



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Verschiedene Konstruktionen**

**Scholtz, Adolf**

**Leipzig, 1900**

Siebentes Kapitel. Lüftung der Gebäude.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96800](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96800)

## Siebentes Kapitel.

## Lüftung der Gebäude.

## § 70.

Die Lüftung der Gebäude bezweckt die Erneuerung der Luft der Innenräume, d. h. die regelrechte Abführung der verdorbenen Luft und der in ihr enthaltenen schädlichen Gase und die Zuführung eines den Prinzipien der Gesundheitspflege entsprechenden Quantum frischer Luft. Denn die Existenz der organischen Wesen verlangt als das dringendste Bedürfnis „reine Luft zum Atmen“. Wer, wie die Städtebewohner, selten nur in den Genuß einer ganz reinen Luft gelangt, weiß ihren Wert für das Wohlbefinden zu schätzen!

Erst in neuerer Zeit hat man — in Beobachtung der hohen Sterblichkeitsziffer der auf engen Raum zusammengedrängten Bevölkerung der Großstädte — es als ein Bedürfnis anerkannt: Arbeitsräume, Bureaus, Schul- und Versammlungssäle, Schlaf- und Krankensäle, Gefängnisse und Kasernen u. s. w. mit rationellen Lüftungsanlagen zu versehen. — Erst spät hat sich die öffentliche Aufmerksamkeit und die Gesetzgebung mit diesem wichtigen Erfordernis des Wohlbefindens und Gedeihens der Menschen beschäftigt.

**Geschichtliche Vorbemerkungen.** Im Mittelalter, selbst bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts hin, fühlte man das Bedürfnis künstlicher Lüftungseinrichtungen nicht. Gebäude zu zahlreicher Ansammlung von Menschen waren — mit Ausnahme der Kirchen — kaum vorhanden, und in diesen letzteren machte sich wegen ihrer Großräumigkeit ein Luftmangel nicht fühlbar. In den Wohnungen der Städte aber war, wegen der engen Straßen und Höfe, für Luftwechsel gar nicht gesorgt: die verheerenden Seuchen vergangener Jahrhunderte dürften daher zum Teil der Infalubrität der Wohnungen und ihrem Mangel an reiner Luft zuzuschreiben sein!

Als theoretischer Begründer der Lüftung kann der französische Gelehrte N. Gauger angesehen werden, der 1714 eine Abhandlung über die Mechanik des Feuers schrieb; wenigstens gab er dem bekannten Physiker Desaguliers, einem Refugé, die Anregung, auf diesen Prinzipien weiter zu bauen. Dieser übersezte das Werk Gaugers

ins Englische und brachte im Jahre 1723 dessen Erfindung im Hause der Gemeinen zur Anwendung, indem er in der Decke mehrere Luftschächte anlegte und (um 1736) eine mechanische Vorrichtung hinzufügte, welche er Centrifugalrad nannte. Der Mann, der dasselbe drehte, wurde „Ventilateur“ genannt.

Bekannter als diese Versuche und von greifbareren Erfolgen begleitet, waren die künstlichen Lüftungseinrichtungen, welche im Jahre 1750 auf Veranlassung der englischen Regierung durch Dr. Gale getroffen wurden, um der Sterblichkeit im Gefängnis von Newgate Einhalt zu thun. Trotz der sehr primitiven Vorkehrungen minderte sich die Sterblichkeit in der Folge so bedeutend, daß monatlich nur noch ein Mann dem Gefängnisfieber erlag, während dasselbe vorher täglich ein Opfer gefordert hatte.

Diese wichtigen Erfahrungen blieben indessen Jahrzehnte hindurch unbeachtet, bis die Anwendung des Dampfes zu Heizzwecken (vergl. § 61) und die Heizung mit erwärmter Luft nach dem System des Prof. Meißner in Wien<sup>1)</sup> die Frage der künstlichen Lüftung aufs Neue in den Vordergrund stellten (1823). — Tredgold und Whitwell<sup>2)</sup> behandelten den Gegenstand eingehend und stellten die „Theorie der Ventilation“ fest. Tredgold's Werk führt den Titel: Grundsätze der Dampfheizung und Lüftung aller Arten von Gebäuden. Nach der englischen Ausgabe bearbeitet von Kühn, 2. Aufl., 1837. Im großen Maßstabe kam die künstliche Lüftung erst beim Bau des englischen Parlamentshauses in den Jahren 1845 bis 1847 zur Anwendung, und zwar wurde hier die Luft nach den Vorschlägen des Dr. Reid in Edinburg durch mechanische Ventilatoren eingeführt. Dies System der „Pulsion“ (insufflation) wirkte aber so gewaltsam, daß Dr. Reid in Folge vieler

1) Meißners System wurde in Deutschland angefeindet, in England dagegen sind seine Prinzipien in Armenhäusern und Gefängnissen vielfach verwertet worden.

2) Whitwell, on warming and ventilating houses and buildings by means of large volumes of attempered air. London 1834. 4.

Beschwerden die Ventilatoren beseitigte und durch ein System der „Aspiration“ ersetzt, welches sich auch in der Folge bewährt hat.

Auf Grund der in den Jahren 1857 und 1860 vom Parlament veranstalteten Enquêtes, welche sich mit der Lüftung und den hygienischen Einrichtungen der Kasernen und Militärhospitäler beschäftigten, kamen die höchst mangelhaften sanitären Zustände dieser Gebäude zur Sprache, und müssen fortan, auf Grund von Parlamentsbeschlüssen, alle öffentlichen Gebäude Englands mit Lüftungseinrichtungen versehen werden. Der Krystallpalast zu Sydenham, das Guy-Hospital, das Thomas-Hospital zu London, viele Konzertsäle und Theater wurden damals in rascher Aufeinanderfolge zu ebenso vielen Objekten, an denen die neuen Vorschriften mit mancherlei Modifikationen zur Anwendung kamen.

In Frankreich sind die umfassendsten Versuche über Lüftung und Heizung durch den Artilleriegeneral Arthur Morin gemacht und bei den großartigen Anlagen der Pariser Hospitäler Lariboisière, Necker und Beaujon zur Anwendung gebracht worden. Letztere sind nach den Systemen der französischen Ingenieure Léon Duvoir, Thomas & Laurens resp. Grouvelle und van Hecke ausgeführt und 1854 in Thätigkeit gesetzt worden.<sup>1)</sup> Das Conservatoire des arts et métiers, die Deputiertenkammer, der Palast des Senates, ferner das Théâtre lyrique und du Châtelet wurden in den Jahren 1854 bis 1862 ebenfalls nach Morins Angaben geheizt und gelüftet, und die Methode so vervollkommenet, daß deren Anwendung sich schnell in die Nachbarstaaten verbreitete.

Eine wahrhaft wissenschaftliche Basis erhielt die Lüftungstechnik aber erst durch Professor Dr. Max v. Pettenkofer in München. Seine Ansichten sind niedergelegt in dem epochemachenden Werke: Versuche über den Luftwechsel in Wohngebäuden, München 1858. Diese analytischen Forschungen gaben Hilfsmittel an die Hand, um exakte Erhebungen über den Grad der Luftverderbnis anstellen zu können, wie solche Grassi für die obengenannten Pariser Hospitäler und Professor Dr. Carl Böhm am Garnisonshospital in Wien anstellte und 1862 veröffentlichte.

1) Sorgfältige, vergleichende Versuche mit den beiden, in diesem Hospital eingerichteten Systemen der Ventilation in Verbindung mit Heizung, nämlich Leon Duvoir (Aspiration) und Thomas & Laurens (Pulsion), sind von Dr. Grassi angestellt und veröffentlicht in dessen „Etude comparative de deux systèmes de chauffage et ventilation établis à l'hôpital Lariboisière“. Paris 1856.

Während aber auf dem von Professor v. Pettenkofer geschaffenen, streng wissenschaftlichen Wege rüstig weiter geschritten wird, sind alle wichtigen Kulturvölker der Erde bemüht, die Fortschritte der Wissenschaft auch für das öffentliche Leben und die Gesundheitspflege nutzbar zu machen, und diese neueren Bemühungen sind zum Teil in einer Reihe von Broschüren und Abhandlungen niedergelegt, von denen wir nachstehend die wichtigeren chronologisch geordnet mitteilen.

#### Litteratur über Lüftung und Heizung.

- Peccet, *Traité de la chaleur considerée de ses application*, 3<sup>e</sup> édit. Paris 1860 bis 1861.
- Morin, *Études sur la ventilation*, 2 vol. Paris 1863.
- Morin, *Manuel pratique du chauffage et de la ventilation*. Paris 1864.
- D. B. Reid, *On ventilation in american dwellings*. New-York 1873.
- V. C. Joly, *Traité pratique du chauffage etc.*, 2<sup>e</sup> édit. Paris 1873.
- B. de Benedictis, *Sulla ventilazione naturale delle caserme*. Roma 1875.
- Lewis W. Leeds, *A treatise on ventilation*, 2<sup>e</sup> édit. New-York 1876.
- Wolffhügel, *Über die Prüfung von Ventilationsapparaten*. 1876.
- G. Lunge, *Zur Frage der natürlichen Ventilation mit Beschreibung des minimetrischen Apparates zur Bestimmung der Luftverunreinigung*. Zürich 1877.
- E. Lang, *Über natürliche Ventilation und die Porosität der Baumaterialien*. Stuttgart 1877 nach Morins Manuel etc. Deutsche Bearbeitung.
- E. Haefede, *Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Luftheizung*. Berlin 1877.
- E. Wunde, *Zimmerluft, Ventilation und Heizung*. 2. Auflage. Leipzig 1877.
- Degen, *Ventilation und Heizung*. München 1878.
- Stäbe, *Preischrift über die zweckmäßigsten Ventilationsysteme*. Berlin 1878.
- Valerius, *Les applications de la chaleur*. Paris 1879.
- M. A. Wazon, *Rapports sur l'exposition universelle de 1878. VI. Chauffage et ventilation des édifices publics et privés*. Paris 1879.
- Friedrich Paul, *Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik*. Wien 1885.
- Rietschel, *Lüftung und Heizung von Schulen*. Berlin 1886.
- Ed. Dony, *Die rationelle Heizung und Lüftung* (Preisgekrönte Schrift). Deutsche Ausgabe von Haefede. Berlin 1886.
- Rinaldo Ferrini, *Technologie der Wärme*. Deutsch von Schröter. Jena 1887.
- Wolpert, *Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung*. II. Auflage. Mit einem Anhang. Leipzig 1887.
- Dr. F. Fischer, *Heizungsanlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke*. 1889.
- F. Fischer, *Heizung und Lüftung der Räume*. III. Teil. IV. Band des Handbuchs der Architektur. Berlin 1890.
- E. Haefede, *Die Schulheizung*. 1893.

- S. John, Buildings ventilation and heating. New-York 1893.  
 Wolffhügel, Die Lehre vom Luftwechsel. München 1893.  
 S. Rietschel, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen. 2. Auflage. Berlin 1894.  
 G. Recknagel, Lüftung des Hauses: Siehe „Handbuch der Hygiene“. 1. Teil, 2. Abt. Leipzig 1894.  
 S. Fischer, Heizung der Theater und Versammlungshäuser. Darmstadt 1894.  
 D. Grove, Ausführung von Heizungs- und Lüftungsanlagen. 1895.  
 Karl Schmidt, Heizung und Ventilation. Siehe „Handbuch der Hygiene“. IV. Bd., 2. Lief. Gena 1896.  
 Konrad Hartmann, Heizung und Lüftung der Gebäude. I. Bd., 2. Teil der „Bauhunde des Architekten“. Leipzig 1896.  
 J. Denfer, Chauffage et ventilation. Paris 1896.

Zahlreiche Abhandlungen sind endlich in folgenden Fachzeitschriften enthalten:

- Deutsche Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege;  
 Zeitschrift für Biologie;  
 Annalen der Chemie und Pharmacie;  
 Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden;  
 Abhandlungen der naturwissenschaftlich-technischen Kommission der Münchener Akademie der Wissenschaften;  
 Landwirtschaftliche Jahrbücher;  
 Der Gesundheits-Ingenieur. Organ des Vereins für Gesundheitstechnik; endlich die  
 Zeitschriften der Architekten- und Ingenieurvereine zu Hannover und Wien; „Zeitschrift für Bauwesen“ und „Allgemeine Bauzeitung“, Wien; „Centralblatt der Bauverwaltung“;  
 „Zeitschrift für Lüftung und Heizung“, Jahrgang 1895 bis 1898; „Zeitschrift für Heizungs-, Lüftungs- und Wasserleitungstechnik“.

## § 71.

**Notwendigkeit des Luftwechsels.**

Keine atmosphärische Luft ist bekanntlich — wo immer man sie auch untersuchen möge — in der Zusammensetzung fast überall gleich, nämlich ein Gemenge von 21 Proz. Sauerstoff und 79 Proz. Stickstoff, mit einer variablen Quantität Wasserdampf. Außerdem enthält sie stets eine gleichmäßige<sup>1)</sup> Beimischung von Kohlensäure (0,0004 bis 0,0006 vom Volumen der Luft), geringe Quantitäten von Ammoniak, Salpetersäure und

1) Durch Dr. Thomas Walter, Professor Henry und Dr. Heterell wurden dem Kongress der amerikanischen Freistaaten Tabellen überreicht, welche Luftanalysen aus allen Teilen der Erde enthalten, angestellt zu allen Tages- und Jahreszeiten, innerhalb und außerhalb der Häuser. Als Mittel der Schätzung galt (nach Pettenkofer's Vorgang) der Gehalt an Kohlensäure. — Die Luft wurde in der Zusammensetzung gleichmäßig befunden, selbst in Manchester, wo jährlich zwei Millionen Tons Kohlen verbrannt werden, deren Rauch die Luft erfüllt. Hier glaubte daher die Gesundheitskommission den Faktor zu finden, der die Luft verschlechtert. Aber

Spuren von Jod. — Keine Luft enthält auch zuweilen Ozon,<sup>2)</sup> wie es scheint eine Modifikation des durch chemische Aktion erregten Sauerstoffes, welcher eine Rolle in der Zerstörung der Miasmen spielt. Endlich sind in der Luft Myriaden kleiner Organismen, Gärungserreger, sogenannte Vibrien, enthalten und Bakterien, Pilze, welche bei der Übertragung ansteckender Krankheiten einen wichtigen Einfluß ausüben. Auch die Sumpfluft der Niederungen (Malaria) enthält gewisse krankheitserregende Ursachen, deren Übertragung sich zur Zeit der Kenntnis entzieht.

Gewöhnlich wird nun angenommen, daß die Zimmerluft um so reiner und atembarer sei, je weniger Kohlensäure sie enthält, weil mit der letzteren im gleichen Verhältnis auch die übrigen Ausatmungsprodukte, d. h. Wasserdampf und organische Bestandteile, welche letztere sich chemisch nicht nachweisen lassen, zunehmen. Diese werden durch Schweiß und Ausdünstung aus dem Körper ausgeschieden und tragen zur Verderbnis der Zimmerluft bei. Dr. med. Karl Munde<sup>3)</sup> in seiner Abhandlung über Zimmerluft sagt darüber etwa folgendes: „Bringen drei Personen acht Stunden in einem gänzlich unventilerten Schlafzimmer zu, so wird die Luft am Morgen 1,25 kg ausgedünstete Auswurfstoffe und 0,5 cbm Kohlensäure enthalten, und solche Luft hat unsere Jugend Tag für Tag in den Schlaf-, Schul- und Wohnzimmern einzuatmen!“ Aber selbst tödlich kann die vergiftete Luft eines kleinen Raumes wirken, wenn viele Personen in ihm zusammengedrängt sind. Außer älteren, bekanten Thatsachen aus dem Kriege der Engländer in Indien und den 300 gefangenen Österreichern nach der Schlacht bei Austerlitz, von denen in einer einzigen Nacht 260 an Luftmangel starben, sei folgende Mitteilung von Henry Lewis<sup>3)</sup> erwähnt.

man war enttäuscht: der Kohlensäuregehalt betrug zwar an einigen Stellen 10, 12, sogar 15 Teile auf 10 000, im Durchschnitt aber nur 0,00075 (während reine Luft 0,0004 bis 0,00045 Kohlensäure enthält). Dieser Kohlensäuregehalt der Luft ist äquivalent demjenigen eines Zimmers von 75 cbm Inhalt, in welchem sich eine Familie von fünf Personen und eine Gasflamme während sieben Minuten ohne Lüfterneuerung befinden. Die übrigen Luftanalysen von London, Paris, Madrid, Genf, Washington und vom atlantischen Ozean u. s. w. ergaben den gleichmäßigen Kohlensäuregehalt von 0,0004 bis 0,0006. Als Basis für die Rechnung kann 0,0005 für alle Fälle als ausreichender Mittelwert angesehen werden.

1) Ozon ist ohne Zweifel eine der Hauptursachen der Heilsamkeit der Landluft. Bei Südwestwind enthält die Luft das größte Quantum Ozon.

2) Zimmerluft, Ventilation und Heizung von Dr. Karl Munde. Leipzig 1876.

3) Vergl. H. Lewis, Physiologie des täglichen Lebens. I.

Am 2. Dezember 1848 wurden am Bord des Dampfers Londonderry in einer stürmischen Nacht durch Unwissenheit des Kapitäns 150 Personen in die Kajüte der Hinterdeckpassagiere eingesperrt. Diese Kajüte war nur 18 englische Fuß lang, 11 Fuß breit und 7 Fuß hoch. Der Kapitän ließ die Luken schließen und die unglücklichen Passagiere waren verurteilt, die verdorbene Luft immer aufs Neue zu atmen. Als es endlich vor Tagesanbruch einem der Passagiere gelang, sich mit Gewalt einen Weg auf das Verdeck zu bahnen, um den Steuermann zu alarmieren, waren bereits 72 Passagiere tot, viele im Sterben, ihre Körper krampfhaft gewunden, das Blut war ihnen aus Augen, Nasen und Ohren getreten. Es läßt sich rechnerisch nachweisen, daß bei dem geringen Luftraum von 40 cbm, abzüglich 10 cbm für das gesamte Körpervolumen der 150 Passagiere, auf eine Person nur

$$\frac{30}{150} = 0,2 \text{ cbm Luftraum}$$

entfielen. Nach nebenstehender Tabelle werden erzeugt pro Person stündlich im Mittel 20 l oder 0,02 cbm Kohlen- säure, d. h. es war nach einstündigem Atmen der Gehalt an Kohlen- säure auf

$$\frac{0,02}{0,2} = 0,1 \text{ cbm} = 10 \text{ Proz.}$$

gestiegen, eine Luftmischung, bei welcher der Mensch nicht leben kann.

**Ursachen der Luftverschlechterung bewohnter Räume.**

Die Luft unserer Wohnräume erleidet bekanntlich verschiedene nachteilige Veränderungen; als deren haupt- sächlichste Ursachen zu nennen sind:

Der Lebensprozeß der Menschen, die in diesen Räumen wohnen, der Einfluß der künstlichen Be- leuchtung, nicht selten auch mangelhaft funktionierender Heizanlagen,

Staubablagerungen aller Art.

Zersetzungsvorgänge in den Mauern und Zwischen- decken, sowie in den Mobilien und sonstigem Hausrat können auch zur Verschlechterung der Luft beitragen.<sup>1)</sup>

**I. Verschlechterung der Luft durch den Lebens- prozeß der Menschen.**

Durch den Lebensprozeß, insbesondere durch die Lun- gen- atmung, zum Teil auch durch die Hauptporen werden aus dem menschlichen Körper Stoffe ausgeschieden, welche die

1) G. Wolffhügel, Archiv für Hygiene, 18. Bd., Seite 3 (1893).

Zusammensetzung der zum Atmen benutzten atmosphärischen Luft nachteilig verändern. So sind enthalten in:

	der atmosphärischen Luft	der ausgeatmeten Luft
	Volumprocente	
Sauerstoff . . . . .	20,96	16,03
Stickstoff . . . . .	79,02	79,02
Kohlen- säure . . . . .	0,03	4,38 (im Mittel).

Der Stickstoffgehalt bleibt also unverändert, während die Kohlen- säure um mehr als das Hundertfache zunimmt und der Sauerstoff um 1/5 vermindert wird.

Die Menge Kohlen- säure, welche die Individuen aus- atmen, wechselt je nach der Individualität, dem Alter, der Thätigkeit und der Art der Ernährung. Prof. v. Petten- koffer und Voit<sup>1)</sup> konstatierten eine größere stündliche Kohlen- säureauscheidung bei Tage als bei Nacht und höhere Ausgabe bei stattfindender Muskelarbeit und zwar in folgen- den Verhältnissen:

	bei Arbeit	bei Ruhe	des Nachts
	36,3 l	22,6 l	16,7 l

Aus Scharlings<sup>1)</sup> Beobachtungen ergaben sich folgende Zahlen:

Individuen	Alter Jahre	Körper- gewicht kg	Stündliche Kohlen- säure- abgabe l
Knabe . . . . .	9 1/4	22,00	10,3
Mädchen . . . . .	10	23,00	9,7
Jüngling . . . . .	16	57,75	17,4
Jungfrau . . . . .	17	55,75	12,9
Mann . . . . .	28	82,00	18,6
Frau . . . . .	35	65,50	17,0

Breiting<sup>2)</sup> fand gelegentlich seiner Untersuchungen der Luft in Schulzimmern folgende stündliche Kohlen- säure- ausgabe:

Bei Mädchen von 7—8 Jahren	10,5 Proz. während des Schulunterrichts,
" " " 8—9 "	12,0 " " " "
" " " 7—9 "	16,7 " " " der Singstunde,
" Knaben " 12—13 "	13,0 " " " des Schulunterrichts,
" " " 12—13 "	17,0 " " " der Singstunde.

Auch der Einfluß, den die Krankheiten auf den Atmungsprozeß ausüben, ist hier zu erwähnen, denn er steht in direktem Verhältnis zu der Luftmenge, welche in Krankenhäusern pro Kopf und Stunde verlangt wird. Leyden und Lieb ermeister konstatierten, daß alle Fieber- zustände eine stärkere Kohlen- säureentwicklung hervorrufen, deren Quantität sich zu derjenigen des gesunden Menschen verhält wie 1,5 : 1.

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. II, S. 546.

2) G. Lang, über natürliche Ventilation, S. 27.

Im allgemeinen ist also die Größe der Kohlenäureauscheidung durch vorstehende Zahlenangaben festgestellt. Um sicher zu gehen, wird man aber nach C. Lang gut thun, in Lehranstalten schon für Schüler von 13 Jahren die Kohlenäureauscheidung Erwachsener anzunehmen und für Lokale, in denen Personen von verschiedenem Alter und Geschlecht sich aufhalten, die Zahlen zu benutzen, welche sich nach v. Pettenkofer und Voit für kräftige Männer ergaben (22,6 l), weil ein auf diese Rechnung basierter, mäßiger Überschuß stets willkommen sein wird. Für Turnhallen, Fechtböden und Tanzsäle ist die Ausscheidung kräftiger Männer bei starker Muskelarbeit = 36,3 l anzunehmen.<sup>1)</sup>

Man ist zwar durch Erfahrung bestätigt, daß man sich ohne Störung des Wohlbefindens einige Stunden in einer Luft aufhalten kann, welche 10% an Kohlenäure enthält. Die Kohlenäure ist also kein Bedenken erregendes Moment an sich, aber mit ihr im gleichen Verhältnis nehmen auch die übrigen Ausatmungsprodukte, nämlich der Wasserdampf und gewisse andere, noch nicht näher bekannte Stoffe, die man als Atengift (Anthropotoxin) bezeichnet, zu. Diese letzteren scheinen es aber gerade zu sein,<sup>2)</sup> welche — wenn sie sich zersetzen — das Wohlbefinden der Menschen stören, denn lange ehe der Kohlenäuregehalt eine bedenkliche Höhe erreicht, bemerkt man durch die Geruchsorgane, daß die Luft verunreinigt ist. Für jeden Raum, der gesund erhalten werden soll, muß daher die durch die Atmung und Ausdünstung resp. Beleuchtung verdirbene Luft ersetzt werden.

