rauminhalt, Gewicht 12.
 — für Wasser, Ausdehnung, Gewicht 11.
 — für Wasserdampf 11.
 Temperaturmessung 8.
 Theoretischer Heizwert d. Brennstoffe 29.
 Thermometer 8.
 Transmissionsberechnung 18.
 Treppenrost 33.

Überschlagsrechnungen für Heizungen 17.
 Übersichtstabelle der stündl. Wärmeverluste 20.
 Unvollständige Verbrennung 29.

Ventilator 143.
 Verbrennung 24.
 Verbrennungsgase 30.
 Verdampfungswärme 9.
 Vergleich zwischen Ofen und Zentralheizung 51.
 Verhütung von Rauch und Ruß 35.
 Verlust v. Wärme bei ununterbrochener Heizung 16.
 Verteilung, untere und obere, bei Warmwasserheizung 77.
 Vollständige Verbrennung 29.

- | | | |
|---|---|---|
| <p>Wahl des Ofens 55.
 Wärme, spezifische 10.
 Wärmeabgabe der Menschen u. Beleuchtungsarten 22.
 nackter und umhüllter Rohre 117.
 Wärmebedarf d. Räume mit dicker Wand 23.
 Wärmedurchgangsberechnung 17.
 Wärmedurchgangszahlen 18.
 Wärmeeinheit 9.
 Wärmeentwicklung durch Bewohnen 22.
 Wärmegrade 8.</p> | <p>Wärmemenge im Wasserdampf 11.
 Wärmemessung 8.
 Wärmeregung bei Niederdruckdampfheizung 123.
 — bei Warmwasserheizung 79.
 Wärmeüberführungsrechnung 17.
 Wärmeüberführungszahlen 18.
 Wärmeverlust bei Unterbrechung der Heizung 16.
 — in Verbrennungsgasen 30.
 — von Rohrleitungen 17.</p> | <p>Warmwasserheizung 74.
 Warmwasserluftheizung 72.
 Wasser, Ausdehnung, Gewicht 11.
 Wasserdampf, Wärmemenge, Rauminhalt u. Gewicht 11.
 Wassersäule 10.

 Zentralheizung, Allgemeines 57.
 — in Miethäusern 131.
 Zusammensetzung der Luft 37.
 Zuschläge zu den Wärmedurchgangsberechnungen 19.</p> |
|---|---|---|

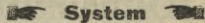


Elektrischer Heizofen.



**Elektrische
 Heiz- und Kochapparate**

für häusliche, gewerbliche
 u. wissenschaftliche Zwecke



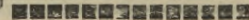
Prometheus

G. m. b. H.

Frankfurt/M. Bockenheim

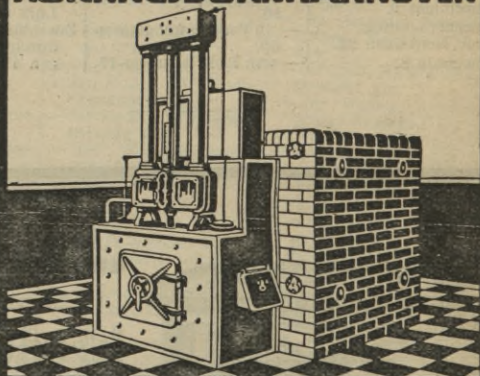
**Altbewährtes erst-
 klassiges Fabrikat!**

Preislisten gratis und franko
 Vertretungen in allen größ.
 Städten des In- u. Auslandes





GEBR. KORTING & CO.
KORTINGSDORF. HANNOVER



**ZENTRALHEIZUNGEN FÜR WARMWASSER
UND NIEDERDRUCKDAMPF-FERNHEIZWERKE
WARMWASSERBEREITUNGS- UND BADEANLAGEN
LÜFTUNGS- TROCKEN- UND ENTSTAUBUNGSANLAGEN**

Metallwerke Neheim A.-G.

Neheim-Ruhr

Spezialfabrik für moderne Heizungsarmaturen

Doppelfederkolben-Regulierhähne

D. R. G. M.

mit Voreinstellung

Dauernd leichter Gang — Dauernd dicht

Kein Festbrennen

Regulierventile mit und ohne Voreinstellung

Rotgußschieber

Rotgußmuffenventile

Drosselklappen

Radiator-Verschraubungen

Condens-Töpfe

Abdampfregler

Katalog und Preise auf Wunsch

Staeding & Meysel Nachf.

Inhaber: Heinrich Weeren

Armaturenfabrik Niedersedlitz i. Sa.

liefern als Spezialität:

Armaturen für Heizungs-Anlagen

und zwar:

Absperr-Ventile mit gewöhnlichem Pilzkegel, ferner mit elastischer Metaldichtung oder mit Jenkinsringen.

Regulier-Ventile doppelt und einfach einstellbar, verschiedener Ausführungen.

Regulier-Hähne verschiedener Ausführung, sowohl für Warmwasser, wie für Niederdruckdampf.

Absperr-Schieber ganz in Rotguß, sowie in Grauguß mit Rotguß-Armatur.

Drosselklappen verschiedener Ausführung, in Eisen und in Metall.

Thermometer, Ablaßhähne, Dampfstauer, Lufthähne, Rückschlagventile und Klappen, Wasserstandsanzeiger

Neu! Koch-Ventile Neu!
geschützter Konstruktion.

Die Drosselung des Dampfes kann bei diesen Ventilen erfolgen, ohne daß Sitz und Kegel, wie dies bei gewöhnlichen Ventilen der Fall, durch gedrosselten Dampf beschädigt werden.

Neu! Regulierbares Auspuff-Ventil

D. M. S. „System Polster“ D. R. P. a.

Das Ventil ist zur Regulierung des Heizdampfes von entfernt liegenden Punkten bestens zu empfehlen.

2,00

S-96

9 -

3

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301349



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297984