Alle diese Veränderungen vollziehen sich proportional zur Zahl der im Raume atmenden Menschen und — in ungelüfteten Räumen — auch proportional zur Stundenzahl, während welcher die Personen im Raume eingeschlossen sind.

Es ist nun die Frage, ob nicht die Analyse der Luft des geschlossenen Raumes ein Maß für die Luftverschlechterung abzugeben vermag. Da aber eine quantitative Bestimmung der obengenannten Ekelstoffe, die das Atengift bilden, zur Zeit nicht ausführbar ist und der Wasserdampf kein sicheres Zeichen für die Verunreinigung ist, so begnügt man sich mit einer partiellen Luftanalyse und benutzt — nach Pettenkofer's Vorschlag — die im Raume enthaltene Kohlenäure als Maßstab der Luftverschlechterung, da diese sich am leichtesten genau bestimmen läßt und die Annahme berechtigt ist, daß die Stoffe, welche die Luft eines Raumes ekel-

erregend machen, im gleichen Verhältnis mit der CO<sup>2</sup> zunehmen.

v. Pettenkofer erklärte jede Luft als schlecht für dauernden Aufenthalt, welche — infolge von Atmung und Ausdünstung — mehr als 1 Proz. Kohlenäure enthält; gute Zimmerluft hat nach seinen Angaben<sup>1)</sup> höchstens 0,7 Proz. Kohlenäuregehalt! Da aber die Kohlenäureproduktion je nach Alter und Geschlecht verschieden ausfällt, so gilt daselbe auch für den Lüftungsbedarf. Um dieses Luftquantum theoretisch zu ermitteln, bezeichnen wir mit:

C den stündlichen Ventilationsbedarf pro Kopf; ferner sei:  
l die stündliche Kohlenäureproduktion,  
p der Grenzwert der Verunreinigung der Luft,  
a der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlenäure,  
dann ist:

$$C = \frac{l}{p-a}$$

Ausgeatmete Luft enthält nach Vierordt 43,34%<sub>00</sub> Kohlenäure, sie muß also mit so viel frischer Luft gemischt werden, daß die Kohlenäure nach der Mischung höchstens den Grenzwert (0,0007) erreicht. Die atmosphärische Luft kann daher, um gut zu bleiben, nur 0,0002, höchstens 0,0005 an Kohlenäure aufnehmen, d. h. man bedarf für jedes Volumen ausgeatmeter Luft nach umstehender Formel

$$\frac{43,34}{0,7-0,5} = \frac{43,34}{0,2} = 216,7$$

Volumina frischer Luft.

Die stündlich pro Kopf ausgeatmete Luftmenge beträgt bei 1050 Atemzügen à 0,05 l zusammen = 525 l, mithin die theoretische Luftzufuhr pro Kopf und Stunde:

$$525 \times 216,7 = 113,8 \text{ cbm.}$$

Beispiel. Ein erwachsener Schüler erzeugt stündlich 19,3 l Kohlenäure (nach Voit und v. Pettenkofer).

1) für den Grenzwert p = 0,0007 ist

$$C = \frac{0,0193}{0,0007 - 0,0005} = 95,5 \text{ cbm,}$$

2) für p = 0,001 ist dagegen

$$C = \frac{0,019}{0,001 - 0,0005} = 38,6 \text{ cbm,}$$

und zwar ohne Rücksicht auf die durch Flammen hervorgerufene Verunreinigung.

II. Einfluß der Beleuchtung auf die Verschlechterung der Zimmerluft. Der Grenzwert p ist nach v. Pettenkofer auch für größere Räume 0,0007 bis 0,0010. Für beleuchtete Räume ist ein sicherer Grenz-

1) Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung. Zeitschrift für Biologie, Bd. XII.

2) Vergl. die Untersuchungen von Lang und Wolffhügel im „Archiv f. Hygiene“, 18. Bd. 1893.

Brehmann, Bautechniklehre. IV. Vierte Auflage.

1) Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858.

wert noch nicht festgestellt;<sup>1)</sup> es bleibt also kein anderer Ausweg, als die Kohlenäureproduktion der gegebenen Anzahl Flammen von bestimmter Lichtstärke zu berechnen und diesen Betrag mit dem durch die Bewohner erzeugten Grenzwert in Verbindung zu bringen. Um in der Praxis einen Überschlag zu machen, kann nachstehende, aus den Versuchen von Erismann herrührende Tabelle dienen:

Tabelle I. Über die Entwicklung von Kohlenäure durch verschiedene Beleuchtungsmaterialien (nach Erismann).

Beleuchtungsmodus	Materialverbrauch für eine Stunde	Kohlenäureproduktion per Stunde in Litern
Petroleumspaltbrenner . . . . .	35,5 g = 0,045 l	56,8
Petroleumrundbrenner . . . . .	5,05 g = 0,064 l	61,6
Öllampe . . . . .	22,4 g = 0,025 l	31,2
Kerze . . . . .	20,7 g	11,3
Steinkohlengasbrenner . . . . .	140 l	92,8
Steinkohlengasflachbrenner . . . . .	127 l	86,0

Ein Gasbrenner, der stündlich 140 l Gas verbraucht, erzeugt also in dieser Zeit 92,8 l Kohlenäure, d. h. etwa so viel als vier erwachsene Personen.

Der Kohlenäuregehalt a der zuströmenden Luft kann nach Lang und Wolffhügel in Städten zu 0,005 angenommen werden, wodurch sich der Ventilationsbedarf bei Aufstellung des Programmes eher zu groß als zu klein ergibt.

Bei Berechnung von C aus der Formel  $C = \frac{1}{p-a}$  ist nun nach obiger Anleitung zu verfahren. Als Beispiel für derartige Berechnungen diene folgender Fall:<sup>2)</sup>

Ein Zimmer, welches durch zwei Gasbrenner beleuchtet ist, wird bewohnt von einem Manne, zwei Frauen, einem Jüngling, 16 Jahre alt, einem Mädchen von 9 Jahren. Es ist die stündliche Kohlenäureabgabe bei sitzender Thätigkeit und daraus der Ventilationsbedarf zu bestimmen.

Es beträgt die stündliche Kohlenäureabgabe

des Mannes . . . . .	22,6 l
der zwei Frauen à 17 l . . . . .	34,0 l
des Jünglings . . . . .	17,4 l
des Mädchens . . . . .	12,0 l
zusammen	86,0 l

1) Nach v. Pettenkofer ist es zulässig, einen Zuschlag zum Grenzwert p in der Formel einzuführen, welcher bis 1 Proz. betragen darf.

2) C. Lang, über natürliche Ventilation. S. 31 u. 32.

Dazu die Kohlenäureproduktion von zwei Schnittbrennern à 92,8 l . . . . . 185,6 l.

Die gesamte im Raume bei Gaslicht erzeugte Kohlenäuremenge beträgt daher . . . . . 271,6 l = 0,2716 cbm.

I. Um bei dieser Kohlenäureproduktion die Luft völlig rein zu erhalten, d. h. den Grenzwert a = 0,0007 nicht zu überschreiten, braucht man stündlich bei Gaslicht

$$\frac{0,2716}{0,0007 - 0,0005} = 1385 \text{ cbm frische Luft;}$$

wenn man aber die Zahl a = 0,0010 als Grenzwert dulden will, sind nur erforderlich:

$$\frac{0,2716}{0,0010 - 0,0005} = 543 \text{ cbm;}$$

II. Der Lüftungsbedarf bei Tage für den Grenzwert a = 0,0007 beträgt dagegen nur:

$$\frac{0,0860}{0,0007 - 0,0005} = 430 \text{ cbm;}$$

und für den Grenzwert 1,0 pro Wille = 0,001 sogar nur

$$\frac{0,0860}{0,0010 - 0,0005} = 172 \text{ cbm.}$$

Anstatt wie oben, die durch Leuchtstoffe erzeugte Kohlenäure wirklich zu bestimmen, kann man in der Formel auch einen Zuschlag zum Grenzwert einführen, welcher nach v. Pettenkofer 1 Proz., nach Erismann 0,7 Proz. betragen soll. Dadurch findet man für den kleineren Grenzwert:

nach v. Pettenkofer

$$\frac{0,2716}{0,0017 - 0,0005} = 226,3 \text{ cbm;}$$

nach Erismann

$$\frac{0,2716}{0,0014 - 0,0005} = 301,8 \text{ cbm;}$$

und wenn der Grenzwert a = 0,001 geduldet wird:

nach v. Pettenkofer

$$\frac{0,2716}{0,0020 - 0,0005} = 181,1 \text{ cbm;}$$

nach Erismann

$$\frac{0,2716}{0,0017 - 0,0005} = 226,3 \text{ cbm.}$$

Rechnet man aber getrennt mit dem v. Pettenkofer'schen Grenzwerte, so erfordern die fünf Personen ohne Rücksicht auf Beleuchtung für den Grenzwert p = 001 . . . . . 172 cbm, und für die Beleuchtung allein:

$$\frac{0,186}{0,0020 - 0,0005} = \dots \frac{120 \text{ ''}}{\text{zusammen 292 cbm.}}$$



so findet man die gesamte, von einem sitzenden Manne produzierte Wärme  $170 - 37 + 8 = 141$  oder rot. 140 Wärmeeinheiten.

Durch diese 140 Wärmeeinheiten werden per Stunde 40 cbm Ventilationsluft um

$$\frac{140}{40 \times 1,2 \times 0,237} = 12,3^{\circ} \text{C.}$$

in der Temperatur erhöht.

Aus diesen numerischen Resultaten ersieht man, daß trotz ausreichender Lüftung die abgeführte Luft eine ansehnliche Temperaturzunahme erleidet und daß die Temperatur des Zimmers unerträglich werden müßte, wenn man die Ventilation unterbrechen oder einstellen wollte.

So ist es auch erklärlich, daß in gefüllten Theatern und Versammlungsräumen Temperaturen bis zu  $30^{\circ} \text{C.}$  festgestellt worden sind. Selbstverständlich haben dann auch die Beleuchtungs- und Heizapparate zur Temperaturerhöhung wesentlich beigetragen.

Oben wurde nachgewiesen, daß unter allen künstlichen Beleuchtungsarten das elektrische Licht die geringste Wärme-Produktion hervorruft. Ihm nahe steht das Auer'sche Gasglühlicht, während die älteren Formen der Leuchtgasbrenner die größte Wärme-Produktion aufweisen. Bei den Regenerativbrennern von Siemens, bei denen die heißen Verbrennungsprodukte teilweise abgeführt werden, ist die Temperaturerhöhung der Zimmerluft gleichwohl bedeutend genug, wie aus nachstehender Tabelle hervorgeht, welche auf den Untersuchungen von Dicke und Renk<sup>1)</sup> beruht.

Art der Beleuchtung	Entwickelte Wärmeeinheiten pro Meter, Kerze u. Stunde
1) Leuchtgas.	
a) Zweiloch- und Schnittbrenner . . .	50
b) Argandbrenner . . . . .	44
c) Siemens Regenerativbrenner . . .	23
d) Auer's Gasglühlicht . . . . .	10,6
2) Petroleumröndbrenner . . . . .	20
3) Elektrisches Glühlicht von 16 Kerzen Stärke	3

#### IV. Ausscheidung von Wasserdampf durch den Lebensprozeß der Menschen.

Wasserdampf als Produkt der Respiration und Perspiration ist in erheblicher Beimischung in der Zimmerluft enthalten: v. Pettenkofer und Voit fanden mit Hilfe ihres Experimentierkabinetts: daß ein junger, kräftiger Mann bei ruhigem Verhalten stündlich im Mittel 58 g Wasserdampf erzeugt, wofür als Maximum 60 g zu setzen sind. Während der Arbeit steigerte sich die Zahl auf das Doppelte.

1) Renk, Pharmac. Centralhalle 1893, Nr. 25.

Wird der stündliche Bedarf von frischer Luft für einen Mann bei ruhigem Verhalten zu 40 cbm angenommen, so hat jedes Kubikmeter aufzunehmen nur  $\frac{60}{40 \text{ cbm}} = 1,5 \text{ g}$  Wasserdampf, während die Sättigungskapazität bei  $+20^{\circ} \text{C.}$   $17,2 \text{ g}$  beträgt.

Im allgemeinen ist anzunehmen, daß trockene Luft weniger nachteilig für die Gesundheit ist, als zu feuchte Luft. Bei vollem Lüftungsbetriebe wird man gut thun, Vorfrage zu treffen, daß im Winter ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von 50 höchstens 60 Proz. der absoluten Sättigung erreicht wird, da nach Annahme der Physiologen eine auf 17 bis  $20^{\circ}$  erwärmte und zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigte Luft der Gesundheit am zuträglichsten ist. Diese Temperatur und relative Feuchtigkeit (50 bis 60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit) findet man auch an schattigen Orten im Freien an schönen Sommertagen.

#### V. Verderbnis der Luft durch die Bauart des Gebäudes.

In neu errichteten Gebäuden, namentlich solchen, die vor vollständiger Austrocknung der Mauern, Deckenkonstruktionen u. s. w. bezogen werden, wird beim Betreten der Räume häufig ein modriger Geruch wahrgenommen. Hier ist die Verschlechterung der Luft auf den Einfluß der einschließenden Mauern, Fußböden und Decken, welche noch Baufeuchtigkeit enthalten, zurückzuführen. Es finden alsdann Zersetzungsvorgänge in den Mauern und Zwischendecken statt, derart, daß die aus den Mörtelfugen austretende Feuchtigkeit das Bindemittel zersetzt, mit welchem die Tapeten an die Mauer befestigt sind. Es entstehen dann pilzähnliche Wucherungen, die nur durch kräftiges Lüften, Entfernen der Tapeten, Reinigen der Wände und Tränken derselben mit antiseptischen Stoffen zu beseitigen sind.

Wo die Herstellung der Zwischendecken nicht mit Sorgfalt ausgeführt und zum Schütten unreines, mit organischen Stoffen beladenes Füllmaterial verwendet worden ist, da finden in den Zwischendecken — unter Abschluß von Luft und Licht — noch schwerer wiegende Zersetzungsvorgänge der Holzsubstanz statt, die man als „Trockenfäule“ und als „Hauschwamm“ (merulins lacrimans) bezeichnet. Die hierdurch entstehenden, widerlichen Gerüche teilen sich ebenfalls der Binnenluft der Wohnräume mit und sind definitiv nur durch rationelle Ausrottung der Schwammwucherungen und Entfernen des infizierten, modrigen Füllmaterials der Decken zu beseitigen.

Daß die Luft der unteren Stockwerke in die oberen Geschosse aufsteigt, wird verständlich, wenn man die leichte Konstruktion unserer Zwischendecken kennt. Da nun die Temperatur der Innenluft in der Regel höher ist, als die

der Außenluft, so sind die Umschließungsmauern einem Schlot vergleichbar, welcher die Luft der unteren Geschosse und des Kellers ansaugt. Daß aber die Erreger gewisser epidemischer Krankheiten (wie Pocken, Typhus u. s. w.) durch die angesaugte Luft in höhere Stockwerke übertragen würden, ist nach den neueren Theorien zu bezweifeln.<sup>1)</sup>

VI. Verderbnis der Luft durch Staub.<sup>2)</sup>

Der Staub bewohnter Räume ist entweder anorganischer Natur oder besteht aus niederen Organismen, welche als „Bakterien“ bezeichnet werden. Die erstgenannten Staubteile gelangen mit der Atemluft in den Körper, reizen und verwunden die Schleimhäute und machen dieselben zur Aufnahme krankheitserregender Keime geeignet. Dies gilt namentlich von Kohlenstaub, dessen Aufnahme die Entstehung gewisser Formen von Lungenaffektion verursacht (vergl. Allgemeine und spezielle Gewerbehygiene). Von krankheitserregenden Bakterien sind im Zimmerstaub enthalten: Erreger der Wundkrankheit (Eitererreger), Erreger der Lungenentzündung und der Tuberkulose.

Wollte man den angesammelten Staub aus den Räumen durch kräftige Lüftung herausbefördern, so würde, wie Stern<sup>3)</sup> gezeigt hat, selbst bei dreimaligem Luftwechsel in der Stunde, die Luft nicht schneller keimfrei werden, als durch bloßes Abseigen des Staubes. Man bekämpft den Staub also nicht durch Lüftung, sondern durch Reinlichkeit, durch Haarbesen und Scheuertuch! Für den Heiztechniker aber ergibt sich die Lehre: bei Herstellung neuer Lüftungsanlagen dafür Sorge zu tragen, daß die zur Ventilation benutzte Außenluft möglichst „staubfrei“ in die Innenräume gelangt. Hierüber ist bereits in § 49 „Luftfilteranlagen“ das nötige gesagt.

Die Temperatur als Maß der Luftverschlechterung.

Es mag noch Erwähnung finden, daß Rietchel (vergl. „Leitfaden zur Berechnung von Lüftungs- und Heizungsanlagen“, 2. Auflage, 1. Bd., S. 9) vorgeschlagen hat, auch die Temperaturerhöhung, welche sich in bewohnten Räumen einstellt, als Maß der Luftverschlechterung zu benutzen. Nun fühlt sich in unserem Klima der Mensch, wenn er nicht besondere körperliche Arbeit verrichtet, im Winter am wohlsten bei einer Raumtemperatur von 18 bis 20° C.

In der sogenannten Beleuchtungszone der Theater, Konzertsäle, Fortbildungsschulen mit Abendunterricht u. s. w. werden aber — wie schon bemerkt — viel höhere Temperaturen

beobachtet und sind, da der Aufenthalt doch nur vorübergehend ist, auch Temperaturen bis zu 23° C. zulässig. Es muß jedoch stets Sorge getragen werden, daß in der höheren Temperatur der Beleuchtungszone sich Menschen nicht aufzuhalten haben; ist letzteres der Fall, so können auch höhere Temperaturen daselbst gestattet werden.

Die Wärmemenge W, welche stündlich durch die Lüftungsanlage zu beseitigen ist, läßt sich — nach Rietchel — ausdrücken durch die Formel:

$$W = W_1 + W_2 \mp W_3$$

Hierin bezeichnet W<sub>1</sub> die Wärmemenge, welche stündlich durch die Anwesenden, W<sub>2</sub> diejenige, welche durch die Beleuchtung, W<sub>3</sub> diejenige, welche stündlich durch die Wände, Decken, Fußböden u. s. w. im Winter nach außen transmittiert, im Sommer nach innen übergeführt wird. Für die Heizmonate Oktober bis April gilt das — Vorzeichen, für den Sommer das + Vorzeichen.

Bezeichnet:

t<sup>1</sup> die Temperatur der eingeführten kühleren Ventilationsluft,

t die zulässige Temperatur des Raumes,

dann ist im Beharrungszustande und bei gleichmäßiger Verteilung der Wärme im Raume der stündliche Luftwechsel durch die Formel gegeben:

$$L = \frac{W(1 + a^t)}{0,306(t - t^1)}$$

Nachstehende Tabelle enthält die Größe des erforderlichen Luftwechsels bezogen auf die stündlich abzuführende Wärmemenge von 100 Kalorien für verschiedene Raumtemperaturen.

Temperatur der einströmenden Luft	Zulässige Temperatur des Raumes in Grad Celsius									
	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	35°	
15°	116 obm	87	70	59	50	44	40	36	18	
16°	174	117	88	70	59	51	44	40	19	
17°	348	175	117	88	71	59	51	45	20	
18°	—	350	175	117	88	71	59	51	22	
19°	—	—	351	176	118	89	71	59	23	
20°	—	—	—	352	177	118	89	71	25	

§ 72.

Ventilationsbedarf.

Der Ventilationsbedarf ist das Volumen der für eine Person stündlich auszuwechselnden Luft. Dieser Bedarf ist bereits, unter Benützung der v. Pettenkofer'schen Grenzwerte, für verschiedene Fälle theoretisch ermittelt worden, wobei sich — im Vergleich zu den auf Erfahrung gegründeten Angaben — in der Regel höhere Werte ergeben, als die nachfolgende Tabelle enthält. So verlangt Morin

1) Emmerich, Die Wohnung, in Pettenkofer's Handbuch der Hygiene, 1. Bd., 2. Abt. (1894). Vergl. auch Nußbaum, Spez. Bauhygiene im Handbuch der Hygiene.

2) A. Bernich, Virchow's Archiv, 79. Bd., und Th. Weyl, Handbuch der Hygiene, 7. Bd.

3) Stern, Zeitschrift der Hygiene, 7. Bd., 1889.



Freien zurückführt und von den Wegen ganz abzieht, welche die Luft einschlägt, um ins Freie zu entweichen, muß im Sinne einer wissenschaftlicheren Bezeichnung noch unterschieden werden die natürliche Ventilation im engeren Verständnis, wobei der Luftaustausch nur durch die Poren, Fugen und Ritzen der Bauteile stattfindet. Im Gegensatz hierzu würde jede mittels künstlicher Luftleitungen hervorgebrachte Lufterneuerung als künstliche Ventilation aufzufassen sein, gleichgültig, ob die Luftbewegung durch zufällige oder eigens herbeigeführte Temperaturunterschiede, durch die Wirkung des Windes oder durch Maschinen veranlaßt wird.

A. Natürliche Ventilation.

§ 74.

Die Frage, ob die Verbesserung der Luft unserer Wohnungen auch ohne besondere Lüftungsanlagen möglich sei, ist in allen den Fällen von hoher Bedeutung, wo man von künstlichen Ventilationseinrichtungen absehen muß und — neben dem Lüften durch die Fenster — die Beschaffung reiner Luft nur durch die Poren der Baumaterialien, sowie durch die Ritzen und Fugen der Türen und Fenster erwartet.

Es ist v. Pettenkofers Verdienst, in seiner „Abhandlung über den Luftwechsel in Wohngebäuden“ auch diese Thatsachen hervorgehoben und die Anregung für weitere Arbeiten gegeben zu haben.

Als Motoren der natürlichen Ventilation können wir nun folgende Bewegungsurachen auffassen:

- a) die Temperaturdifferenz der innerhalb und außerhalb des zu ventilierenden Raumes befindlichen Luft;
- b) das Diffusionsbestreben der zwei durch die Wände des Hauses getrennten Luftmischungen;
- c) die Stärke und Richtung des Windes im Freien.

Während in den meisten Fällen diese drei Motoren gleichzeitig auftreten und sich daher getrennt kaum beobachten lassen, ist im Grunde nur einer derselben, nämlich die Stärke und Richtung der Luftbewegung im Freien, von größerem Einfluß auf die natürliche Ventilation.

Zu a) Der Temperaturunterschied der beiden getrennten Luftschichten erzeugt einen Druck auf die Flächeneinheit der Wand, und zwar von außen nach innen, welche in gewissem Grade den Luftaustausch beeinflusst. So wurden nach v. Pettenkofer von dem Luftinhalt seines Zimmers ausgetauscht:

bei 20° Temperaturunterschied	95 cbm,
"   19°   "   "   "	75   "
"   4°   "   "   "	22   "

Diese Schwankungen aber sind offenbar noch von anderen Bewegungsurachen abhängig gewesen.

In einem geschlossenen Raume strömt die Luft in der Regel in der Nähe des Fußbodens ein, während sie im oberen Teile des Raumes besonders durch die Decke wieder abströmt.

Diese Erscheinung brachte Recknagel zur Darstellung, indem er ein Kastenmodell mit dünnem Papier beklebte und in demselben durch eine Flamme warme Luft erzeugte. Die dünnen Papierwände des Bodens und der Decke nahmen dann die in der Fig. 239 dargestellte Form an. Fig. 240 giebt ein schematisches Bild dieser Vorgänge. In

Fig. 239.

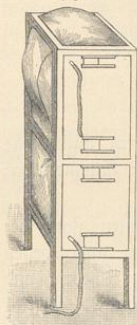
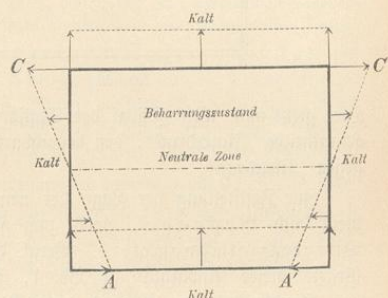


Fig. 240.

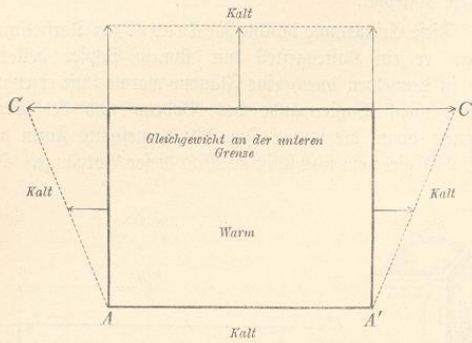


dem oberen Teil des Raumes herrscht Überdruck gegen die äußere Luft: die Innenluft drückt also das Papier nach außen, wie die punktierte Linie andeutet. In dem unteren Teile des Apparates herrscht dagegen Unterdruck: die Außenluft drückt also die Papierwände nach innen. Gegen die Mitte nehmen die Druckkräfte, deren Größe durch Pfeile dargestellt ist, ab und werden schließlich = 0. Die Ebene, in welcher der äußere und innere Druck einander gleich sind, nennt man die neutrale Zone. Die neutrale Zone trennt das Gebiet des Überdruckes von dem des Unterdruckes.

Wenn frische Luft durch Aspiration (Sauglüftung) in einen zu lüftenden Raum eingeführt wird, so herrscht in demselben Unterdruck und die neutrale Zone liegt dann nahe der Decke. Infolgedessen strömt durch Thürn und Fensterpalten, sowie durch zufällige Öffnungen am Fußboden Luft in den Raum ein. Es ist hierbei nicht zu umgehen, daß aus benachbarten Räumen, Küchen, Kellern, Aborten, in denen Unterdruck herrscht, die Luft mit unbequemen Gerüchen nach den entlüfteten Sälen und Zimmern abzieht. Wird dagegen den Räumen die frische vorgewärmte Luft durch „Pulsio“ (Drucklüftung) zugeführt, so entsteht durch das Einströmen der Luft ein Überdruck und liegt die neutrale Zone, wie in Fig. 241 angedeutet, in der Nähe des Fußbodens.

Diese Druckverhältnisse sind von besonderer Wichtigkeit bei Herstellung der Lüftungsanlagen von Krankenhäusern:

Fig. 241.



Hier giebt man allen Sälen der Station für ansteckende Krankheiten „Unterdruck“, den benachbarten Räumen dagegen „Überdruck“.

Zur Feststellung der Lage der neutralen Zone bedient sich Recknagel eines von ihm angegebenen Differenzialmanometers. Vergl. die Theorie und Praxis dieses Apparates in Bd. 1, Abt. 2, Heft 4 des Handbuches der Hygiene von Pettenkofer und Ziemssen.

Zu b) Die Diffusion durch poröse Wände geschieht nur sehr allmählich, und da die Differenzen der Mischungsverhältnisse und Spannungen der Gase, welche die Luft außen und innen bilden, sich als gering erwiesen haben, so kann der Einfluß der Diffusion im Verhältnis zu den sonstigen Einflüssen unberücksichtigt bleiben.

Zu c) Bei weitem wichtiger ist dagegen der Einfluß der Luftbewegung im Freien. Während Luftgeschwindigkeiten bis 3 m im Freien nicht unangenehm empfunden werden, resultiert aus derartigen Windströmungen ein zwar unbeständiger, aber nicht zu unterschätzender Motor der sogenannten spontanen Lüftung. Die Luft übt nämlich auf jede freistehende Wand von  $f$  Quadratmeter Inhalt einen Druck  $P$  aus, der sich bestimmen läßt für mittelgroße Flächen aus der Näherungsformel

$$P = 0,13 v^2 f \text{ Kilogramm,}$$

wenn unter  $v$  die Geschwindigkeit des Windes pro Sekunde verstanden wird.

Auf einen Quadratmeter berechnet sich daher die Windpressung für mittelgroße Flächen wie folgt:

Bei 1 m	Geschwindigkeit	0,13	.	1 <sup>2</sup>	=	0,13 kg,
" 2 "	"	0,13	.	4	=	0,52 "
" 3 "	"	0,13	.	9	=	1,17 "
" 4 "	"	0,13	.	16	=	2,08 "

Bei 5 m	Geschwindigkeit	0,13	.	25	=	3,25 kg,
" 10 "	"	0,13	.	100	=	13,00 "
" 20 "	"	0,13	.	400	=	52,00 "
" 40 "	"	0,13	.	1600	=	208,00 "

Größere Geschwindigkeiten als  $v = 30$  m kommen in Mitteleuropa, wenigstens in offener Gegend, nur selten vor. Da Apparate zur Messung der Stärke des Windes verhältnismäßig kostspielig sind, pflegt man dieselbe gewöhnlich annähernd abzuschätzen; die Stufenleiter, nach welcher dies geschieht, ist sehr verschieden. Die gebräuchliche Windstärkeskala zählt 6 Grade, excl. Windstille; man nennt sie auch die Landskala; die Beaufortskala, welche zur See häufig angewandt wird, enthält 12 Grade.

Folgende Tabelle von Smeaton, welche von C. Lang für Metermaß umgerechnet ist, giebt die wichtigsten Windgeschwindigkeiten an.

Geschwindigkeit		Druck Kilogramm per Quadratmeter	Charakter des Windes
engl. Meile per Stunde	Meter per Sekunde		
1	0,448	0,0295	kaum fühlbar
2	0,894	0,1182	
3	1,342	0,2602	
4	1,790	0,4672	angenehmer Wind
5	2,236	0,7274	
10	4,474	2,9096	frischer Wind
15	6,710	6,5467	
20	8,949	11,6387	sehr frisch
25	11,184	18,1854	
30	13,423	26,1930	starker Wind
35	15,659	35,6435	
40	17,287	46,5607	sehr starker Wind
45	20,133	58,9204	
50	22,372	72,7419	Sturm
60	26,846	104,7661	
80	35,795	186,2548	Orkan

Aus dieser Tabelle läßt sich entnehmen, daß der Einfluß des Windes auf die Ventilationsgröße von Bedeutung werden kann.

Märcker fand in einem Kuhstalle zu Weende das Ventilationsquantum in folgender Art vermehrt:

an einem windfreien Tage zu 1635 cbm,  
bei Südwestwind erster Stärke „ 2439 „  
also mehr: 804 cbm.

Wieviel auf zufällige Spalten und Ritzen entfiel, ist nicht angegeben.

1) Bei den meteorologischen Stationen des Binnenlandes pflegt die Aufzeichnung der Windstärken anemometrisch nicht gemessen zu werden. Man bestimmt hier für gewöhnlich außer Windstille nur drei Windstärken; Wind vierter Stärke ist Orkan.

Dagegen verzeichnet die deutsche Seewarte die mit Hilfe des Anemometers gefundenen Tagesmittel der Windgeschwindigkeiten in Metern per Sekunde für sämtliche Normalbeobachtungsstationen der deutschen Küste. So betrug das Tagesmittel der Windgeschwindigkeit am 1., 2. und 3. April zu Hamburg 11,0, resp. 12,2 und 11,6 m per Sekunde.

d) Die Wege der natürlichen Ventilation im engeren Sinne. Alle zufälligen Spalten und Ritzen an Thüren und Fenstern entziehen sich der vergleichenden Beobachtung; ihren ungefähren Einfluß erkennt man jedoch aus v. Pettenkofers Beobachtungen. Bei 19° Temperatur betrug die Ventilation in dessen Arbeitszimmer 75 cbm per Stunde und, nachdem die Fugen sämtlich verklebt waren, bei gleicher Temperaturdifferenz nur 54 cbm, also 28. Proz. weniger.

Hieraus ist der Schluß zu ziehen: daß die Poren der Baumaterialien mehr Wege für die Luft offen lassen, als die zufälligen Öffnungen. Trotz alledem müssen letztere nach Möglichkeit vermieden werden, weil der Luftstrom durch Fugen wegen des geringen Querschnittes derselben mit größerer Geschwindigkeit eintritt, also Zug verursacht. Wo dagegen, wie bei durchlässigen Wänden, die Luft sich auf eine möglichst große Fläche verteilen kann, da wird sie nie eine große Geschwindigkeit erlangen. Nun ist nach Beobachtung von v. Pettenkofer, Märcker u. a. erwiesen, daß durchlässige Wände die Luft am oberen Teil aus-, am unteren Teil eintreten lassen (vergl. Fig. 240 u. 241) und da diese Bewegung nur sehr langsam vor sich geht, ist gleichzeitig der Vorteil geboten, daß bei dieser spontanen Ventilation die Luft auf ihrem Wege allmählich vorgewärmt wird und mit einer mittleren Temperatur in den Raum eintritt.

Außerdem haben poröse Baumaterialien den Vorteil, daß mit der Porosität die Wärmekapazität zu- und die Wärmeleitungsfähigkeit abnimmt.

**Einfluß der Durchlässigkeit der Wände.**

Die Permeabilität ganzer Wände ist in überraschender Weise durch v. Pettenkofer auf dem Wege des Versuches veranschaulicht<sup>1)</sup> und dadurch außer Zweifel gestellt worden. Aus den Resultaten dieser Untersuchungen zog

1) Eine Ziegelsteinwand von 1/4 qm Oberfläche wird in Kalkmörtel auf luftdichter Unterlage aufgeführt. Die schmalen Stirnseiten sind mit Gips und Harzputz bezogen, die breiten Wandflächen dagegen mit Metallplatten bekleidet und letztere beide in der Mitte mit einem Hohlstutzen versehen. Die Wände schließen luftdicht an den Putz an. Verbindet man mit dem einen Hohlstutzen einen Kautschuchschlauch, den man in ein Wassergefäß leitet, mit dem anderen Hohlstutzen ein Glasrohr, so erfolgt — sobald man in das Glasrohr bläst — ein lebhaftes Geräusch im Wasser. Bläst man in den Schlauch, so wird eine vor das Glasrohr gehaltene Kerze ausgelöscht. — Wird das zwischen den Metallplatten liegende Mauerwerk stark befeuchtet, so ist es mit der heftigsten Anstrengung nicht möglich, das Licht auszulöschen. — Dr. A. Wolpert schätzt die, durch die Kraft der Lunge ausgeübte Pressung gleich 1/10 Atmosphäre. Die Erklärung des Experimentes und der in unzählige Fäden zerlegten, durch die Poren gedrückten und wieder vereinigten Luftteile hat Wolpert in klarer Weise gegeben in seiner „Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung“, II. Aufl. Braunschweig 1880.

Reymann, Baufunktionslehre. IV. Vierte Auflage.

dann Oberbaudirektor v. Pauli weitere Schlüsse auf die Ventilationsgröße des Pettenkofer'schen Arbeitszimmers. Schulze und Märcker endlich haben die Größe der Ventilation ganzer Mauern per Quadratmeter Wandfläche zu bestimmen versucht. Dabei hat sich folgender Luftwechsel für 1° Temperaturdifferenz pro Stunde ergeben:

bei Sandstein . . . . .	0,089 cbm,
„ Kalkbruchstein . . . . .	0,225 „
„ Backstein . . . . .	0,146 „
„ Tuffstein . . . . .	0,238 „
„ Lehmstein . . . . .	0,423 „

Anm. Diese Resultate sind jedoch wesentlich durch die Mörtelfugen veranlaßt, welche bei Bruchstein etwa zu 1/3, bei Tuffstein zu 1/4, bei Backstein zu 1/6 bis 1/8 und bei Quaderbau in Sandstein zu 1/6 bis 1/8 des ganzen Mauerkörpers veranschlagt werden können.

Auch an einzelnen Materialstücken hat v. Pettenkofer Versuche gemacht und die Permeabilitätsgröße nachgewiesen. Andere messende Beobachtungen rühren von Schürmann, Märcker und C. Lang her. Letzterer hat sein Verfahren eingehend in der oben zitierten Broschüre beschrieben.<sup>1)</sup> Es ergaben sich dabei folgende Erfahrungssätze:

1) Die durch poröses Material gehende Luftmenge ist direkt proportional der Druckdifferenz auf den gegenüberstehenden Seiten der porösen Wand und umgekehrt proportional der Dicke dieser Wand.

2) Die verschiedenen Baumaterialien ordnen sich rücksichtlich ihrer Durchlässigkeit nach einer Reihe.<sup>2)</sup> Am durchlässigsten ist Kalktuffstein.

3) Jede Mauerbekleidung vermindert die Durchlässigkeit; Mauern aus Luftsteinen mit Luftmörtel verputzt, sind stark durchlässig, um so weniger sind es mit Gipsmörtel gepuzte Flächen. — Anstriche und sonstige Bekleidungen verhalten sich in der Art, daß Kalkfarbenanstrich am wenigsten, Leimfarbe mehr, und Tapeten in noch höherem Maße die Durchlässigkeit vermindern. — Mehrmaliger

1) C. Lang, Über natürliche Ventilation u. s. w. Stuttgart 1877.

2) Bei einem konstant gehaltenen Überdruck von 0,0108 kg pro Quadratcentimeter wurden auf jeden Quadratmeter Fläche des 30 mm dicken Versuchsstückes stündlich diffundiert (vergl. Lang, S. 81):

durch Kalktuffstein . . . . .	28728 Liter Luft,
„ Grünsandstein (bairischen) . . . . .	468 „ „
Künstliche Steine.	
durch Schlackenstein (Hardt) . . . . .	27348 Liter Luft,
„ Ziegel, Hartbrand, Handstein . . . . .	732 „ „
„ „ Schwachbrand . . . . .	312 „ „
„ „ Maschinenstein . . . . .	474 „ „
Bindemittel.	
durch Luftmörtel . . . . .	3264 Liter Luft,
„ Beton . . . . .	930 „ „
„ Portland-Cement, erhärtet . . . . .	492 „ „
„ Gips gegossen . . . . .	146 „ „

Ölfarbenanstrich verhindert die Durchlässigkeit vollständig. — Wasserglasanstrich wird im Laufe der Zeit dichter und bildet einen völligen Porenverschluss.

4) Die Baumaterialien werden durch Befeuchtung für den Luftdurchgang mehr oder minder geschlossen und die Mörtelfugen verlieren dadurch einen großen Teil ihrer sonst bedeutenden Durchlässigkeit.

5) Cement wird nach längerem Aufbewahren im Wasser undurchlässig.

Resumé. Aus diesen Sätzen ergeben sich folgende Regeln für die natürliche Lüftung mittels direkten Luftdurchganges:

Man baue mit porösem Material und nicht zu dicken Frontmauern, verhindere das Aufsteigen der Feuchtigkeit (durch Isolierschichten) und sorge für gutes Austrocknen des Gebäudes. Bei freier Lage des Hauses und starker Temperaturdifferenz kann alsdann eine natürliche Luftverbesserung der Wohnräume erwartet werden. Ob diese, nur auf Permeabilität der Wände beruhende, natürliche Lüftung einen ausreichenden Luftwechsel im Sinne der Hygiene hervorrufen könne, ist durch Versuche festzustellen. Bei unserer Bauart genügt sie, mindestens für städtische Wohngebäude, nicht, und es müssen daher zur Erzielung eines ausgiebigen Luftwechsels im abgeschlossenen Raume an bestimmten Stellen des Zimmers Öffnungen oder Röhren angebracht werden, durch welche die Luft des Raumes mit der äußeren Luft kommunizieren kann.

## B. Lüftung mit Hilfe von Luftleitungen

(Ventilationskanälen).

§ 75.

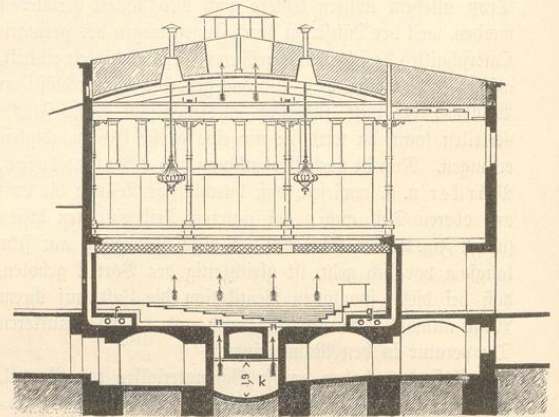
### a) Anlage der Luftleitungen.

**Abzug der verdorbenen Luft.** Der Hauptzweck der Zimmerlüftung ist regelrechte Abführung der verdorbenen Luft; es ist also wünschenswert, sie da abzuleiten, wo sie am stärksten verunreinigt ist. Diese Zone befindet sich im allgemeinen in der Nähe des Zimmerplafonds. Aber solcher Abzug der Zimmerluft unter der Decke ist nicht überall zugänglich, namentlich nicht bei den gewöhnlichen Luftheizungsanlagen, weil in der kalten Jahreszeit auch die Heizluft direkt nach den Abzugsöffnungen strömen würde, ohne vorher die Zimmerluft und die umschließenden Wände durch Kontakt erwärmt zu haben. Jedenfalls aber ist diese Methode da berechtigt, wo die frische und dichtere Luft in der Nähe des Fußbodens einströmt, und wo man die Absicht hat, den Raum durch Luftwechsel auch abzukühlen, wie dies in Theatern und Versammlungssälen

der Fall ist. In derartigen Räumen findet eine sehr bedeutende Wärmeentwicklung der Gasflammen (865 Wärmeinheiten pro Flachbrenner und Stunde), und zwar zum größten Teil erst oberhalb der Sitzreihen, statt; die Produkte des Verbrennungsprozesses müssen daher schnell „nach oben“ abgeführt werden, damit sie nicht in die Atemzone der Zuhörer gelangen und diesen lästig werden können.

Ein Beispiel dieser Art ist die Ventilationseinrichtung im alten Abgeordnetenhaus zu Berlin, Fig. 242.<sup>1)</sup> Die Luft wurde hier durch aerostatischen Druck in die seitlich

Fig. 242.



liegende Dampfluftheizkammer, aus dieser in den Gang k, dann in der Richtung der Pfeile durch eine Anzahl kleiner Schächte n n unter den Saalfußboden getrieben und strömt von hier durch zahlreiche Öffnungen in den Futterbrettern der Stufenabzüge unmittelbar in den Saal. Die in den Schächten aufgehängten Thermometer zeigten beim Lüftungsbetrieb eine gleichmäßige Temperatur von 16 bis 18° R. Die eingeführte warme Luft bewegte sich im Saale senkrecht aufwärts und entwich durch Öffnungen in Deckenoberlicht in den Raum über der Glasdecke, von wo sie durch die Register der Laterne ins Freie gelangte.

Die natürliche Bewegung der Luft „von unten nach oben“ ist auch bei der durch Prof. Dr. Böhm angeordneten Ventilation des neuen Opernhauses in Wien zur Anwendung gekommen. Dieses Gebäude wird von allen Ingenieuren und Hygienisten als ein Muster betrachtet, welches sich der Vollkommenheit bedeutend nähert. Dasselbe ist eingehend besprochen in dem Abschnitt: „Ventilation der Theater“.

1) Entnommen aus E. Häfcke, Ventilation in Verbindung mit Heizung.

**Regeln für die Einführung frischer Luft.**

1) Die eingeführte Luft muß rein sein; sie ist daher von Orten zu entnehmen, welche frei und entfernt von allen Infektionsursachen gelegen sind.

2) Vor dem Eintritt in die Räume ist die Luft vom fortgerissenen Staube zu befreien und im Sommer möglichst abzukühlen. In Spitälern, Versammlungssälen, Theatern u. s. w. sorgt man dafür, daß dieselbe möglichst aus Gärten entnommen werde und läßt sie zwecks Abkühlung einen feinen Regen passieren. — Im Trokadero-palast zu Paris wird die Luft gewöhnlich aus der Höhe (über den Dächern) entnommen, sie kann aber auch aus den Steinbrüchen, unterhalb des Gebäudekellers, zugeleitet werden. Letztere Entnahme gewährt den Vorteil, daß die Lufttemperatur dort sehr konstant, d. h. im Sommer kühler, im Winter wärmer als die atmosphärische Luft ist.

3) Die reine Luft muß mit einer Temperatur in die Lokale gelangen, die wenig von deren Normaltemperatur verschieden ist, und in solcher Höhe, daß sie die in dem Raume befindlichen Personen nicht direkt treffen kann. Wie unbequem partielle Luftströme sind, beweist die Thatsache, daß Einströmungsöffnungen im Fußboden der Theater in der Regel vom Publikum unangenehm empfunden werden. Man kann diesem Uebelstande aber durch einen übergelegten Teppich, der den Luftstrom bricht und zerteilt, abhelfen! (Parlamentshaus in London.)

4) Man legt die Einströmungsöffnungen am besten in solcher Höhe an, daß der schräg aufwärts geleitete Strom, nach der Decke fortgleitend, seine Geschwindigkeit verliert und langsam an der der Ausströmungsöffnung gegenüberliegenden Wand abwärts sinkt.<sup>1)</sup>

5) Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der reinen Luft in dem zu lüftenden Lokale zu erreichen, schlug Morin vor, möglichst viele Austrittsöffnungen anzulegen: „es bietet aber bei mehrgeschossigen Gebäuden meist schon technische Schwierigkeiten, wenn man nur ein bis zwei Ab- und Zuführungskanäle für jeden Raum anlegen will.“

Will man Unzuträglichkeiten aus dem Wege gehen, so mache man die Zuleitungskanäle und deren Mündungen

1) Vergl.: Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Mit Genehmigung desselben veröffentlicht. Berlin 1874. Kommissionsverlag von Beelitz. Die Kommission, welche mit der Untersuchung betraut war, konnte durch kleine, freischwebende Ballons nachweisen, daß der Strom eingeführter Luft sich bei großer Anfangsgeschwindigkeit verbreitert und allmählich langsam werdend in einer parabolischen Linie zur Decke steigt, sich bis zur gegenüberliegenden Wand fortsetzt, hier sich bricht, im unteren Raum verteilt und mit zunehmender Geschwindigkeit seinen Lauf nach der Abzugsöffnung richtet.

möglichst groß und lege letztere wenigstens 2 m hoch über dem Fußboden an. Die Abzugsöffnungen für kalte Luft kommen dann dicht an den Fußboden, und, wenn angänglich, entfernt von den Sigen der Personen zu liegen.

6) Alle Einführungsöffnungen oder die zu denselben führenden Leitungskanäle müssen Abschlußvorrichtungen haben, mittels deren man die Ventilation nach Bedürfnis regeln oder unterbrechen kann. Derartige Regulierungsvorrichtungen sind in § 44 dargestellt und besprochen worden. Eine stellbare Klappeneinrichtung für Dampfregister mit Ventilation enthält Tafel 47.

7) Die Geschwindigkeit der Luft in den Abzugskanälen und das Quantum der zugeführten Luft müssen stets miteinander in solchem Verhältnis stehen, daß die stündlich eingeführte Luftmenge mindestens gleich der, in derselben Zeit dem Lokal entzogenen ist. Major v. Benedictis<sup>1)</sup> verlangte sogar stärkere Luftzufuhr, um den Zug zu vermeiden; denn bei gutem Abzuge im Aspirations-schacht führt der Druck der äußeren Luft leicht einen Nebenzufluß von letzterer in der Weise herbei, daß dieselbe durch alle vorhandenen Zugen und Ritzen eintritt, wenn nicht reichliche Zuströmung durch die Zuführungskanäle stattfindet.<sup>2)</sup> Es ist andererseits denkbar, daß infolge des aerostatischen Druckes die verdorbene Luft teilweise in den Raum zurückfließen kann, Uebelstände, welche wir schon bei den Heizkaminen kennen gelernt haben. Es ist aber Aufgabe des Technikers, Sorge zu tragen, daß weder schädlicher Zug, noch konträre Strömungen stattfinden können, daß also die Ventilation ohne Belästigung der Zimmerinsassen vor sich geht.

**Querschnitt der Ventilationskanäle.** Derselbe ist abhängig von der Ausflußgeschwindigkeit der Luft, welche ihrerseits wieder eine Funktion ist von dem Höhenunterschied  $H$  der Luftein- und Ausflußöffnungen, von den Temperaturen  $T$  und  $t$  an der unteren resp. oberen Ausflußöffnung und den gesamten Bewegungswiderständen. Die theoretische Ausströmungsgeschwindigkeit drückt sich aus durch die Formel:

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

Von dem gefundenen Wert ist (wegen Stauung und Reibung in den Röhren) nur die Hälfte, und bei kurzen Kanälen drei Viertel zu nehmen.

Ist die Geschwindigkeit in jedem besonderen Fall ermittelt, so findet man den Querschnitt der Kanäle in Quadratmetern, indem man das den betreffenden Räumen

1) Sulla ventilazione naturale etc., pag. 17.

2) Morin beobachtete, daß bei den besseren Pulsionseinrichtungen in der Regel nur 30 Proz. der eingetriebenen frischen Luft am Bestimmungsorte anlangen. Etudes sur la Ventilation, I., pag. 369.

stündlich zuzuführende Luftquantum  $Q$  durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeitdauer dividiert, d. h. es ist der Kanalquerschnitt

$$F = \frac{Q}{3600 v} \quad 1)$$

Näherungsformeln. Für geringe Temperaturdifferenzen kann die Formel

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

zu annähernder Berechnung vereinfacht werden. Ist z. B.  $T = 20^\circ$  und  $t = 19^\circ$ , also  $T - t = 1^\circ$ , so ist

$$v = \sqrt{\frac{2 g H \cdot 1}{273+19}} = 0,259 \sqrt{H} = \text{rot. } \frac{1}{4} \sqrt{H},$$

also für kurze Kanäle:

$$v = \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} \sqrt{H} = \frac{3}{16} \sqrt{H},$$

oder unter günstigen Verhältnissen:

$$v = \frac{1}{6} \sqrt{H} = 0,2 \sqrt{H}.$$

Beispiel. Der zu ventilierende Raum hat 120 cbm Inhalt; ein Kanal dicht unter der Decke dient zur Zuführung frischer Luft, und ein Kanal dicht am Fußboden führt die verdorbene Luft direkt ins Freie. Wegen der kurzen Kanäle ist  $v = 0,2 \sqrt{H}$ , und für einen vertikalen Abstand der Ausströmungsöffnungen von 4 m ist  $H = 4$ , also

$$v = 0,2 \sqrt{4} = 0,4 \text{ m pro Sekunde.}$$

Da die Luftgeschwindigkeiten unter sonst gleichen Verhältnissen wachsen, wie die Quadratwurzeln aus den Temperaturdifferenzen, so hat man nur für  $4^\circ$ ,  $9^\circ$ ,  $16^\circ$ ,  $25^\circ$  Temperaturdifferenz die Geschwindigkeit  $v = 0,4$  m zu multiplizieren mit 2, 3, 4, 5.

Die Zeit, innerhalb welcher die Luft des Raumes gegen äußere Luft umgetauscht wird, sei bezeichnet mit  $z$ ,

dann ist nach Gleichung (2) § 44  $z = \frac{Q}{v \cdot F}$ , also im

vorliegenden Beispiel  $z = \frac{120}{0,4 \cdot F}$ .

Der Querschnitt  $F$  der Ventilationskanäle sei 0,12 qm, man hat daher

$z = \frac{120}{0,4 \cdot 0,12} = 2500$  Sekunden = 41 Minuten 40 Sekunden bei  $1^\circ$  Temperaturdifferenz. Für  $16^\circ$  Temperaturdifferenz findet man:

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

1) Diese Formel würde gültig sein für gewöhnliche Luftheizung und für kombinierte Heizsysteme (Dampfwasser- oder Dampf- und Luft-heizung).

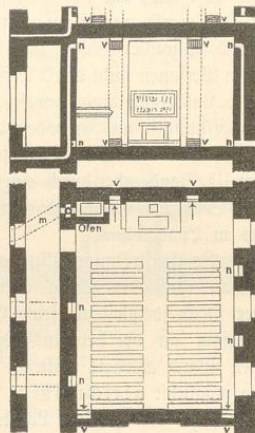
Wird die Luft durch Maschinen eingetrieben, so findet ein noch näher zu besprechender Modus der Berechnung statt.

d. h. es kann die Luft des Raumes in der Stunde sechs mal erneuert werden, wenn bei  $20^\circ$  Zimmertemperatur die äußere Luft  $+4^\circ$  C. hat. Die Luftausströmungsöffnungen erhalten 30 und 40 cm Seitenabmessung. Als Druckhöhe  $H$  ist die vertikale Entfernung der Mittelpunkte beider Kanalöffnungen anzunehmen.

Der Luftwechsel kann jedoch dadurch erheblich beschleunigt werden, daß man die reine Luft von größerer Höhe (etwa vom Dach) herabführt und die verunreinigte Luft des Raumes bis zum Keller hinunterleitet, denn die theoretische Abzugsgeschwindigkeit wächst mit zunehmender Druckhöhe.

Anwendungen. Auf der Verschiedenheit der Lufttemperatur eines Raumes gegen diejenige der Atmosphäre beruht das von Prof. Dr. Böhm in Wien angewendete System der natürlichen Lüftung. Fig. 243 zeigt

Fig. 243.



in Grundriß und Durchchnitt die Anordnung eines Schulsaales für 90 Knaben. Vier Kanäle  $v v$ , welche am Fußboden und an der Decke Einströmungsöffnungen haben, dienen zur Abführung der verdorbenen Luft und sind zu diesem Zwecke bis über Dachhöhe hinausgeführt. Ist nun die Luft im Schulzimmer wärmer als die äußere Luft, so strömt erstere durch die Kanäle  $v$  ins Freie, und in dem Maße, wie sie abströmt, wird reine Luft durch die Kanäle  $n n$ , welche mit der äußeren Luft kommunizieren, eingeführt. Gewöhnlich sind die Öffnungen  $n$  am Fußboden geschlossen, damit die einströmende Luft nicht den davor Sitzenden lästig falle. Dagegen sind die Kanäle  $v v$  stets unten geöffnet, damit die frische Luft den Raum von oben nach unten durchziehen kann, ehe sie entweicht.

Wenn der Winddruck auf der einen Umfassungswand steht, dann wird die frische Luft in den betreffenden Öffnungen dieser Wand eingetrieben und die entgegengesetzten

Kanäle wirken saugend, d. h. als Abströmungskanäle. Die Richtung und Stärke der Luftströmung wird durch in den Kanälen eingesezte Anemometer, deren Zeiger innerhalb des zu lüftenden Raumes sichtbar sind, angezeigt; je nach der Richtung der Strömungen werden die Ventilationsklappen geöffnet und geschlossen.

Im Winter strömt die Zimmerluft — veranlaßt durch die starke Temperaturdifferenz — schnell durch die Kanäle *v v* ab; frische Luft würde erheblichen Zug verursachen, wenn man sie durch die Kanäle *n n* eintreten lassen wollte. Zu diesem Zwecke ist ein Kanal *m* vorhanden, der die frische Luft nach dem Mantelofen führt, aus dessen Zwischenraum sie erwärmt ins Zimmer tritt.

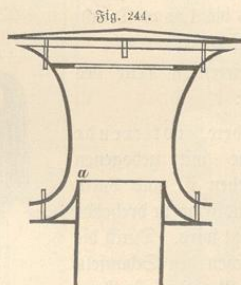
Anm. Man muß in allen derartigen Fällen die Luftströmungen benutzen, wie sie sich, durch Lufttemperatur und Wind veranlaßt, gestalten: künstliche Ventilationsströme kann man bei dieser Methode nicht hervorrufen, aber man kann sie mildern resp. regulieren.

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

Wie im letztbesprochenen Falle durch bloße Temperaturdifferenz, so kann auch durch die Benutzung des Windes Ventilation erzeugt werden, und zwar wird entweder von der saugenden oder der pressenden Kraft des Windes Gebrauch gemacht. Apparate, welche zu ersterem Zwecke benutzt werden, sind:

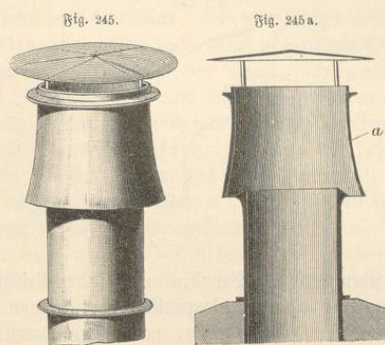
Der Wolpert'sche Rauch- und Luftsauger.

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

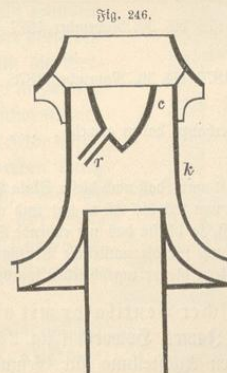


ein nach oben ausgeschweifter trichterförmiger Mantel sich befindet, der die über ihm im kurzem Abstände befindliche Decke trägt. Der ringförmige Einströmungsquerschnitt ist hierbei gleich dem Querschnitt des Rauchrohres. Die neuere bedeutend vereinfachte Konstruktion zeigt Fig. 245 und 245<sup>a</sup>. Der zwischen der Deckplatte und dem Saugkeffel hindurchströmende Wind reißt Luft aus dem Kessel

an sich, bewirkt dadurch Luftverdünnung und demzufolge Abzug der Ventilationsluft aus dem Rohre, resp. dem damit kommunizierenden Raume.

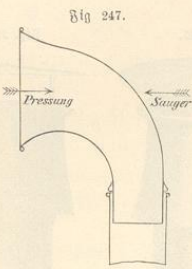


Auf diesem Prinzip beruht auch der Deflektor von Windhaufen und Büßing (Fig. 246). Die obere Decke des Saugers wird ersetzt durch einen oben offenen, hohlen Kegel mit konvergem Mantel, von dem ein kleines Rohr *r* zur Abführung des Regenwassers ausgeht.



Wie die saugende Kraft von Luftströmen — durch Deflektoren auf dem First des Daches unterstützt — zur Abführung der Ventilationsluft aus dem Bodenraum eines Hauses mit Vorteil benutzt werden kann, veranschaulicht Tafel 28. Will man andererseits die pressende Wirkung des Windes benutzen, so ist der Windhut um seine vertikale Achse drehbar zu gestalten, damit er sich selbst (mittels einer Fahne) in die Windrichtung einstellt, die Luftströme aufnimmt und diese abwärts leitet, um sie (nach einigem Verlust an lebendiger Kraft) an geeigneter Stelle in den Raum eintreten zu lassen. Derartige Windhüte, Fig. 247,

werden auf Schiffen und Eisenbahnwagen zur Lüftung verwendet. Für Gebäude verwendet man dagegen in der Regel nur feststehende Hauben.



**Firstventilation.** Bei den nach dem Prinzip der Baracken angelegten Krankenpavillons bedient man sich im Sommer einer sehr wirksamen, natürlichen Sauglüftung, nämlich der sogenannten Firstventilation. Zu dem Ende wird ein in der ganzen Länge des Daches hinlaufender „Dachreiter“<sup>1)</sup> durch seitliche Klappen nach

außen abschließbar gemacht. Dadurch ist man im Stande, unter gleichzeitigem Öffnen einiger oberen Fensterflügel die Lüfterneuerung beliebig zu steigern, wobei in Betracht kommt, daß jeder schwache Wind eine absaugende Wirkung auf die Firstöffnung ausübt, weil er, von seiner Richtung abgelenkt, durch die gegenüberliegenden Öffnungen der Laterne hindurchbläst und die obere Luftschicht mit sich fortreibt. — Mit Beginn der Heizperiode wird die Firstventilation eingestellt und die Klappen des Dachreiters werden geschlossen.

Leider ist der Wind kein konstanter Motor, so daß man nur in bestimmten Fällen die Lüftung ausschließlich von ihm abhängig machen kann; aber er kann fast immer zur Unterstützung dienen, wo Lüftung durch Temperaturdifferenz eingeführt ist, weil nur an wenigen Tagen des Jahres effektive Windstille herrscht, und selbst in unseren Breiten gewisse vorherrschende Windrichtungen und Windstärken mit großer Regelmäßigkeit auftreten, wie nachstehende Beobachtungen des statistischen Bureaus in Berlin ergeben.

Zeit	Winter			Frühjahr			Sommer			Herbst			Vorherrschende Windrichtung
	Stärke des Windes												
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	
Vom 1. Dezember 1876 bis 30. November 1877	87	15	2	59	15	1	56	28	2	112	23	1	Süd Süd-West
Vom 1. Dezember 1877 bis 30. November 1878	30	10	0	43	7	0	25	34	9	30	13	5	Süd Süd-West
Vom 1. Dezember 1877 bis 30. November 1878	85	14	2	63	9	1	69	11	0	97	36	0	Süd Süd-West
Zum Jahre 1878 überhaupt haben geweht . . .	31	11	4	23	21	2	38	15	1	28	1	0	
	213	50	7	191	77	8	213	62	1	216	56	1	

Anm. Bedenkt man, daß nach dieser Scala Wind erster Stärke eine Geschwindigkeit von 0,5 bis 2,5 m hat und absolute Windstille fast nie beobachtet ist, so dürfte das nie ruhende Spiel der Luft doch eine größere Bedeutung für die natürliche Ventilation beanspruchen, als ihm von Technikern bisher zugeschrieben worden ist.

Automatischer Ventilator mit archimedischer Schraube von James Howorth (Fig. 248). Diese auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitslehre und Krankenpflege zu Brüssel prämierten Ventilatoren bestehen aus unoxydierbarem, galvanisiertem Eisen mit Firnisüberzug, funktionieren geräuschlos, auch mit großer Regelmäßigkeit und werden als Aufsätze für Ventilationschloten von runder, viereckiger oder oblonger Basis, aber auch in Laternenform (für tramways und Eisenbahnwagen) konstruiert und

1) Die Wirksamkeit der Dachreiter ist vielfach angezweifelt worden, so von Alexander Huber in Köln (vergl. Nr. 9 der Bau-gewerks-Zeitung vom 1. Februar 1893), derselbe weist nach, daß erfahrungsmäßig in geschlossenen, mit Dachreitern versehenen Räumen an heißen, windstillen Tagen eine unerträgliche Hitze herrscht, während an kühlen, windigen Tagen die Zuzäßen durch Zug belästigt werden.

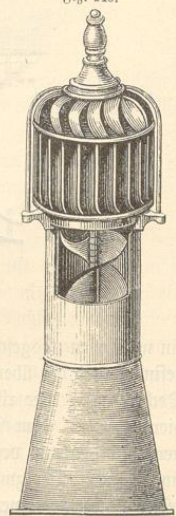
kommen in verschiedenen Dimensionen, von 0,15 bis 1,22 m Durchmesser, in den Handel.

Die integrierenden Teile des Apparates sind:

a) Die obere, rotierende Kappe, welche mit gebogenen Schaufeln versehen ist und durch den leisesten Windstrom in drehende Bewegung versetzt wird. Durch die Öffnungen zwischen den Schaufeln findet bei jeder Rotation ein Ausströmen der verdorbenen Luft des Ventilationschlotes statt.

b) Die archimedische Schraube, mit der Kappe durch eine Spindel verbunden, bewirkt bei der Drehung einen starken, ununterbrochenen, nach oben gehenden

Fig. 248.



Luftstrom, verhindert auch das Eindringen kalter Luft und macht nach unten gehende Luftbewegungen unmöglich.

e) Die innerhalb angebrachte Schmiervorrichtung bewirkt einen vollkommenen geräuschlosen Gang derselben.

### C. Künstliche Ventilation.

§ 76.

#### Ventilation durch die Wärme.

Bei diesem System findet der Abzug der auszutreibenden Luft infolge der saugenden Wirkung eines Ventilationschlotes (cheminée d'appel) statt. — In diesem Schlothe wird die verdorbene Luft künstlich erwärmt und dadurch ein starker Temperaturunterschied geschaffen, welcher die Luftbewegung fördert. Um dies mit möglichst geringen Kosten zu bewerkstelligen, sucht man im Winter die anderweitig nicht nutzbare Wärme der

Fig. 249.

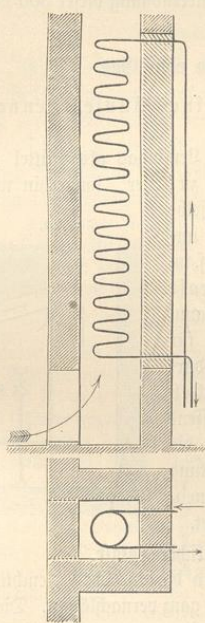
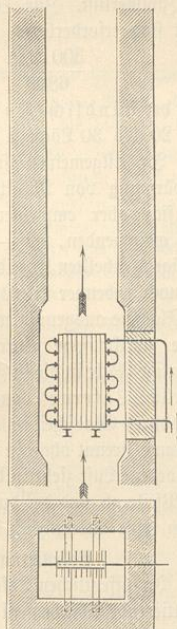


Fig. 250.



Verbrennungsprodukte zu sammeln und zur Erwärmung eines Saugeschachtes zu verwenden, so die Wärme des abgehenden Rauches von Öfen, Kalorifären, Kesseln. Man läßt dann gewöhnlich den Rauch durch ein in der Mitte des Schlotes aufsteigendes Metall-

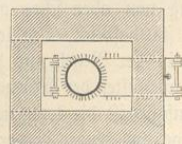
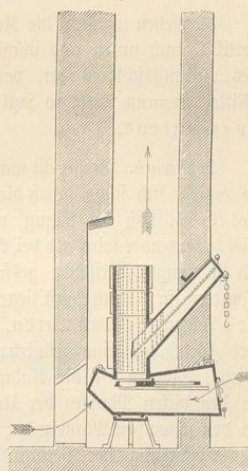
rohr (wie Tafel 46 zeigt) entweichen; dieses giebt die empfangene Wärme an die Luft im Saugeschacht ab und wirkt dadurch luftverdünnend, also „sugend“. Das Rauchrohr wird gewöhnlich höher geführt als die Mündung des Aspirationschornsteins, und beide Rohre werden mit Deflektoren versehen, damit abwärts gerichtete Windstöße die verdorbene Luft und den Rauch nicht zurücktreiben können. Wo letzteres nicht angänglich, können zur Erwärmung des Schlotes auch indirekte Wärmequellen dienen, so Dampf- oder Wasserheizröhren mit hohem und niederem Druck, Rippenregister, welche mit Wasser oder Dampf erwärmt werden u. s. w. Fig. 249 stellt eine zu diesem Zweck dienende Heizwasserspirale dar; die verdorbene Luft tritt in der Richtung des Pfeiles ein. — Fig. 250 stellt ein durch Dampf erwärmtes Rippenregister, wie solche in Ventilationschlotten Aufstellung finden, dar.

Wenn endlich im Sommer jede Heizung ruht, kann für Tage gänzlicher Windstille der Luftaustausch durch Aufstellung eines Füllofens im Heizraum gesorgt werden (Fig. 251); das sechs bis acht Stunden vorhaltende Feuer desselben genügt dann, um die Verdünnung der Luft im Mantel des Aspirationschornsteins zu bewirken. Derselbe Effekt kann erreicht werden durch Gasflammen, welche konstant in der Abzugsleitung brennen. Man benutzt dazu Bunsensche Brenner.

Ähnlich wie die Schüttöfen wirken offene Heizkamine. Bei träger Luftbewegung und an nebligen Tagen bewirken dieselben eine sehr energische Ventilation und bieten im Herbst und Frühjahr die große Annehmlichkeit der strahlenden Wärme.

Die sogenannten *Lodfeuer*, welche wir in § 49 kennen lernten und die nur für einzelne Tagesstunden in Brand gehalten werden, gehören endlich ebenfalls unter die Zug erzeugenden Mittel.

Fig. 251.



### Methoden des Luftabzuges.

Die zur Erwärmung eines Lüftungsschlotes benutzte Wärmequelle kann sich nun entweder über, im Niveau oder unter den Luftabzugsmündungen des zu lüftenden Raumes befinden, und danach unterscheidet man drei Arten des Luftabzuges.

1) Liegt die Wärmequelle im höchsten Teile des Gebäudes, steigen die Abzugskanäle vertikal bis zum horizontalen Sammelkanal empor, der sie in den Lüftungsschlot einführt, und befindet sich auf dieser Höhe die Wärmequelle (sei dies nun ein Lockfeuer, Register oder Flammenkranz), so sagt man: der Abzug geschieht „von oben“.

2) Wird die abziehende Luft im Niveau des Lokales durch irgend welche Wärmequelle erhitzt und dann horizontal nach dem Lüftungsschlotte gezogen oder ins Freie geleitet, so nennt man dies „Abzug au niveau“.

3) Gehen endlich die Kanäle von den Mündungen vertikal nach unten und münden dort am Fuße (Grunde) des Lüftungsschlotes ein, der durch eines der genannten Mittel erwärmt wird, so sagt man: der Abzug geschieht „von unten“.

Resumé. Vergleicht man diese drei Absaugemethoden, so ergibt sich schon durch bloße Betrachtung der Formel I des § 44, daß bei Abzug von unten die Druckhöhe  $H$  viel bedeutender wird als bei Abzug von oben, obwohl auch die Reibungswiderstände größer werden und der Weg ein längerer ist. Auch sonst liegen die Vorteile auf Seite des Abzuges von unten, weil dadurch in allen Teilen des Gebäudes eine gleichmäßigere Lüftung erreicht wird. Sodann ist die Anlage von Luftleitungen leichter in den dicken Mauern der Untergeschosse zu bewirken als in den schwachen Mauern der Obergeschosse. Endlich kann zur Absaugung der verbrauchten Luft vielfach die überschüssige Wärme der Heizanlagen benutzt werden, was bei Abzug von oben schon aus Rücksichten der Feuergefährlichkeit nicht statthaft ist. Im letztgenannten Falle kann man die Luft in der Regel nur durch Wasser- oder Dampfrohre, also auf Kosten der Wärmeproduktion des Systemes erhitzen. Jedenfalls ist die letztgenannte Methode kostspieliger in der Anlage und teurer in der Bedienung.

Nur da, wo das zu lüftende Lokal durch eine große Menge Gasflammen erleuchtet wird, muß der Abzug von oben jedem anderen vorgezogen werden, weil die durch Flammen verunreinigte und erhitzte Luft nicht in die Atmungsphäre der Menschen hinabgeführt werden kann. In diesem Falle ist der Motor der Ventilation bereits in der durch die Gasflammen erzeugten Wärmemenge gegeben.

### Absaugende Wirkung der Gasflammen.

Bei kleineren Lüftungsanlagen erreicht man einen nennenswerten Effekt schon durch einige Bunsen'sche Brenner, welche konstant in der Abzugsleitung oder im Lüftungsschlot brennen. Räume, welche nur zeitweise und nicht von zu vielen Menschen benutzt werden, kann man auf diese Weise während der Sommermonate durch ein bis zwei Flammen, welche im Ventilationsrohre brennen, ohne erhebliche Kosten lüften. Soll z. B. ein Raum für fünfzehn Personen mit je 20 cbm stündlichem Ventilationsbedarf entlüftet werden, so sind stündlich 300 cbm Luft abzuführen. Da jedes Liter Leuchtgas bei der Verbrennung etwa 6,8 Wärmeeinheiten erzeugt, so entfallen auf einen Kubikmeter Leuchtgas 6800 Wärmeeinheiten.

Soll dieses Luftquantum um  $10^\circ$  in der Temperatur erhöht werden, so sind — wenn von der durch die fünfzehn Personen erzeugten Wärme vorerst abgesehen wird — nötig:

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

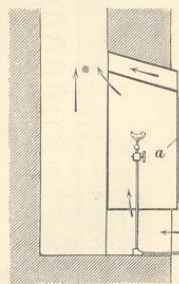
In der Regel genügt nun eine Temperaturerhöhung der Luft des Aspirations-schachtes um  $10^\circ$  C. zur Absaugung der Zimmerluft. Zur Temperaturerhöhung dieser 300 cbm Luft sind erforderlich:

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

d. i. der stündliche Konsum eines Bunsenbrenners mit 20 bis 30 Löchern.

Im allgemeinen ist zwar Leuchtgas als Mittel zur Erwärmung von Abluftkanälen zu teuer, immerhin wird es sich aber empfehlen, dasselbe dort anzuwenden, wo — wie in ungenügend erhellten Korridoren u. i. w. — noch nebenher die Leuchtkraft der Flamme ausgenutzt werden kann. Eine zweckmäßige Vorrichtung für derartige Fälle ist die in Fig. 252 dargestellte „Latene“ von Rietschel. Die durch Glas-scheiben umschlossene Flamme brennt ohne zu flackern, die verdorbene Luft zieht in der Richtung der Pfeile ab und der dunkle Innenraum wird ausreichend beleuchtet.

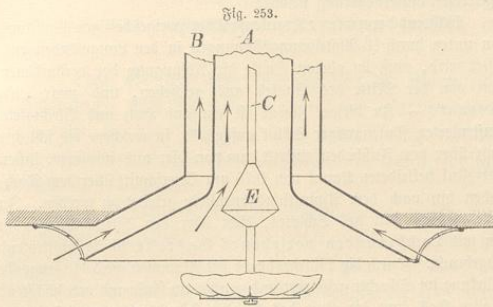
Fig. 252.



### Beleuchtung öffentlicher Lokale.

In öffentlichen Lokalen wird die aus der Beleuchtung resultierende Wärmequelle häufig ganz vernachlässigt. Die in großer Anzahl vorhandenen Gasflammen erhöhen hier die Temperatur in unerträglicher Weise. Wenn nun dafür gesorgt wird, daß diese Verbrennungsprodukte, ehe sie sich mit der Zimmerluft mischen, in besonderen Kanälen abgeführt werden, so wird dadurch die Temperatur des Lokales gemäßigt und die lästige, schädliche Wärme zur Absaugung der verdorbenen Zimmerluft benutzt.

Der sogenannte „**Sonnenbrenner**“ (Fig. 253) ist ein solcher Lüftungs- und Beleuchtungsapparat; derselbe dient zur direkten Ableitung der Verbrennungsprodukte, welche der Kronleuchter erzeugt. Letzterer ist daher dicht unter dem Plafond des Saales angebracht. Der innere Metalltrichter mit anschließendem Abführungsröhre A nimmt die Verbrennungsgase und einen Teil der Luft auf, der übrige Teil der verdorbenen und erhitzten Saal-luft entweicht durch den äußeren Schacht B; die Gas-zuführung erfolgt durch das Rohr C.



Ein Nachteil der Sonnenbrenner ist hervorzuheben: er besteht in dem starken Gaskonsum, welcher durch die große Entfernung der Lichtquelle, die hier dicht an der Decke plaziert ist, veranlaßt wird. Neuerdings ist durch Anwendung der elektrischen Beleuchtung die Anwendung von Sonnenbrennern erheblich eingeschränkt worden.

Anm. Die saugende Wirkung eines Sonnenbrenners läßt sich ohne Schwierigkeit bestimmen. Man kann mit 1 cbm Gas 600 cbm Luft abfangen; wenn daher der in Betracht gezogene Saal 1000 cbm enthält und diese stündlich dreimal erneuert werden sollen, dann sind  $3000 = 5$  cbm Gas per Stunde erforderlich. Der stündliche Gasverbrauch einer Normalgasflamme ist 0,15 cbm; es sind daher 33 Argandflammen nötig, welche stündlich einen Kostenaufwand von  $5 \times 16 \text{ Pf.} = 80$  Pfennig verursachen.

Welche ungeheurere Wirkungen durch die Wärme der Gasflammen erzeugt werden können, wurde in der Großen Oper zu Paris festgestellt, wo früher durch die Lüfteröffnung allein stündlich 100 000 cbm Luft entwichen. Morin schlug vor, die Decke ganz zu schließen, sie durchsichtig zu machen und die Beleuchtung über der Decke anzubringen, um die Verunreinigung der Luft durch Kohlen-säure zu beheben; diese Grundzüge wurden auch bei Einrichtung der Ventilationsanlagen im Theatre Lyrique zu Paris von ihm zur Anwendung gebracht. Die verdorbene Luft wird hier an der Stelle abgeführt, wo sie erzeugt wird, nämlich in der Nähe der Logen und des Parketts durch besondere vergitterte Öffnungen in der Logenrückwand. Zur Einführung frischer Luft dienen die Deckengefenster, so daß Luftbewegung „von oben nach unten“ stattfindet.

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

Breymann, Baukonstruktionslehre. IV. Vierte Auflage.

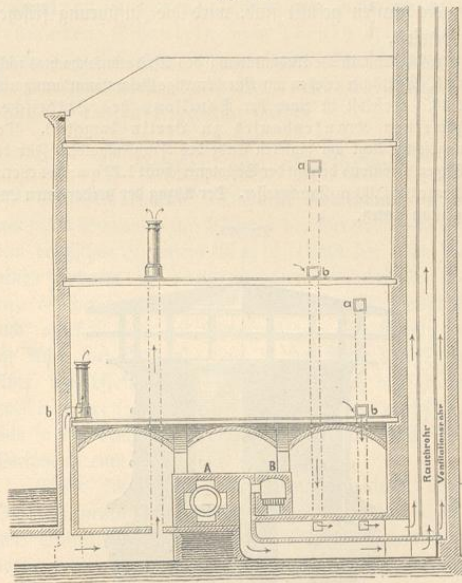
Verammlungssälen bewährt, wo sich die Logen hinreichend entfernt von dem Glasplafond befinden. Vergl. provisorisches Reichstagsgebäude zu Berlin. (Tafel 50.) „Anwendungen“.

Auch der große Hörsaal des physiologischen Institutes zu Berlin, dargestellt auf Tafel 46, ist mit Beleuchtung oberhalb der Decke versehen worden.

§ 77.

Nach eingehender Erörterung der Methoden, welche bei der Sauglüftung durch Wärme zur Anwendung kommen können, ist noch die Zeichnung einer derartigen Anlage hier vorzuführen. Als Beispiel geben wir die in Fig. 254 dargestellte Lüftung einer Berliner Schule, deren Klassenzimmer durch Niederdruckwasserheizung erwärmt werden. Der Abzug geschieht „von unten“.

Fig. 254.



Im Winter wird die frische Luft aus dem unter der Kellersohle links eintretenden „Kanal für frische Luft“ angefangt und strömt erwärmt in die Räume ein. Die Abfangung der verbrauchten Luft erfolgt durch am Fußboden befindliche Öffnungen b b, und zwar abwärts in der Richtung der Pfeile und — nachdem der horizontale Kanal passiert worden ist — direkt in den vertikalen Entlüftungsschacht, in dessen Mitte das eiserne Rauchrohr aufsteigt. Dieses nimmt die Verbrennungsprodukte der Kesselfeuerung A auf, erwärmt dadurch die abzufangende Luft und zwingt dieselbe zum Aufsteigen.

Im Sommer wird die Lüftung durch das Lockfeuer B bewerkstelligt. Von dem Kofst desselben ziehen die

Verbrennungsprodukte links abwärts in den Fuchs der Roffelfeuerung und in das eiserne Rauchrohr, wobei der Effekt derselbe bleibt wie im ersten Falle, nur mit dem Unterschiede: daß die verdorbene Luft der Zimmer nicht unterhalb bei *b*, sondern durch die oberen Öffnungen *a* abgelaugt wird. Damit aber nicht beide Verschlusklappen gleichzeitig offen sein können, ist die Vorrichtung so getroffen, daß die obere Klappe sich schließt, wenn die untere geöffnet wird und umgekehrt. Die frische Luft tritt im Sommer auf demselben Wege wie vorher — nämlich durch die (nicht erwärmten) Öfen — in die Klassenzimmer ein. Im Unterfuß der Öfen sind Klappen angebracht, durch welche die Zuströmung frischer Luft geregelt oder ganz abgestellt werden kann. Diese Cirkulationsheizung findet nur vor Beginn des Unterrichtes statt und erst dann, wenn die Klassen gefüllt sind, wird die Zuführung frischer Luft bewirkt.

In Fig. 254 ist die Ausmündung des Aspirationschachtes nicht ersichtlich. Deutlicher ersehen wir eine derartige Gesamtanordnung aus Tafel 48. Dasselbst ist einer der Pavillons des Städtischen Allgemeinen Krankenhauses zu Berlin dargestellt. Der Lüftungschlot liegt am hinteren Ende des Krankensaales. Für die einstöckigen Pavillons beträgt der Schlotquerschnitt 1,12 qm; das eiserne Rauchrohr hat 0,60 m Durchmesser. Der Abzug der verdorbenen Luft erfolgt von unten.

Fig. 255.

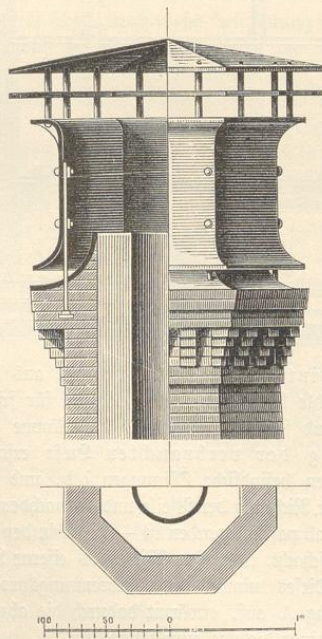


Fig. 255 stellt die Ausmündung des Lüftungschlotes mit seinem aus gußeisernen Platten zusammengeschrubten Aufsatz,

welcher sich auf Stehholzen über der in Form eines Viertelkreises gestalteten Grundplatte erhebt, dar. Die Wirkung desselben ist eine über Erwarten günstige<sup>1)</sup> und die Ventilation so kräftig, daß zur Verminderung resp. Regulierung der abströmenden Luftmengen die Anbringung einer Droffellappe vor der Schlotöffnung notwendig wurde; die Stellung dieser Klappe erfolgt vom Saale aus. Zu dem Zwecke wurde im Schlot ein einfacher Indikator (Fig. 271 u. 272) eingeschaltet, dessen im Saale sichtbarer Zeiger an einer Kreisteilung die Luftgeschwindigkeit anzeigt und so den Anhalt für das Öffnen oder Schließen der Droffellappe bietet. In der Periode, wo die Heizung ruht, wird an windstillen Tagen der im Heizraum angebrachte Schüttlofen sechs bis acht Stunden geheizt und dadurch regelrechte Lufterneuerung bewirkt.

Während der untere Krankensaal der zweigeschossigen Pavillons von unten durch 16 Abströmungsöffnungen in den Langwänden entlüftet wird, muß im oberen Saale die Abführung der verdorbenen Luft von der Mitte des Saales aus geschehen, und zwar „au niveau“. — Zu diesem Zwecke ist ein aus Holz und Blechblechen konstruierter, säulenartiger Schlot aufgestellt, in welchem die schlechte Luft über dem Fußboden eintritt, um von hier aus in einem, innen mit Zink bekleideten Kanal von 0,75 qm Querschnitt über dem Dachboden hin nach dem Aspirationschornstein geleitet zu werden. In dem unteren Teil des Schlotes, dicht über den Gitteröffnungen ist ein mit Lochbrennern versehenes Gasrohr schräg aufsteigend angebracht. Durch die Wärmeabgabe der Flammen wird die saugende Wirkung im Schachte gesteigert und genügt ein Aufwand von höchstens 1 cbm Gas, um die Luft des Saales stündlich einmal zu erneuern. Sobald die äußere Luft jedoch auf 8° gesunken ist und die innere Luft 19° C. hat, unterbleibt die besondere Erwärmung des Schlotes; dasselbe wird eintreten, wenn im Sommer die Klappen der Firtventilation geöffnet werden können.

Ein Beispiel für den Abzug von oben ist bereits in Fig. 242 gegeben worden (Sitzungssaal des Hauses der Abgeordneten zu Berlin), andere Beispiele bieten verschiedene neuere Theater und Versammlungssäle, welche in den „Anwendungen“ eingehend besprochen werden.

Im Krankenhause des Strafgefängnisses in Plözensee bei Berlin war neben den älteren, bekannten Lüftungssystemen auch die **Scharath'sche Porenventilation** versuchsweise für zwei Säle zur Anwendung gekommen. Da für dieses Gebäude genaue Messungen über den mechanischen Effekt der Ventilation stattgefunden haben, sind wir in der Lage, darüber nachstehende Mitteilungen zu machen.<sup>2)</sup>

Anlage der Luftzuführungen. Nach den beiden Sälen im Erdgeschoss (Mittelbau), welche mit Porenventilation versehen sind, wurden zwei Kanäle von zusammen 0,189 qm Querschnitt von den Heizkammern bis auf 2,0 m Höhe direkt aufwärts und dann in den Scheidewänden unter Beibehaltung derselben Querschnittsfläche horizontal entlang geführt. Von diesen horizontalen Kanälen führen vertikal abwärts Zweigkanäle mit quadratischem Querschnitt nach größeren Maueröffnungen in den Scheidewänden, je 85 cm breit, 125 cm hoch, dieselben bilden an ihrer zimmerseitigen Begrenzung die

1) Vergl. den Bericht über Heiz- und Ventilationsproben im Berliner Kommunablatt, Beilage XVII zu Nr. 28, Jahrg. 1870.

2) Wir benutzen dabei die durch das Königl. Preussische Justizministerium bei Gelegenheit der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege u. s. w. in Brüssel herausgegebenen „Erläuterungen“. Berlin (R. v. Decker).

jogenannten Porenfelder und beginnen unmittelbar über dem Fußboden. Die Porenfelder wurden aus segetuchähnlichem Baumwollentstoff hergestellt, der über Holzrahmen gespannt und fensterartig in die zugehörigen Wandnischen eingefügt ist. Für die Zuleitung der Luft nach den einzelnen Porenfeldern waren Regulierungsvorrichtungen vorhanden.

Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgte durch den Schlitze eines an der Decke befestigten hölzernen Kastens, welcher dieselbe den gemauerten Abzugschloten zuführt; die Breite des Schlitzes konnte reguliert werden. Sämtliche Abzugskanäle vereinigten sich im Dachboden und mündeten — nur durch eine Blechwand von den benachbarten Rauchröhren getrennt — mit diesen über Dach aus.

Die vor den Porenfeldern angestellten anemometrischen Messungen und Temperaturbeobachtungen ergaben als Resultat:

1) Daß die aus den Zweigkanälen der Porenfelder ausströmende Luft durchweg geringere Temperatur hatte als in den übrigen, mit Drucklüftung (System „van Hecke“) versehenen Krankenzimmern, welche konstant 20 bis 22° C. zeigten;

2) bei Benutzung derselben Ventilatoren, welche auch den übrigen Räumen die frische Luft zuführen, stellte sich ein geringerer Effekt<sup>1)</sup> als bei letzteren heraus, obwohl bei der Anlage genau nach Scharrath's Ideen verfahren wurde;

3) das Austreten der Luft fand vorzugsweise nur im oberen Teile der Porengewebe statt, und bei ihrer geringeren Ausströmungsgeschwindigkeit stieg dieselbe schon in kurzer Entfernung vom Porenfelde zur Decke, wo sie sich erst nach erfolgter Abkühlung zu Boden senkte;

4) Anlage- und Betriebskosten berechnen sich bei Porenventilation wegen der notwendig werdenden starken Wände und der stärkeren Triebkraft teurer als bei gewöhnlicher Luftheizung;

5) die gewöhnliche Drucklüftung bietet daher bei erheblich billigeren Anlagekosten alle die Vorzüge dar, welche von dem Erfinder der Porenventilation in Aussicht gestellt worden waren.

## § 78.

**Künstliche Lüftung durch Maschinen.**

Von dieser Methode der Lüftung wird gewöhnlich nur bei größeren öffentlichen und Privatgebäuden, insbesondere für Theater, Versammlungssäle, Spitäler, Gefängnisse und für Fabriken, in denen Dämpfe und Ausdünstungen sich entwickeln, welche eine schnelle Beseitigung erfordern, Gebrauch gemacht.

1) Die Widerstände der Luft werden nämlich durch das Gewebe der Porenfelder in hohem Grade verstärkt. Bei einer Vermehrung der Tourenzahl der Maschine um 17 Proz. wurde nur eine Effekterhöhung von 6 Proz. erreicht. Ein zweites Hindernis des unvollkommenen Effektes ist die starke Reibung in den verzweigten Kanälen.

Auch hier vereinigt man die Luftabzugskanäle in einem allgemeinen Schlothe, an dessen Mündung etwa ein Saugventilator ansetzt, der durch Wasser- oder Dampfkraft bewegt wird. Nebenher läßt sich die Wirkung desselben durch Temperaturdifferenz oder die saugende Kraft des Windes (Deflektoren) verstärken, und es kann an Tagen, wo die letzteren Mittel allein genügen, der Saugventilator ganz außer Betrieb bleiben.

In den meisten Fällen wird aber die äußere Luft durch einen der nachstehend beschriebenen Ventilatoren angesaugt und unter gehörigem Druck in die betreffenden Heizkammern getrieben, um von hier in eine Mischkammer oder direkt in die Luftleitungskanäle zu gelangen.

Ihrer Konstruktion nach zerfallen die Ventilatoren in **Schraubenventilatoren** und **Schaufel-** oder **Centrifugalventilatoren**; letztere sind entweder mit gekrümmten Schaukeln oder ebenen Flügeln versehen. — Außerdem kommen auch **Strahlapparate** zur Verwendung, welche durch Wasserdruck, Dampf oder mittels Druckluft betrieben werden.

**A. Schraubenventilatoren.**

**Geschichtliches.** Die erste Anwendung der pneumatischen Schraube zur Lüftung der Bergwerke rührt von dem belgischen Ingenieur Motte (1840) her. Er brachte seinen Apparat in einem vertikalen cylindrischen Schlothe an, welcher unterhalb mit den Luftabführungsschächten und oberhalb mit der Atmosphäre in Verbindung stand; die Achse der Schraube lag in der Achse des Schlotens. Aber der Effekt wurde vermindert durch das Entstehen zweier entgegengesetzten Luftströme, von denen sich der eine in der Nähe der Triebachse, der andere dicht an der Peripherie entwickelte.

Einen konstruktiven Fortschritt bezeichnet erst der Schraubenventilator von Guérin mit trapezförmigen, in zwei Spirallinien um die Achse verteilten Schaukeln, die unter einem Winkel von 38° gegen die Rotationssebene und tangential zur Schraubenfläche gestellt waren.

Mit dem Guérin'schen Schraubenrade hat General Morin eine größere Anzahl von Versuchen im Conservatorium der Künste und Handwerke angestellt und die betreffenden Resultate in den *Annales du Conservatoire* veröffentlicht. Der zum Experimentieren gewählte Ventilator hatte 0,48 m Durchmesser und 0,70 m Länge; der cylindrische Mantel war 0,50 m weit.

Die Nutzleistung wurde berechnet nach der der Luft mitgeteilten lebendigen Kraft.

Ist Q die Windmenge,

F der Querschnitt des Rohres,

c die Geschwindigkeit des Luftstromes,

$\gamma = 1,3$  kg das Gewicht von 1 cbm Luft,

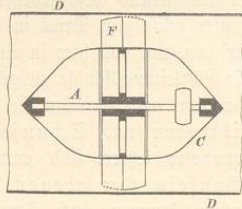
so ist diese Nutzleistung ausgedrückt durch die Formel:

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

Morin fand im Mittel als besten Wirkungsgrad  
für den saugenden Schraubenventilator . . . . . 0,0840,  
" " blösenden " . . . . . 0,0393,  
welche Resultate sehr gering sind.

Da die Geschwindigkeit der Flügel des Ventilators in der Nähe der Drehachse erheblich geringer ist, als in größerer Entfernung von derselben, so hat man mit Erfolg die Konstruktion Fig 256 gewählt.

Fig. 256.



Hierbei sitzen die kurzen Flügel F auf der Peripherie einer im Durchschnitt sichtbaren Trommel, die mit Hilfe von Armen an der Welle A befestigt ist. Der Umdrehungskörper (Trommel) ist derart geformt, daß er die Luft allmählich den Flügeln F zuführt, wodurch Luftstauungen und demnach Kraftverluste vermieden werden. Der Mantel D schließt sich an die Flügel möglichst dicht an.

Der Ventilator von Heger in Wien,<sup>1)</sup> angewendet zur Pulsionsventilation des neuen Opernhauses, wird durch eine Maschine von 16 Pferdekraften betrieben, welche stündlich 40 000 bis 120 000 cbm frische Luft liefert.

Derselbe gleicht einer Turbine mit horizontaler Achse, hat 3 m Durchmesser und 51 cm breiten Schaufelkranz und macht per Minute 120 Touren. Derselbe liefert im Durchschnitt stündlich 90 000 cbm oder pro Kopf und Stunde 30 cbm, wobei die Luft mit einer Geschwindigkeit von 0,31 m pro Sekunde einströmt. Bei Besprechung der Heiz- und Ventilationsanlagen des Wiener Opernhauses kommen wir nochmals darauf zurück. Es mag jedoch erwähnt werden, daß der Apparat von Heger beim Lüftungsbetriebe erhebliche Geräusche verursacht und aus diesem Grunde für Konzertsäle und Theater wenig geeignet ist.

#### Schraubenventilatoren mit Wasserbetrieb.

Hierher gehören:

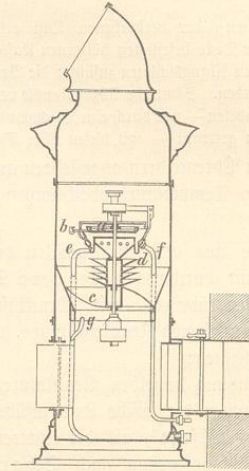
- a) der „Nérophor“ von Trentler & Schwarz,
- b) der Kosmos-Ventilator von Schäffer & Walter.

Dieselben werden durch die Kraft des Stoßes von unter Druck ausfließendem Wasser bewegt.

<sup>1)</sup> Mitgeteilt in Paul, Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. I. Aufl. Wien 1885 und dargestellt in Fig. 63 u. 64.

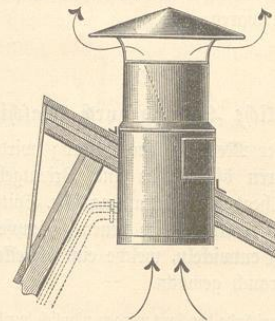
Zu a) Der Betrieb des „Nérophors“ geschieht in der Weise, daß ein unter Druck stehender Wasserstrahl gegen das Rädchen mit sägeförmig gestalteten Zähnen geführt

Fig. 257.



wird. Hierdurch kommt die stehende Welle mit dem daran befindlichen Schraubenventilator c in Bewegung. Der Wasserabfluß kann entweder durch das Rohr e oder durch den Trichter d in die darunter angebrachten Fangschalen erfolgen, welche dasselbe gegen den zylindrischen Mantel schleudern und zerstäuben. Die abzuführende Luft tritt oberhalb durch die Mündung des Nérophors ein, folgt dem durch Drehung der Schraube erzeugten und fortgeschleuderten Luftstrom und entweicht am Fuße des Gehäuses durch den Rohransatz in den genauerten Ventilationskanal. Wo ein solcher von genügendem Querschnitt nicht

Fig. 258.



vorhanden ist, kann das Metallrohr auch in passender Höhe direkt durch die Frontwand oder das Dach ins Freie münden (vergl. Fig. 258). Das abfließende Wasser kann

— namentlich in Restaurationslokalen — zuweilen für Spülküchen- und Retiradenanlagen u. s. w. mit Vorteil benutzt werden.

Aus nachstehender Tabelle ist der Durchmesser der Luftrohre und die Leistung des zur Sauglüftung benutzten „Aërophor“ von Treutler & Schwarz zu ersehen.

Durchmesser des Luftrohres m	Evacuierte stündliche Luftmenge cbm	Stündlicher Wasserverbrauch bei 3 bis 4 Atm. Druck in cbm
0,22	400 bis 450	0,08 bis 0,10
0,33	800 „ 900	0,18 „ 0,20
0,40	1150 „ 1300	0,20 „ 0,25
0,52	2300 „ 2500	0,30 „ 0,33
0,60	2700 „ 2900	0,35 „ 0,37
0,65	3000 „ 3100	0,40 „ 0,45
0,80	5000 „ 5100	0,55 „ 0,60

Zu b) Bei dem Wasserstrahlventilator „Rosmos-Lüfter“ von Schäffer & Waldler strömt das Druckwasser aus dem Wasserleitungsrohr S durch die Düse D gegen die

Fig. 259.

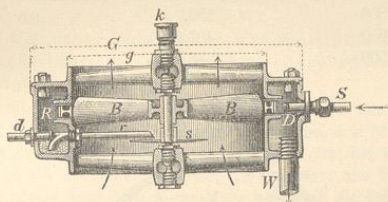
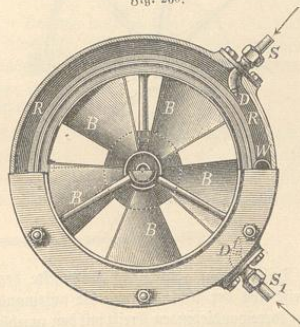


Fig. 260.

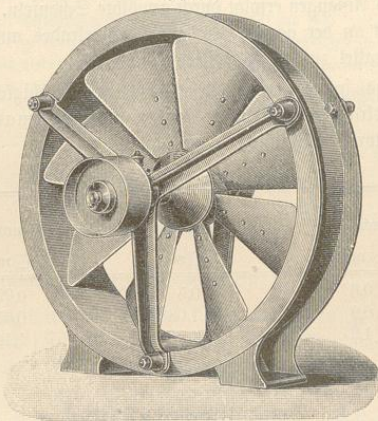


Zähne des Turbinenrades R, wodurch dieses und das damit in Verbindung stehende Flügelrad B in Bewegung gesetzt wird. Läßt man das Wasser dagegen durch die Spritzdüse D einströmen, so tritt Drehung nach der entgegengesetzten Richtung ein, man kann also mittels des Apparates sowohl Luft absaugen, als auch durch Druck in den zu lüftenden Raum einpressen (Drucklüftung).

Schraubenventilatoren mit Maschinenbetrieb werden in der Praxis in Durchmessern bis zu etwa 3,0 m angefertigt. Hierbei soll die Umdrehungsgeschwindigkeit an der Peripherie nicht erheblich über 1500 m in der Minute gesteigert werden, weil sonst leicht störendes Geräusch — das sogenannte „Brummen“ — beim Betrieb verursacht wird. Diese Ventilatoren werden in der neueren Lüftungstechnik am meisten angewendet.

Einen guten Ruf haben sich insbesondere die in Fig. 261 dargestellten Schraubenventilatoren mit Ring-

Fig. 261.



gehäuse von G. Schiele & Co. zu Frankfurt a. M. erworben. Dieselben besitzen ein cylindrisches Gehäuse mit Flanschen und angegossenen Füßen und eignen sich sowohl zur Befestigung auf dem Boden als auf Wandkonsolen; sie können auch eingemauert werden.

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

Flügel- durchmesser in Metern	Umdrehungen in der Minute	Luftmenge	
		in der Minute cbm	in der Stunde m
0,30	2000	40	2 400
0,40	1500	65	3 900
0,50	1200	105	6 300
0,65	900	190	11 400
0,80	800	280	16 800
1,00	600	450	27 000
1,20	500	650	39 000
1,50	400	1000	60 000
2,00	300	1800	108 000
2,50	230	2850	171 000
3,00	200	4150	249 000

In neuerer Zeit, wo elektrische Kraftcentralen für Beleuchtungszwecke und zum Betriebe von Straßenbahnen in allen größeren Städten errichtet sind resp. werden, sind auch Ventilatoren mit elektrischem Antrieb sehr beliebt. Fig. 262 zeigt einen derartigen elektrisch betriebenen Schraubenventilator von **Blackmann**. Dieselben werden in sechs verschiedenen Größen von der Firma David Grove in Berlin geliefert, nämlich mit einem Flügelraddurchmesser von 46 cm bis zu 1,80 m. Die geförderte Luftmenge beträgt im ersten Fall 4500 cbm, im letzten Fall 74800 cbm. Der Apparat wird direkt vor der Saugöffnung angebracht und das Ansaugen erfolgt durch gewölbte Schaufeln, welche die Luft an der ganzen Fläche des Flügelrades aufsaugen und parallel zur Achse weiterschieben.

Aus folgender Tabelle sind Leistungsfähigkeit und Betriebskraft dreier üblichen Größen des Blackman'schen Ventilators ersichtlich:

Durchmesser m	Saugfläche □m	Ausströmungsfläche □m	Umdrehungen per Minute	Anzahl der mit dieser Geschwindigkeit per Minute bewegten Kubikmeter Luft	Zu diesem Betriebe nötige Pferdekraft
0,6	0,5	0,29	800	182	0,5
0,9	1,08	0,65	650	407	1,5
1,2	1,9	1,16	500	718	1,75

### B. Centrifugalventilatoren.

**Geschichtliches.** Das System der Schaufelventilatoren — als dessen Begründer der französische Gelehrte Désagulier gilt, welcher der Royal Society in London um 1734 ein Centrifugalwindrad eigener Konstruktion vorführte und dasselbe 1734 zur Aspiration des Hauses der Gemeinen in Anwendung brachte — hatte bis zum Jahre 1838 keine wesentlichen Verbesserungen erfahren. Erst Combes, dem Chefingenieur der französischen Bergwerke, verdanken wir eingehende Studien über diesen Gegenstand, welche ihn in den Stand setzten, die Theorie dieser Apparate wesentlich zu verbessern.

#### Verhältnisse für die Konstruktion der Centrifugalventilatoren.

Bei den älteren Centrifugalgebläsen, deren lästiges, weit hörbares Geräusch ihre Anwendung vielfach unmöglich machte, war die Basis des Gehäuses kreisrund und konzentrisch zur Umdrehungsachse. Man erkannte aber bald, daß es vorteilhafter sei, dem Tambour die Form eines abgewinkelten Kreises zu geben.

1) Die Excentricität des Gehäuses CE soll mit der Peripheriegeschwindigkeit der Flügel zunehmen und, bei Geschwindigkeiten von 700 bis 1000 Touren pro Minute, bis  $\frac{1}{3}$  von dem Radius R des Schaufelrades betragen. Zur Beschreibung der Abwicklungskurve, Fig. 263, teilte man CE und den Bogen BFC des Radumfanges in

Fig. 262.

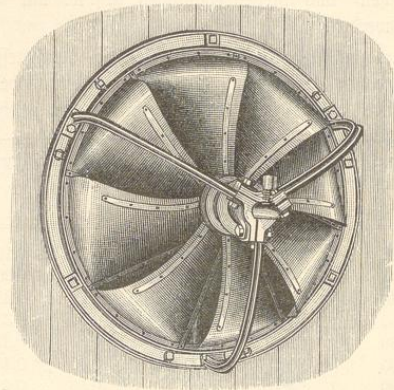
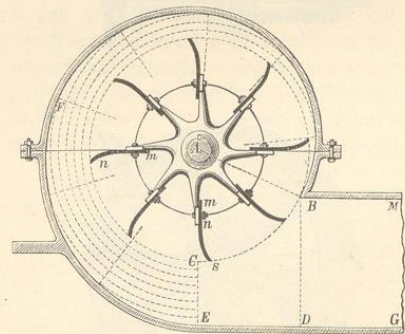


Fig. 263.



dieselbe Anzahl Teile, schlage durch die Teilpunkte der Strecke CE konzentrische Kreise aus der Achse A, und die aufeinander folgenden Schnittpunkte der korrespondierenden Kreise mit den zugehörigen Radien sind Punkte der Abwicklungskurve, deren tangentielle Fortsetzung die Basis des Windrohres bildet, dessen Breite gleich der Gehäuseweite zu machen ist. Die Höhe dieser Öffnung BD soll genommen werden  $= \frac{2}{3} r + CE$ .

2) Den Radius R des Schaufelrades findet man nach *Voileau*<sup>1)</sup> aus der Anzahl der Umdrehungen pro Minute und dem

1) Dictionnaire des arts etc. par Laboulaie. 4<sup>e</sup> édition.

Volumen  $Q$  (in cbm), welches pro Sekunde abgeaugt werden soll, mittels der Gleichung

$$R = 3 \sqrt[3]{\frac{Q}{N}}$$

3) Die Anzahl der Flügel soll nach Dollfus mit dem Durchmesser des Rades in folgender Art zunehmen:

bei 0,50 m Durchmesser . . .	4 Flügel,
" 0,60 " " " . . .	6 "
" 0,70 " " " . . .	8 "
" 1,00 " " " . . .	10 "

4) Der freie Halbmesser der Aspirationsöffnung des Tambours, durch welche die Luft angefangt und infolge der Centrifugalkraft an die Peripherie des Flügelrades geschleudert wird, ist (nach Dollfus) gleich der Hälfte der äußeren Schaufellänge.

5) Bezeichnet man mit  $h$  die Höhe einer Wasseräule in Centimetern, welche gleich der Druckdifferenz zwischen der Luft im Windrohr und der äußeren Atmosphäre ist, so läßt sich die Ausströmungsgeschwindigkeit  $v$  bestimmen durch die Formel:

$$v^2 = 2 g h \cdot 1000 : 1,293 = 123^2 h.$$

General Morin hat auch die Centrifugalventilatoren nach ihrem Effect geprüft; sie wurden mit einem Windrohr von 0,3 m Durchmesser versehen, welches von 6 bis 26 m Länge wechselte; in diesem wurde ein Anemometer aufgestellt.

Ad 1) Er fand bei 26 m Länge des Saugrohres: daß die abgeaugte Luftmenge bei  $n$  Umdrehungen pro Minute sich ausdrücken ließ durch  $Q = 0,00124 n$ .

Diese Luftmenge wurde gefunden durch Multiplikation des Röhrenquerschnittes = 0,07 qm mit der beobachteten Geschwindigkeit am Anemometer.

Vergleicht man die beobachtete Luftmenge mit der theoretischen, d. h. mit derjenigen, die man erhält, wenn man den vom Flügelrade beschriebenen Raum in Rechnung zieht, so ergibt sich: daß der Ventilator 1,4 mal soviel Luft anfangt als berechnet, und dies zeigt zugleich, wieviel mehr diese Ventilatoren leisten als die Schraubenventilatoren, bei denen sich für dasselbe Verhältnis der Quotient nur = 0,377 bis 0,572 ergab.

Ad 2) Die Versuche mit dem blasenden Schaufelventilator zeigen, daß innerhalb 170 und 980 Umdrehungen pro Minute folgendes Verhältnis zwischen den Umdrehungen pro Sekunde und der Windmenge stattfand:

$$Q = 0,098 n.$$

Vergleicht man den von den Flügeln beschriebenen Raum, welcher bei 0,02247 qm Flügelfläche und 0,24 m Schwerpunktsabstand von der Achse pro Umdrehung 6,28 · 0,24 · 0,02247 = 0,0337 cbm beträgt, mit den Windmengen, so ergibt sich das Verhältnis:

$$\frac{0,0337}{0,098} = \frac{1}{2,9}$$

wonach die wirklich gelieferte Windmenge 2,9 mal so groß als die berechnete ist, während sie beim saugenden Ventilator nur 1,4 mal so groß war.

Der Wirkungsgrad kann bei 700 bis 800 Umdrehungen zu 16 Proz. angegeben werden, während derselbe beim Saugen zu 12 Proz. gefunden wurde.

Die gewöhnlichen Ventilatoren mit geraden Schaufeln hat Morin ebenfalls in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen. Der benutzte Ventilator besaß 0,33 m breite und 0,18 m hohe Schaufeln, deren äußerer Durchmesser 0,67 m betrug, und bewegte sich in einem cylin-

drischen Gehäuse von 0,75 m Durchmesser mit 4 cm Spielraum; das Abführungsrohr war 20 und 28 m lang.

Für diesen Fall ist nach Morins Tabelle

$$Q = 0,099 n,$$

und bezeichnet  $V$  das Produkt aus dem Querschnitt eines Flügels in den Weg seines Schwerpunktes während einer Sekunde, so kann man im Mittel setzen

$$Q = 1,06 V \text{ oder } \frac{V}{Q} = \frac{1}{1,06}$$

während dies Verhältnis bei gekrümmten Schaufeln  $\frac{1}{2,9}$  betrug. Hieraus folgt der große Vorzug der Ventilatoren mit gekrümmten Flügeln.

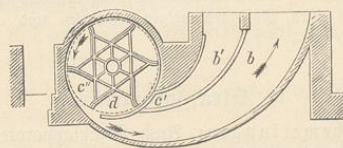
Den Wirkungsgrad kann man für 500 bis 800 Umdrehungen im Mittel zu 0,141 setzen, also höher als bei den Schraubenventilatoren, aber niedriger als bei den Ventilatoren mit gebogenen Schaufeln.

Aus Resultat der Morin'schen Versuche ergeben sich folgende Zahlen:

Art des Ventilators	Wirkungsgrade in Prozenten
1) Schraubenventilator von Guérin, blasend . . .	3,
" " " saugend . . .	8,
2) Centrifugalventilator, saugend . . .	12,
" " " blasend . . .	16,
3) Ventilator mit geraden Schaufeln . . .	14.

Ventilator von Guibal für Drucklüftung.<sup>1)</sup> Derselbe dreht sich zwischen zwei vertikalen Wandungen des Tambours. Die eine derselben enthält die Saugöffnung zum Eintritt der frischen atmosphärischen Luft; die andere ist nur von der freisunden Öffnung für die Triebabchse

Fig. 264.



durchbrochen. Ein cylindrischer Mantel von Mauerwerk umgibt den Ventilator und kommuniziert auf etwa  $\frac{1}{4}$  seines Umfanges mit einem Luftzuführungs kanal, der sich bei  $b$  und  $b'$  (Fig. 264) zu einem Kamin erweitert. Die Arme, welche die Flügel des Ventilators tragen, sind auf einer polygonalen durchbrochenen Muffe befestigt. Die letzteren sind geradlinig, ausgenommen an ihren freien Enden, welche im Sinne der Radien der cylindrischen Hülle umgebogen sind.

Anm.: Auch im Nationalpalast zu Brüssel (dessen Durchschnitt auf Tafel 51 dargestellt ist) wird der Guibal'sche Ventilator zur Drucklüftung benutzt. Der Luftkanal ist in zwei Abteilungen  $b$  und  $b'$  zerlegt. Die in das Kompartiment  $b$  eingeblasene Luft dient

1) Vergl. Rapports sur l'exposition universelle de 1878 par Wazon.

zur Heizung, diejenige in  $b'$  bleibt kalt. Zwei Schieber  $b' e''$ , welche sich in eisernen Fasen bewegen, dienen zur Regulierung des freien Querschnittes der Luftleitungen, damit man je nach Umständen das Volumen der warmen oder kalten Luft veränderlich machen kann. Beide Luftströme treten in eine Mischkammer und von dort aus mit einer Temperatur von ungefähr  $18^\circ \text{C}$ . in den Sitzungsaal der Repräsentanten. Sobald die Flügel in der Richtung der Pfeile bewegt werden, wird die Luft durch das Auge des Gehäuses angefangt, verteilt sich zwischen den Flügeln, gelangt in die vertikalen Schächte, in welche es mit der den Flügeln eigenen Peripheriegeschwindigkeit eintritt.

Dimensionen. Gewöhnlich nimmt Guibal den Querschnitt  $S$  des Ventilationskanines an der Austrittsstelle viermal so groß als an der engsten Stelle der Basis. Sind  $R$  und  $r$  die äußeren und inneren Radien der Ventilatorflügel, so wird  $R = 2r$  bis  $3r$ .  $N$  die Anzahl der Umdrehungen pro Minute ist  $= 40$  bis  $90$  und die Breite  $l$  des Ventilators wechselt zwischen  $1,5$  bis  $2,5$  m.

Querschnitt der Lüftungskanäle. Das pro Sekunde durch den Ventilator zu liefernde Luftquantum  $V$  in Kubikmetern ist gewöhnlich bekannt. Andererseits können  $R$  und die Anzahl der Umdrehungen bekannt sein. Die Geschwindigkeit am freien Ende der Flügel ist  $v = \frac{2\pi R}{60} \cdot N$  und der theoretische Querschnitt  $s' = \frac{V}{v}$ .

Die Erfahrung lehrt aber, daß, mit Rücksicht auf die Kontraktion des Stromes, der reine Querschnitt  $s$  des Kanales  $= 2s'$  sein muß. Da nun die Breite des Querschnittes gleich der Flügelbreite  $b$  gemacht wird, so hat man für  $h$  (die Höhe des Kanalquerschnittes) den Ausdruck:  $s = b \cdot h$ .

Nutzeffekt. Die Arbeit in Kilogramm-Metern, welche ein Guibal'scher Ventilator hervorbringt, ist auszudrücken durch das Ergebnis der pro Sekunde geförderten Luft, multipliziert mit der durch den Druck erzeugten Depression einer Wasserfäule, ausgedrückt in Millimetern. Der Nutzeffekt variiert zwischen  $0,30$  und  $0,63$ .<sup>1)</sup> — Von Berechnung der Ventilatoren kann hier abgesehen werden, da die Anwendung derselben besondere Maschinenanlagen bedingt, welche durch einen Maschinenkundigen entworfen und ausgeführt werden.<sup>2)</sup>

### C. Strahlapparate.

Vorbemerkungen: Auch Strahlapparate werden in der Lüftungstechnik benutzt, und zwar entweder als Wasserstrahlventilatoren unter Verwendung von Druckwasser aus einer Wasserleitung oder als Dampfstrahlventilatoren und — unter Verwendung von Druckluft — als Luftstrahlventilatoren.

1) Wasserstrahlventilatoren. Ein Apparat, der den Grundgedanken der Wasserstaublüster am besten veranschaulicht, ist der von Körting konstruierte Patentventilator, Fig. 265. Aus der Streudüse  $D$  strömt der fein zerstaubte Wasserstrahl in den Cylinder ein, ohne daß die Energie im Wasser durch diese Zerteilung leidet. Der

1) Dévillez, Ventilation des mines, p. 244.

2) Bergl. Wolpert, Abhandlungen aus der Wohnungshygiene. Leipzig (Baumgärtners Buchhandlung) 1887, V. Abhandlung: Berechnung von Anlagen für mechanische Ventilation, S. 88 u. f.

Wasserstrahl bildet hierbei einen Regelmantel, welcher die gleichmäßige Ansaugung der die obere Eintrittsöffnung umgebenden Luftschichten bewirkt. Die Konstruktion der

Fig. 265.

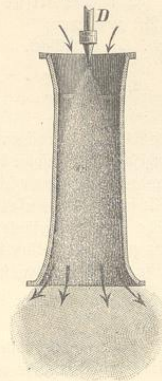
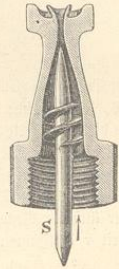


Fig. 265 a.



Streudüse von Körting giebt Fig. 265 a im größeren Maßstabe. Das in dieselbe eintretende Wasser nimmt an den Gewindegängen des eingeschalteten Stiftes  $S$  eine so schnell kreisende Bewegung an, daß es „zerstäubt“ die Düse verläßt. Ähnlich dem System Körting sind die Apparate von Droop in Hannover, Dreyer, Rosenfranz. Die stündliche Leistung beträgt bei 3 Atmosphären Wasserdruck je nach Größe des Apparates 250—1500 cbm.

Fig. 266.

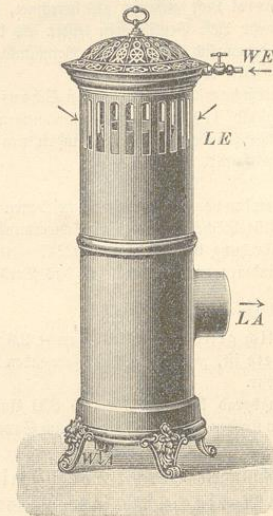
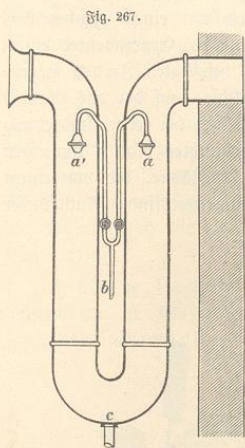


Fig. 266 zeigt die Anordnung eines Körting'schen Patentventilators für Wohnräume. Derselbe besteht aus Gußeisen und hat die Form eines Ofens. Man kann

den Apparat sowohl zum Eintreiben als zum Einfangen der Luft benutzen. W E bezeichnet den Eintritt des Leitungswassers, W A den Wasseranstritt, L E den Luft-eintritt, L A den Luftaustritt. Die letztgenannte Öffnung wird an einen Ventilationskanal angeschlossen.



Der Wasserstrahlapparat von Lughner ist durch nebenstehende Fig. 267 veranschaulicht. Das Wasser tritt hierbei aus drei schräg gegeneinanderstehenden Kanälen aus und da die Strahlen sich in einem Punkt treffen, wird das Wasser zerstäubt. Die Brausen a und b sind in einem U-förmigen Blechkanal angebracht und dies Blechgehäuse wird einerseits mit dem zu lüftenden Raume und andererseits dem Freien verbunden. Je nachdem nun der eine oder andere Hahn geöffnet wird, erfolgt Luft-

einführung oder Luftabgaugung. Das angeammelte Wasser fließt nach unten ab und kann zu beliebigen Zwecken benutzt werden.

Die Lughner'schen Apparate werden von A. Claus & Co. in Berlin in zwölf Größen für stündlich zu bewegende Luftmengen von 175 bis 9000 cbm geliefert. Der Wasserdruck in der Leitung muß dabei 3 bis 4 Atmosphären betragen.

2) Dampfstrahlapparate sind nur zum Absaugen zu gebrauchen und verursachen so starkes Geräusch, daß sie sich mehr für Fabrikbetriebe, als für Wohnräume empfehlen.

3) Die Anwendung von Druckluftventilatoren bedingt, daß man über Druckluft als Motor verfügt und wo dies der Fall ist, dürfte sie ein hervorragendes Hilfsmittel der Lüftungstechnik darstellen.

Das System der Ventilation mit Druckluft beruht auf folgender Wahrnehmung: Wird in der Achse eines Zuführungskanals für frische Luft ein Einblaserohr mit Mundstück befestigt, das mit dem Behälter für komprimierte Luft kommuniziert, so stößt die heftig ausströmende Druckluft die im Ventilationsrohr befindliche Luft vor sich her, zwingt die dahinter befindliche ihr zu folgen und erzeugt eine Strömung, deren Stärke abhängig ist vom Durchmesser des Mundstückes und der Spannung der komprimierten Luft. Das System ist anwendbar ebensowohl zur Einführung frischer als zum Absaugen der verdorbenen Luft; bei Anordnung

zweier getrennter Kanalsysteme kann frische Luft eingetrieben und die schlechte Luft abgesaugt werden.

Die Ventilation mit Druckluft wurde von dem Ingenieur Piarron de Mondésir in Gemeinschaft mit Lehaitre und Julienne in Paris durch Versuche erprobt und zuerst im Pariser Industrieausstellungsgebäude zur Anwendung gebracht,<sup>1)</sup> und zwar lediglich zum Eintreiben frischer Luft in die inneren Gallerien des Gebäudes. Als Motoren dienten vier Dampfmaschinen von zusammen 105 Pferdekraft. Zwei Ventilatoren, eine Kompressionspumpe und eine Gebläsemaschine dienten zum Komprimieren und Eintreiben der Luft in die Hauptgallerie. Die erhoffte Abkühlung der Frischluft (in welche die Druckluft eintritt) war aber nicht erheblich.<sup>2)</sup>

Auch beim Theatre Lyrique in Paris kam die Ventilation mit Druckluft zur Anwendung. Im übrigen wird auf die Publikation von P. de Mondésir verwiesen.

Resumé. Nachdem wir in den vorhergehenden Paragraphen die Übersicht der verschiedenen künstlichen Ventilationsysteme gegeben haben, wollen wir dieselben zum Schluß, geordnet nach den zur Verwendung kommenden Kräften, hier nochmals übersichtlich vorführen.

Die künstliche Lüftung von Gebäuden erfolgt entweder durch Aspiration (Sauglüftung) oder durch Pulsion (Drucklüftung), oder endlich durch eine Verbindung beider Systeme.

Die Sauglüftung beruht:

- a) Auf dem Effekt einer direkt durch Wärme hervorgerufenen Luftbewegung oder
- b) auf der Wirkung einer anderen, erst durch Wärme erzeugten Kraft.

Ad a) Zu den Einrichtungen, bei denen der Luftstrom direkt durch Wärme hervorgerufen wird, gehören:

- 1) Das offene Feuer eines Lüftungsschachtes im Souterrain des Gebäudes oder im Raume selbst (Heizkamin); die Leuchtapparate (Gasflammen, Sonnenbrenner) oder die über dem Raume entwickelte Wärme (Beleuchtung über der Glasdecke);

1) Beschrieben in: Communication relative à la ventilation par l'air comprimé par P. de Mondésir und Ventilation par l'air comprimé, Paris 1876.

2) Die Temperaturdifferenz zwischen den nicht gelüfteten und den mit Druckluft ventilierten Gallerien betrug mittags von 2 bis 3 Uhr nicht über 1,7° C.; an kühleren Tagen im September nur 1,05° C.

- 2) Heißwasserspiralen, Warmwasserrohre, Dampfregister, Bunsen'sche Brenner, welche in einem oberen Teile des Lüftungsschachtes aufgestellt worden;
- 3) die beständige Erwärmung des Schlothes mittels eines, in seiner ganzen Höhe aufsteigenden Rauchrohres.

Durch sämtliche vorgenannte Mittel wird die Luft des Schachtes — welche mit den zu lüftenden Räumen kommuniziert — erwärmt und zum Aufsteigen gezwungen, weil der aerostatische Druck die warme Luft nach oben treibt.

Ad b) Kräfte, welche durch Wärme hervorgerufen werden und eine saugende Wirkung erzeugen, sind:

- 1) Sede, aus einer Luftheizkammer kommende, aufsteigende (heiße) Luftsäule;
- 2) die blasende Wirkung eines Dampfstrahles;
- 3) die Ventilation mit Druckluft;
- 4) mechanische Ventilatoren (zum Absaugen der verdorbenen Luft).

Die **Pulsion**, d. h. das Eintreiben frischer Luft in die zu ventilierenden Räume wird hervorgerufen, ähnlich wie die Aspiration, durch die unter b) Nr. 2, 3, 4 genannten Kräfte, also:

Durch mechanische Ventilatoren, durch Druckluft oder durch einen Dampfstrahl und hat sich in dieser Anordnung als sehr wirksam bewährt. (Vergleiche die Anwendungen).

## § 79.

**Prüfung von Lüftungsanlagen.**

Ehe wir zur praktischen Anwendung der im vorstehenden Paragraphen besprochenen Lüftungsmethoden übergehen, haben wir der Mittel zu gedenken, durch welche die Geschwindigkeit und die Temperatur eines Luftstromes gemessen, der richtige Gang der Ventilationsanlage kontrolliert und die effektive Leistung derselben beurteilt werden kann.

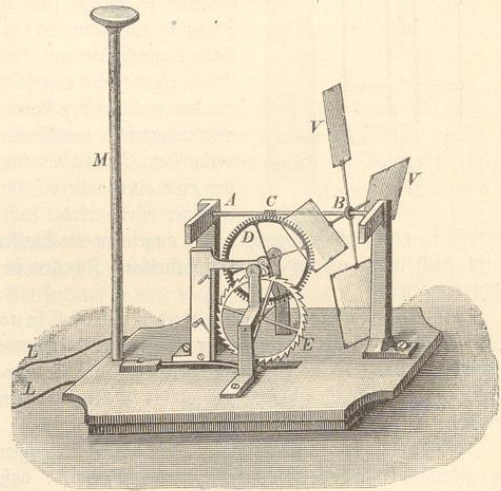
A. Die Instrumente, welche zur Messung der Geschwindigkeit eines Luftstromes in einem gegebenen Kanalquerschnitt dienen, nennt man **Anemometer**.

1) Das Anemometer von Combes<sup>1)</sup> besteht aus einer dünnen Stahlachse AB (Fig. 268), welche in feine Zapfen endigt, die in Nohatlagern laufen. An dem einen Ende sind vier gleiche, aufeinander senkrechte Arme befestigt,

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

welche quadratische Flügel aus Glimmer tragen, die in gleicher Weise gegen die Achse geneigt sind. In der Mitte der Achse befindet sich eine Schraube ohne Ende C, welche ein darunter gelegenes Rad D bei jeder Drehung der Achse um einen Zahn weiterschiebt. Das Rad D hat 100 Zähne, welche von 10 zu 10 numeriert sind; die Numerierung beginnt bei einem mit einem Zeichen versehenen Zahn, welcher im Anfang des Experimentes einem am Gestell des Anemometers befestigten Index gegenübersteht. Die kurze Achse, auf der das Rad D sitzt, trägt einen Daumen, welcher bei jeder Umdrehung von D ein zweites, seitlich angebrachtes Rad E um einen Zahn fortzieht; letzteres hat 50 Zähne, die von einem Nullpunkt aus von 5 zu 5 numeriert sind. Auch dieser

Fig. 268.



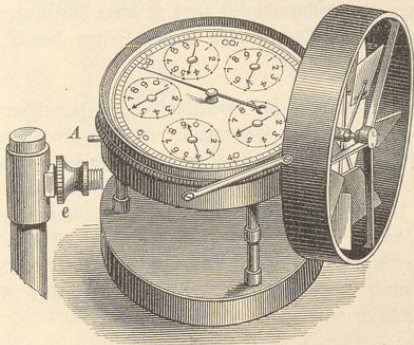
Nullpunkt muß sich gleich zu Anfang des Experimentes einem als Index dienenden Fixpunkt gegenüber befinden. Angebrachte Sperrhaken verhindern das Zurückgehen der Räder D und E, resp. das Vorgehen um mehr als einen Zahn. Durch diese Räder wird die Anzahl der Umdrehungen der Flügel innerhalb einer gegebenen Zeit bestimmt, und zwar werden auf dem Rad D die Einer und Zehner, auf E die Hunderter abgelesen; man kann also 0 bis 5000 Touren am Instrument ablesen. Das Rad D kann durch einen Hebel mit Feder außer Eingriff mit der Schraube gebracht resp. wieder eingerückt werden, und zwar kann man diese Bewegungen aus beliebiger Entfernung mittels zweier verschieden gefärbter Schnüre, die an den Enden des Hebels befestigt sind, ausführen. Zieht man an der einen, so kommt das Rad D außer Eingriff, während ein Zug an der anderen dasselbe

einrückt. Das Aus- und Einrücken kann auch durch die Bewegungen des Anters eines Elektromagneten geschehen.

Beim Gebrauch des Instrumentes werden zuerst die Nullpunkte der Räder den Indices gegenübergestellt; dann bringt man bei eingerückter Schraube das Instrument in den Luftleitungs kanal und befestigt es so, daß die Flügel vom Strome auf der äußeren Seite, parallel der Achse des Instrumentes, getroffen werden. Sobald die Flügel in gleichförmiger Drehung sind, rückt man das Rad D ein und läßt es während 60 Sekunden umlaufen (die gewöhnliche Dauer solcher Versuche). Nach Ablauf dieser Zeit rückt man das Rad aus, nimmt den Apparat aus dem Luftkanal heraus und liest die innerhalb 60 Sekunden von den Flügeln gemachten Umdrehungen ab, woraus sich die Zahl der Touren pro Sekunde bestimmen läßt.

2) Ein zu langwährenden Beobachtungen geeignetes Instrument ist das Anemometer von Regretti und Zambra in London, welches Fig. 269 darstellt. Das-

Fig. 269.

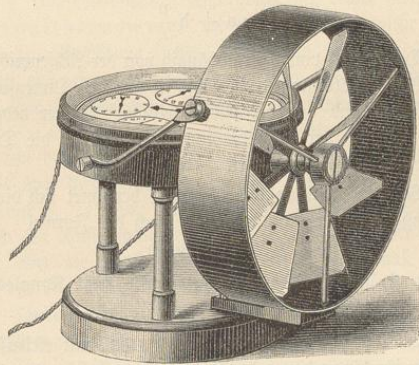


selbe kann auf den Schuh e aufgeschraubt und durch diesen ein Stock gesteckt werden, um Messungen an der Zimmerdecke, in Kanälen u. s. w. bequemer auszuführen. Das Konstruktionsprinzip ist das nämliche wie bei Combes, indem die Bewegung des Flügelrades durch ein Schneckenrad auf das Zählwerk übertragen wird. Das Schneckenrad kann außer Eingriff mit der Schnecke gesetzt werden, indem das Ende eines kleinen, bei a sichtbaren Hebels in Bewegung gesetzt wird. Vor Beginn des Versuches ist das Zählwerk, welches bequem, wie das Zifferblatt der Uhr, abgelesen werden kann, ausgerückt. Die durch die Zeiger gegebene Zahl wird notiert und das Instrument dann in den Luftstrom gebracht. — Sobald die Einrückung des Zählwerkes bewirkt wird, beginnt die Messung, bei der man eine Sekundenuhr zu Hilfe zu nehmen hat. Soll der Versuch beendet werden, so unterbricht man die

Verbindung des Flügelrades mit dem Zählwerk und vermerkt die verfloßene Zeit. Die von den Zeigern bestimmte Zahl, abzüglich der vorher notierten, dividiert durch die Sekundenzahl, die während des Versuches verfloßen, ist die Luftgeschwindigkeit, welche noch mit dem üblichen Korrektionsfaktor zu versehen ist.

3) Das Anemometer von Casella, Fig. 270, ist in der äußeren Erscheinung dem in Fig. 269 dargestellten gleich und besteht aus einem Flügelrad von 7 cm Durchmesser; die acht Flügel aus Aluminiumblech sind unter  $30^\circ$  gegen die Vertikalebene geneigt und durch die Schraube ohne Ende mit dem Zählwerke in Verbindung, auf dessen

Fig. 270.



Zifferblatt nicht die Zahl der Umdrehungen, sondern direkt die Geschwindigkeit des Luftstromes in Metern so bequem abgelesen werden kann, wie die Zahl der Minuten vom Zifferblatt einer Uhr. Man hat hier also nur nötig, vor Beginn einer Beobachtung sich den Stand des Meterzeigers und — bei Geschwindigkeiten von voraussichtlich mehr als 100 m in der Minute — auch den Stand des 100 m-Zeigers zu merken, dann den Arretierstift, der bei A, Fig. 269, sichtbar ist, zu lösen, nach 60 Sekunden Beobachtungszeit durch Druck auf die Feder oder den Hebel die Verbindung des Flügelrades mit dem Zählwerke wieder aufzuheben, endlich den nunmehrigen Stand des Meterzeigers abzulesen: so giebt letzterer direkt die Länge des Luftstromes in Metern an, der sich in einer Minute durch den beobachteten Kanalquerschnitt bewegt hat. Zu der gefundenen Meterzahl ist noch eine Konstante a hinzu zu addieren, die, mit hinreichender Genauigkeit den Einfluß der Trägheit und Reibung des Rades darstellt. Addiert man also a zu der abgelautenen Meterzahl, so erhält man die wahre Geschwindigkeit pro Minute und durch Division mit 60 die Geschwindigkeit des beobachteten Luftstromes

in der Sekunde. Jedem Anemometer sind die durch Richtung bestimmten Konstanten beigegeben.

Die Auslösung oder Arretierung des Anemometers vor hochgelegenen Ausströmungsöffnungen wird durch die in Fig. 270 sichtbaren Zugschnüre von unten her bewirkt.

4) Das Anemometer von **G. Recknagel**.<sup>1)</sup> Das Konstruktionsprinzip ist das gleiche, wie bei den vorbesprochenen Apparaten zu 2) und 3); die stählerne Achse des Flügelrades läuft in Steinlagern und die Umdrehungen werden durch eine Schraube ohne Ende auf ein wagerechtes Zahnrad übertragen, das die Bewegung auf das unter dem Zifferblatt liegende Rad überträgt.

Die Luftgeschwindigkeit pro Sekunde in Metern berechnet sich nach der Formel

$$r = a + b \frac{n}{z}$$

Der Werth von  $a$  ist abhängig von der Achsenreibung, der Wert der Konstanten  $b$  hängt ab von den Dimensionen des Rades und von der Flügelstellung. Ferner bedeutet  $n$  die Anzahl der Flügelumdrehungen und  $z$  die Dauer des Versuches in Sekunden.

Nach Feststellung des Wertes  $r$  berechnet sich die pro Sekunde geförderte Luftmenge  $L$  nach der Formel

$$L = f \cdot v \cdot 3600,$$

wobei  $f$  den Einströmungsquerschnitt des Kanales in Quadratmetern bezeichnet.

5) Das Anemometer von **Hardy**, mit elektrischem Zähler für länger dauernde Beobachtungen bestimmt, arbeitet 12 bis 24 Stunden und eignet sich besonders zur Kontrolle eines regelmäßigen Lüftungsbetriebes. Der Zähler wird im Cabinet des Dirigenten angebracht und gestattet diesem, sich jederzeit zu überzeugen, ob der Ventilationsapparat richtig arbeitet.

Methoden der Beobachtung mit dem Anemometer.

Will man in der Praxis die Luftmenge feststellen, welche einem Wohnraume stündlich durch den Heizluftkanal zuströmt, resp. welche durch den Lüftungschlot abgeführt wird, so muß die Messung an der Mündung der betreffenden Kanäle vorgenommen werden. Man ist aber die Luftgeschwindigkeit an verschiedenen Stellen des Kanalquerschnittes nicht durchweg gleichmäßig und am wenigsten an dessen Austrittsöffnung, weil hier der Luftstrom sich plötzlich rechtwinklig zur Kanalachse bewegen muß. Man sucht daher die mittlere Geschwindigkeit der Luft festzustellen, was am besten dadurch erreicht wird, daß man das Anemometer während der Messung in Zeitabschnitten von 10 bis

1) G. Recknagel, Lüftung des Hauses, 1894, S. 610.

15 Sekunden im Kanalquerschnitt oder vor dessen Mündung verschiebt. Bei der Messung dürfen die vor den Mündungen angebrachten Gitter nicht beseitigt werden.

Früher pflegte man bei anemometrischen Untersuchungen vor der Austritts- resp. der Abzugeöffnung ein 50 bis 60 cm langes Rohr von Zink oder Holz derart zu befestigen, daß dessen Querschnitt genau die Öffnung umschloß. Es zeigen sich aber, wenn das Flügelrad in ein Rohr eingesetzt ist, welches dasselbe eng umgrenzt, andere Werte an der Zählscheibe, als wenn der Apparat im freien Luftstrom gemessen wird, worauf zu achten ist.

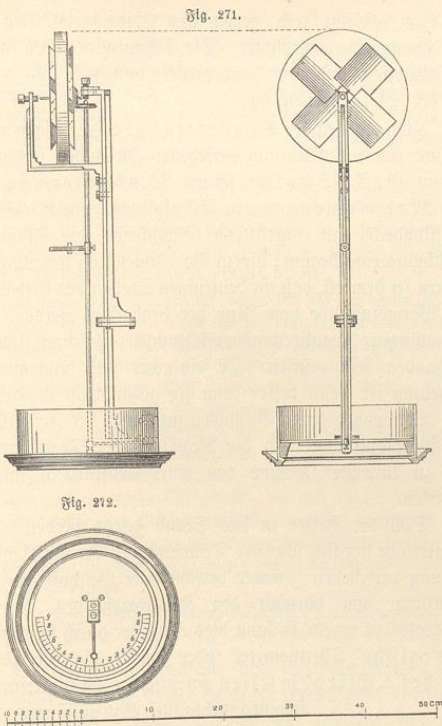
Ist der Querschnitt des Kanales sehr groß im Verhältnis zu den Dimensionen des Instrumentes, so muß man vorsichtige Meßversuche an verschiedenen Punkten des Querschnittes anstellen, um die mittlere Geschwindigkeit der durchströmenden Luft zu erhalten, weil die Geschwindigkeit an den verschiedenen Punkten eines weiten Lüftungschlotes sehr oft wechselt.<sup>1)</sup>

Sind in einem größeren Saale mehrere Abzugsöffnungen vorhanden, so müssen behufs Feststellung der mittleren Luftgeschwindigkeit stets mehrere Messungen, am Anfange und Ende resp. zu beiden Seiten des Saales, vorgenommen werden.

**Indikatoren.** So vorteilhaft und brauchbar das Anemometer für den Heiztechniker ist, der den Gang der Ventilation zu prüfen hat, so wenig geeignet ist es für das Personal, welches beim Betriebe beschäftigt ist oder diesen beaufsichtigt. Zu diesem Zwecke sind Vorrichtungen nötig, welche auf den ersten Blick erkennen lassen, ob die Geschwindigkeit in den Kanälen normal ist, oder ob dieselbe durch Klappenstellung oder andere geeignete Mittel zu schwächen resp. zu verstärken sei.

Ein derartiges Instrument kann nach Art des oben in Fig. 271 u. 272 dargestellten Indikators, welcher in den Ventilationschlotten des Allgemeinen Krankenhauses in Berlin zur Anwendung gekommen ist, eingerichtet werden. Nachdem durch Anemometermessungen die normale Luftgeschwindigkeit im Schlotte festgestellt worden war, wurde in demselben ein solcher einfach konstruierter Indikator, der ebenfalls als Flügelrad hergestellt ist, eingeschaltet. Der im Saale sichtbare Zeiger giebt den Grad der Luftgeschwindigkeit im Abzugschlote an und gewährt so den Anhalt, ob die Drosselklappe, welche an der unteren Schachtmündung angebracht ist, geöffnet oder geschlossen werden muß.

1) Bei den Untersuchungen in dem großen Ventilationschlote des Städtischen Allgemeinen Krankenhauses zu Berlin ergaben sich so bedeutende Unterschiede in der Geschwindigkeit, daß Messungen an 20 verschiedenen Stellen des Querschnittes nötig wurden, woraus sich bei oftmaliger Wiederholung Koeffizienten von genügender Genauigkeit feststellen ließen, mit welchen die im zugänglichen Punkt beobachteten Strömungen multipliziert wurden, um eine mittlere Geschwindigkeit zu erhalten.



Zu Temperaturmessungen erwärmter Räume bedient man sich der Thermostope und Thermometer. — Sehr hohe Temperaturen, beispielsweise solche im Brennraume einer Feuerungsanlage, werden durch Pyroskope und Pyrometer bestimmt.

Die in Deutschland am meisten gebrauchten Thermometer sind die Réaumur'schen, während von den Gelehrten fast durchgängig das Celsius'sche Thermometer gebraucht und in englischen Schriften ebenso häufig die Temperaturen nach Fahrenheit angegeben werden.

Zur Reduktion von Temperaturangaben auf eine andere Thermometerskala kann die bekannte Grundlage dienen, wonach die Skala zwischen dem Siedepunkt und dem Gefrierpunkt des Wassers bei dem Thermometer

- von Réaumur in . . . . 80,
- „ Celsius in . . . . 100,
- „ Fahrenheit in . . . 180

Teile geteilt ist. Der Gefrierpunkt befindet sich bei Réaumur und Celsius auf 0°, bei dem Fahrenheit'schen Thermometer auf + 32°; der Siedepunkt liegt demnach bei Réaumur auf 80°, bei Celsius auf 100°, bei Fahrenheit auf 212°. — Der Nullpunkt des Fahrenheit'schen

Thermometers fällt mit dem Teilstriche =  $17\frac{7}{9}$  der Celsius'schen Skala zusammen.

Zur Umrechnung Fahrenheit'scher Grade auf Celsius'sche Grade kann man sich folgender Reduktionsformeln bedienen:

$$x^{\circ} F. = (x - 32) \frac{5}{9}^{\circ} C.$$

oder umgekehrt, wenn man Celsius'sche Grade in Fahrenheit'sche umwandeln will:

$$y^{\circ} C. = (y \cdot \frac{9}{5} + 32)^{\circ} F.$$

Als thermometrische Flüssigkeit wird vorzugsweise Quecksilber angewendet. Gewöhnliche Weingeistthermometer sind nur für sehr niedrige Temperaturen geeignet.

Zur Feststellung von Raumtemperaturen sind die im Handel vorkommenden Zimmerthermometer wenig empfehlenswert; man sollte sich daher hierzu der Normalthermometer bedienen. Wenn solche aber nicht zur Verfügung stehen, müssen die Fehler durch Vergleich mit einem Normalthermometer korrigiert werden.

Die Lufttemperatur eines zu untersuchenden Raumes wird — wenn zugänglich — in der Mitte desselben durch ein von der Decke herabhängendes Thermometer in 1,50 m Höhe über dem Fußboden gemessen. Ist die Decke schwer zugänglich, so kann man auch die Mitte einer Scheidewand zur Aufhängung benutzen. Die Rückseite der Skala darf aber die Wand nicht berühren, sondern muß 1 bis 1,50 cm von derselben abstehen, damit die Luft auch hinter dem Thermometer zirkulieren kann. Als Unterlagsscheiben benutzt man Kork.

Für genaue Temperaturmessungen wird — um zu sicheren Ergebnissen zu gelangen — eine größere Anzahl Thermometer übereinander aufgehängt, und zwar das eine am Fußboden, das zweite in Kopfhöhe, das dritte unter der Decke. Es sind aber nicht allein die Temperaturverhältnisse an den gegenüberliegenden Scheidewänden, sondern auch diejenigen der Front- und Mittelwand festzustellen, so daß für die Untersuchung eines gewöhnlichen Wohnraumes schon 12 Thermometer erforderlich werden.

Regelung der Raumtemperaturen beim Heizbetrieb.

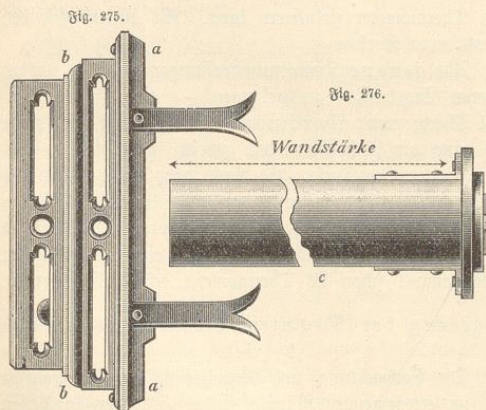
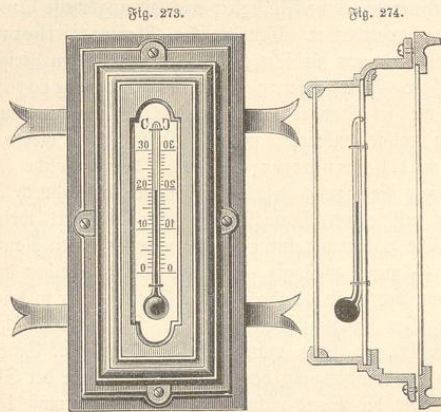
Die Beobachtung und Regulierung der Temperatur der zu erwärmenden Räume findet entweder in diesen selbst oder von außen her durch Kontrollvorrichtungen statt. Letztere bieten den Vorteil, daß man die Wärmegrade der an eine Centralheizung angeschlossenen Räume von außen her (Korridor) ablesen kann, so daß die durch das Betreten der Räume entstehenden Störungen vermieden werden.

Ein derartiges Kontrollthermometer wird von der Fabrik für physikalische und meteorologische Instrumente G. A. Schulze in Berlin, Schönebergerstraße 4, konstruiert

und im Auftrage der Berliner Stadtverwaltung seit Jahren für sämtliche Berliner Schulanstalten, sodann auch für verschiedene größere Städte (Charlottenburg, Köln, Königsherg i. Pr., Kostock) geliefert.

Dieses Wandthermometer ist dargestellt durch Fig. 273 bis 277 und besteht aus:

1) Einem gußeisernen Rahmen aa, der mit angeieteten Steinschrauben in der Korridorwand befestigt ist;



Zarge befestigt und gegen das Eindringen kalter Luft mit Gummiring abgedichtet. Die Schaulöhre haben solchen Durchmesser, daß man Temperaturen von  $+5^{\circ}$  bis  $+30^{\circ}$  an der Skala ablesen kann.

Zum Ablesen der Temperatur der Heizkammern in mit Centralluftheizung versehenen Gebäuden fertigt die Firma G. A. Schulze ferner Winkelthermometer mit Maximumangabe in Eisenfassung, verschließbarem Messingdeckel mit eingekitteter Glasscheibe, die Skala auf Milchglas eingegraben; hierzu Vorhängeschloß und Magnet. Hierzu sei bemerkt, daß an denjenigen Stellen des Gebäudes, wo Wärmezustände vom Flur her beobachtet werden, auch die nötigen Regulierungsvorrichtungen (Lüftungsclappen) vorhanden sein müssen. Je einfacher und bequemer die Regelung ist, desto besser kann sie gehandhabt werden.

Bei ausgedehnten Gebäuden sucht man die Feststellung der Wärmezustände und die Regelung der Temperaturen der zu lüftenden Räume von einer Centralstelle aus zu bewirken.

Soll der Heizer in den Stand gesetzt werden, vom Souterrain her sich über die Temperaturen der mit Centralluftheizung versehenen Zimmer verschiedener Geschosse zu vergewissern, um darnach den Heizprozeß des Centralapparates zu regeln, so kann dies entweder durch sogenannte bewegliche Thermometer oder durch die der Firma Fischer & Stiehl in Essen patentierten, im Luftleitungsschacht angebrachten Spiegelapparate geschehen.

Anm. 1) Ein bewegliches Quecksilberthermometer hat Hermann Fischer durch Zeichnung und Beschreibung erläutert im Handbuch der Architektur, III. Teil, 4. Band auf S. 249. Das bewegliche Thermometer mit Metallfassung und schützenden Gummipuffern ist in einer 25 mm weiten schmiedeeisernen Röhre an einer Kette ohne Ende, welche über die oberhalb des Kopfstückes befindliche Rolle läuft, untergebracht. An der Kette hängt ein Gegengewicht, welches sich über eine unten befindliche Rolle hinweg in der zweiten Röhre bis zum Kellergehoß hinab- und wieder heraufziehen läßt. Wegen geringen Rohrdurchmessers ist die Vorrichtung in einer Vertiefung der Wandfläche leicht platzierbar, und ist das obere Ende in dem betreffenden Zimmer in schieflicher Höhe und das untere für den Heizer an einer bequem gelegenen Stelle zugänglich. Vermittelt der unteren Rolle vermag der Heizer das im Zimmer befindliche Thermometer rasch nach unten zu bewegen und die oben herrschende Temperatur abzulesen.

2) Bei dem patentierten<sup>1)</sup> Apparate von Fischer & Stiehl befindet sich das Thermometer im Zimmer vor dem Luftleitungskanal; ein unter  $45^{\circ}$  gegen den Horizont geneigter Spiegel im Luftkanal

2) dem aufgeschraubten Thermometergehäuse bb, das an der Zimmerseite durch eine eingekittete Glasscheibe und in gleicher Art gegen die Mauer hin abgeschlossen ist, so daß die dahinter befindliche kühlere Luft die thermometrischen Angaben nicht beeinflussen kann;

3) einem in die Wand eingesetzten Schaulöhre mit daran festgenietetem, rundem Verschlußrahmen d, Fig. 277. In dem Rahmen ist die Verschlußscheibe in drehbarer

1) Deutsches Reichspatent Nr. 8118 vom 25. Mai 1879.

wirft das Bild des Thermometers abwärts nach dem Souterrain, wo es von einem zweiten Spiegel aufgenommen wird.

3) Zur Temperaturmessung werden zuweilen auch **Thermotelegraphen** benutzt, d. h. Instrumente, welche an einem beliebig gelegenen Orte durch zwei verschiedene Glockensignale selbstthätig anzeigen, daß der Raum, in dem sie sich befinden, entweder eine bestimmte, höhere oder eine zu tiefe Temperatur angenommen hat.

Als thermometrische Substanz dient hier der Weingeist. Ein U-förmig gebogenes Glasrohr ist in seinem unteren Ende mit Quecksilber gefüllt und die lotrechten Schenkel sind oberhalb zu länglichen Gefäßen gestaltet. Das eine, oben geschlossene, ist ganz mit Weingeist gefüllt, das andere enthält weniger davon.

Bei wechselnder Temperatur dehnt sich der Weingeist in dem geschlossenen Gefäße aus, drückt auf die darunter befindliche Quecksilberfläche und treibt das Quecksilber im anderen Schenkel etwas empor. — In den Apparat sind Platindrähte eingeschmolzen, deren Enden bis zu bestimmter Tiefe hinabragen, so daß bei der zulässig niedrigsten Temperatur der Quecksilberpiegel mit demjenigen Draht in Berührung kommt, der sich in dem gefüllten Gefäße befindet, während bei der höchsten Temperatur der andere Draht mit der Quecksilberfläche in Kontakt kommt. Von den Platindrähten sind Leitungen an denjenigen Ort geführt, der das Signal empfangen soll, und dajelbst zwei elektromagnetische Läutewerke angebracht, von denen das eine läutet, wenn die Grenze des höchsten Temperaturstandes erreicht ist; das andere, wenn das Quecksilber an der tiefsten Grenze angelangt ist.

Dem Heizer bleibt es freilich trotz des Thermotelegraphen unbekannt, um wieviel der betreffende Raum zu warm oder zu kalt ist.

Die Temperaturkontrolle der einzelnen Räume vom Heizraume her wird bisher durch die jenem Zweck dienenden Apparate nicht ermöglicht, dieselben gestatten nur eine sprungweise Feststellung der Wärmegrade, nicht eine fortlaufende, mittels deren man jeden Stand des Thermometers feststellen kann.

Diese Übelstände werden vermieden durch den in Fig. 278 u. 279 dargestellten Fernmeßinduktor von Prof. Dr. Münnich (D. R. P. Nr. 40295).

Die eingehende Beschreibung des Apparates und des damit verbundenen Thermometers ist im „Centralblatt der Bauverwaltung“ Jahrgang 1891, S. 21 gegeben.

Der Apparat besteht aus:

- dem Metallthermometer, Fig. 278,
- einem Kontrollapparat, Fig. 279,
- einem Telephon,
- einem Unterbrecher,
- der Batterie.

Unter sich verbunden sind die großen feststehenden Spulen des Thermometers und des Kontrollapparates und ferner die beiden drehbaren Spulen beider Instrumente. In letztere Leitung ist am Kontrollapparat das Telephon eingeschaltet.

Der Münnich'sche Fernmeßinduktor beruht auf dem Geseß, daß ein Strom, der durch eine mit isolierten

Drähten unwickelte Spule geht, in einer innerhalb derselben angeordneten zweiten Spule Induktionsströme erzeugt, deren Stärke im Verhältnis steht zur Größe des mit den Spulen gebildeten Winkels. Es tritt Strom auf, sobald die Neigungswinkel der Spulen verschieden sind und er verschwindet, sobald sie gleich werden.

Fig. 278.

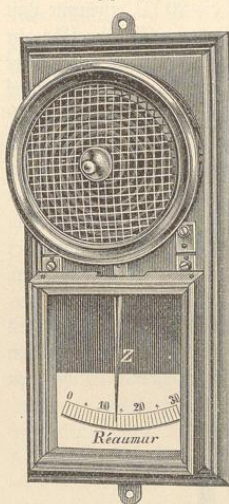
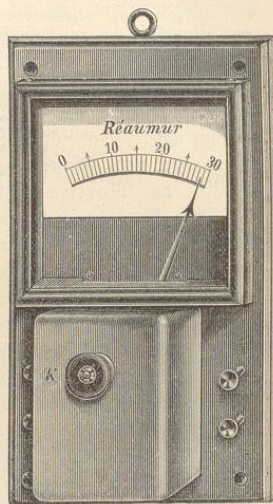


Fig. 279.



In der Kontrollstation (Fig. 279) wird — während man die Hand an den Knopf K legt — die kleine Spule und der damit verbundene Zeiger solange gedreht, bis die Leitung stromleer wird, d. h. bis die beweglichen Spulen denselben Neigungswinkel haben. Ist dies eingetreten, so meldet Zeiger Z die Temperatur der Aufnahme-station. Ein Telephon zeigt das Vorhandensein oder das Verschwinden des Induktionsstromes an, indem bei den geringsten Stromunterschieden ein Rasseln gehört wird. Bei der Benutzung legt man das dem Kontrollapparat beigegebene Telephon mit der einen Hand fest an das Ohr und dreht mit der anderen Hand den Zeiger des Kontrollapparates über die Skala desselben, wobei man im Telephon ein deutliches Summen vernimmt, welches um so stärker wird, je mehr man sich vom Gradstriche entfernt, der dem Stande des Zeigers entspricht. Dieser Grad markiert sich dadurch, daß das Summen im Telephon gänzlich aufhört.

In ähnlicher Weise wie die Fernthermometer wirken Fernfeuchtigkeitsregler (von Rietschel). Zur Messung der Feuchtigkeit dient ein ausgespanntes Menschenhaar. — Ist die Feuchtigkeit so groß, daß sich das Haar ausdehnt, so giebt es an dem drehbaren Hebel Kontakt, der

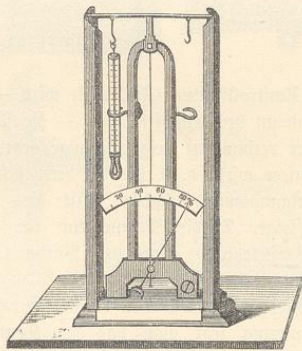
elektrische Strom wird geschlossen und durch diesen das Ventil für die weitere Befeuchtung.

#### Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

Die Zimmerluft soll derart beschaffen sein, daß dieselbe weder übermäßig trocken sei, noch durch zu starken Feuchtigkeitsgehalt belästigend wirke. — Nach Annahme der Physiologen ist nun eine auf 17 bis 20° C. erwärmte Luft der Gesundheit am zuträglichsten, wenn sie ungefähr zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigt ist. Da ein Kubikmeter Luft von + 20° bis zur Sättigung 17,2 g Wasserdampf aufnehmen kann, so darf im Mittel der Feuchtigkeitsgehalt der Luft unserer Wohnräume 8 bis 9 g pro Kubikmeter betragen, oder nach Prozenten ausgedrückt, würden 40 bis 60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit zu erstreben sein.

Diese Thatsachen sind bereits<sup>1)</sup> in der Einleitung zum sechsten Kapitel besprochen worden, und ist dort auch der Instrumente, welche zum Messen der Luftfeuchtigkeit dienen, nämlich der Hygrometer, Erwähnung geschehen. Verfasser hat sich bei seinen Untersuchungen mit Vorteil des in Fig. 280 dargestellten Prozenthygrometers von Höttinger & Co. in Zürich, mit Spoliervorrichtung von Dr. E. Koppe, bedient.

Fig. 280.



Daselbe besteht aus einem gut gereinigten Menschenhaar, das am oberen Ende befestigt, am unteren um eine kleine Rolle geschlungen ist, deren Achse einen Zeiger trägt. Durch ein Gewicht von 0,5 g wird das Haar gespannt. In trockener Luft verkürzt es sich und dreht den Zeiger nach links, durch Befeuchten verlängert es sich, und das Gewichtchen bewirkt Zeigerdrehung nach rechts. Wenn die Luft vollkommen gesättigt ist, soll der Zeiger an der Skala auf 100 zeigen und dort stehen bleiben. Dies dient zur Prüfung des Instrumentes.

1) Bergl. § 71.

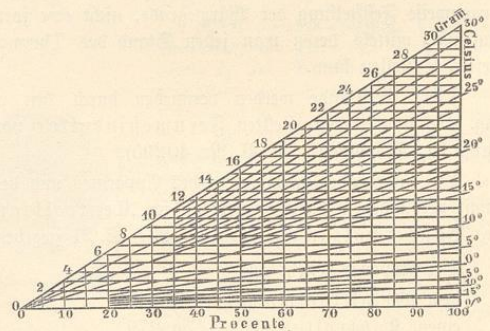
Will man Feuchtigkeitsmessungen vornehmen, so hat man vorher das Instrument zu justieren. Zu dem Ende wird der zugehörige, mit Mouffelin überzogene Blechrahmen mit Wasser getränkt und in die Nut auf der Rückseite des Instrumentes eingeschoben. Sodann wird das Gehäuse vorn durch eine Glasscheibe und hinten durch den Metallschieber geschlossen, wobei sich dasselbe in kurzer Zeit mit Feuchtigkeit füllt, das Haar sich rasch sättigt und der Zeiger auf 100 vorrückt. Ist letzteres — etwa infolge von Veränderungen durch den Transport — nicht der Fall, so stellt man mittels eines auf die Achse a aufgesetzten Schließfels den Zeiger genau auf 100.

Nunmehr ist das Instrument justiert, und nachdem Schieber, Rähmchen und Glasscheibe entfernt sind, zeigt dasselbe einige Minuten später die relative Feuchtigkeit des zu prüfenden Raumes richtig an.

Beim Transport wird das Gewichtchen, welches das Haar spannt, abgehängt und der Zeiger auf die linke Seite unter eine dort befindliche Öse gebracht.

Mit Hilfe der vom Hygrometer in Prozenten angegebenen relativen Luftfeuchtigkeit läßt sich mittels des nachstehenden Diagrammes auch die absolute Feuchtigkeit und der Taupunkt der Luft des betreffenden Raumes finden, wenn gleichzeitig auch die Temperatur der Luft beobachtet wird.

Fig. 281.



1. Beispiel: Ableitung am Hygrometer . 65 Proz.  
" " " Thermometer 10° C.

Geht man auf dem Diagramm vom Schnittpunkt der beiden Linien (65 und 10) in der Horizontalen nach links, so findet man 6 g; d. h. es sind in einem Kubikmeter dieser Luft 6 g Wasserdampf enthalten, verfolgt man die Horizontale nach rechts, so findet man den Taupunkt bei 3°, d. h. die Luft kann von 10° bis auf 3°, also 7° abgekühlt werden, bis ein Niederschlag erfolgt.

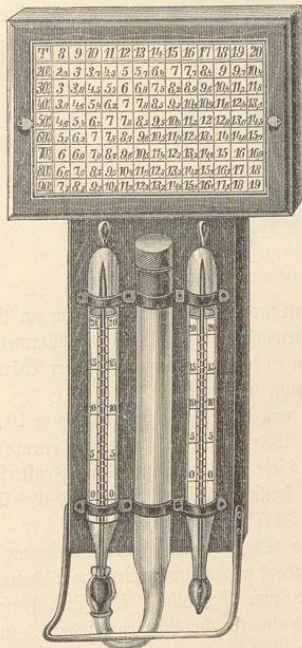
2. Beispiel:

Ableseung am Hygrometer wie vor 65 Proz.  
 " " Thermometer . . . 25° C.  
 Absolute Feuchtigkeit . . . = 15,3 g.  
 Taupunkt . . . . . bei 18° C.

Während bei gleicher relativer Feuchtigkeit im ersten Beispiele die Luft nur 6 g Wasserdampf enthält, steigert sich im zweiten durch die höhere Temperatur der Wassergehalt auf 15,3 g pro Kubikmeter Luft. Es ergibt sich hieraus, daß je höher die Temperatur steigt, desto größer das Vermögen der Luft wird, neue Wasserdämpfe aufzunehmen.

Zuverlässiger in ihren Angaben sind die Hygrometer, die — wie das August'sche Hygrometer — auf „Verdunstung“ des Wassers an der umhüllten Thermometerkugel beruhen. Der Apparat von August hat durch Krell in Nürnberg eine für den praktischen Gebrauch zweckmäßige Form erhalten. (Vergl. Fig. 282.)

Fig. 282.



Die Kugel des links angebrachten Thermometers ist mit einem Leinwandläppchen umhüllt, das sich dochartig nach dem zwischen den Thermometern angebrachten, geschlossenen Wasserbehälter fortsetzt und aus demselben mit Verdunstungsluft versorgt wird. Die Kugel des rechts hängenden Thermometers bleibt frei. Das Wasser an der

Reymann, Baufunktionslehre. IV. Vierte Auflage.

unwickelten Kugel wird verdunsten, und zwar um so rascher, je weiter die Luft von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist. Durch die Verdunstung des Wassers wird Wärme gebunden und demzufolge sinkt das unwickelte Thermometer. Wenn die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist, wird Wasser nicht verdampfen können und die Thermometer stehen dann gleich hoch; ist aber die Luft nicht gesättigt, so sinkt das unwickelte Thermometer, und zwar um so tiefer, je weiter die Luft von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist. Aus der Temperaturdifferenz der beiden Thermometer kann man sodann auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft schließen, und zwar sind die Prozente der relativen Feuchtigkeit sogleich aus der über den Apparaten angebrachten Tabelle abzulesen.

**Praktische Anwendungen.**

Die Anwendung der in den Paragraphen 67 bis 75 vorgeschriebenen Prinzipien und Methoden auf die rationelle Lüftung der verschiedensten Gebäudegattungen hier vorzuführen, würde bei weitem unser Ziel überschreiten; wir werden uns daher begnügen, nur solche Beispiele vorzuführen, welche in der Praxis am häufigsten zur Anwendung gelangen, als: Lüftung der Wohnräume, Schulen, Auditorien, Sitzungssäle politischer Körperschaften, Theater, öffentlichen Lokale und Versammlungssäle, Krankenhäuser, Gefangenenanstalten, Kasernen. Die Lüftung verschiedener Arten von Fabriken und Arbeitsräumen, in denen Dämpfe und der Gesundheit schädliche Gase erzeugt werden, liegt dagegen den Zielen dieses Buches fern.

§ 80.

I. Die Lüftung der Wohnräume.

Sie ist in der That eine Lebensfrage, weil von ihr Gesundheit und Wohlbefinden in hohem Grade abhängen, und dennoch wird beim modernen Häuserbau hierauf selten Rücksicht genommen. Für Abführung des Verbrauchswassers und der Exkremente wird gesorgt, an die Entfernung der verbrauchten Luft denkt der Erbauer nur in den seltenen Fällen, und zwar dann erst, wenn er durch Polizeivorchrift oder durch die Notwendigkeit dazu gedrängt wird.

Große Wohnungen, in denen 5 bis 6 Familienglieder über ebensoviele Zimmer verfügen, bedürfen allerdings einer künstlichen Lüftungseinrichtung kaum: hier genügt in der Regel dasjenige Quantum Luft, welches durch die Thüren, Fenster und die Fugen der Baumaterialien eindringt. Wo aber, wie in den Arbeiterwohnungen, kinderreiche Familien in einem kleinen Wohngelass zusammengedrängt leben und schlafen müssen, während die Luft dieser Räume noch durch unreine Stoffe stundenlang verpestet wird, dort wäre es

Aufgabe der öffentlichen Gesundheitspflege, dahin zu wirken, daß Wohnungen dieser Art mit entsprechenden Lüftungsanlagen versehen sein müßten.

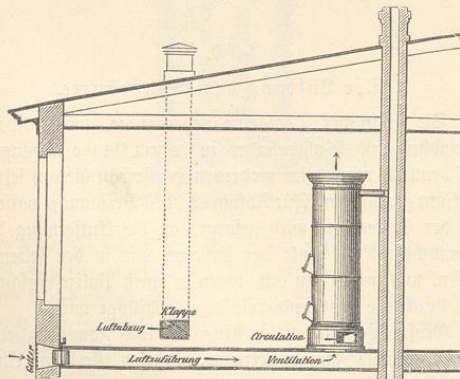
Für diese kleinen Wohnungen der Arbeiterhäuser und der sogenannten Mietskasernen sind nun zwar komplizierte und teure Lüftungsanlagen von französischen und englischen Philanthropen vielfach empfohlen worden, dieselben werden aber nie zur allgemeinen Anwendung gelangen, weil sie die Bedingung der Einfachheit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

Eine Zuführung frischer Luft in solche stark bevölkerte Häuser ist gleichwohl möglich, sobald nur die sämtlichen Korridore durch angemessen verteilte Schloten mit der äußeren Luft in Verbindung gebracht werden, wobei die Luftzuführung auch von oben her, etwa unter Einfluß der pressenden Wirkung des Windes, erfolgen kann, falls von der Straße oder von engen Höfen her eine solche Zuleitung aus hygienischen Gründen unthunlich wäre.

Die Vorplätze oder Korridore sind sodann nahe der Decke mit jenen Luftschloten in Verbindung zu bringen, und die zufließende frische Luft ist durch stellbare Klappen in die Wohnzimmer und Küchen einzuleiten.

Zur Absaugung der verbrauchten Luft können einzelne russische Röhren benutzt werden, welche dicht neben den erhitzten Rauchröhren liegen und von ihnen nur durch eine dünne Wange von Thon oder starkem Blech getrennt sind. Unterstützt wird die Absaugung der schlechten Luft durch die Wahl angemessener Öfen.

Fig. 283.

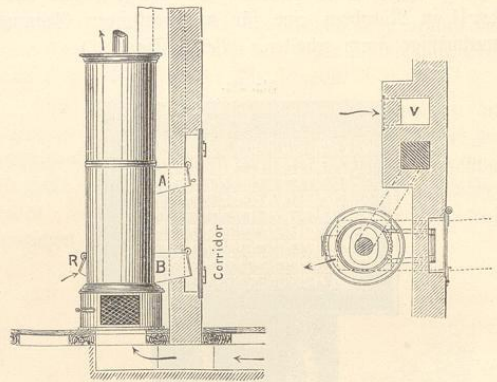


Die in § 30 und 31 besprochenen Öfen mit doppeitem Mantel können hierzu mit großem Vorteile benutzt werden. Zur Abführung eines gleichgroßen Quantums verbrauchter Zimmerluft muß man alsdann durch Anlage eines günstig gelegenen Ventilationskanales sorgen. Die frische Luft wird gewöhnlich von unten her in den Hohl-

raum zwischen Heizkörper und Mantel eingeführt, und kann ein Kanal unter dem Fußboden zur Luftführung dienen. Der Luftzutritt wird dicht an der Frontwand mittels Droffelklappe geregelt. (Vergl. Fig. 283, Lüftung eines Zimmers durch Ventilationsmantelöfen.)

Auch der in Fig. 284 dargestellte Ofen ist an dieser Stelle zu nennen. Die Bedienung desselben erfolgt (im vorliegenden Falle) vom Korridor her. A ist der Füllschacht, B der Aschenkasten. Durch die Regulierthür R kann der Zutritt der Luft zum Brennschacht vom Zimmer aus geregelt werden. Die frische Luft tritt unterhalb des Fußbodens in den Mantelraum in der Richtung der Pfeile ein und oberhalb erwärmt aus. V im Grundriß ist ein Abzugsrohr für verbrauchte Zimmerluft.

Fig. 284.



Soll nun für einen bestimmten Raum ein Ventilationsmantelofen gewählt werden, so ist der Wärmeverlust durch Transmission zu berechnen und diesem der Wärmeverbrauch für die Lüftung hinzuzufügen.

Hierzu mag das Zahlenbeispiel des § 18, Seite 41, dienen. Der Wärmeverlust eines Zimmers von 5 m Länge, 6 m Tiefe, 4 m Höhe und 4 qm Fensterfläche wurde ermittelt bei kontinuierlicher Heizung und 30° Temperaturdifferenz zu 3347 Wärmeeinheiten.

Die pro Stunde zuzuführende Luftmenge möge zu 20 cbm pro Kopf angenommen werden; alsdann sind, wenn das Zimmer zum Aufenthalt für fünf Personen dient, stündlich 100 cbm frische Luft einzuführen, zu deren Erwärmung bei 30° Temperaturdifferenz

$$30 \cdot 100 \cdot 1,3 \cdot 0,24 = 936 \text{ Wärmeeinheiten}$$

erforderlich sind (wobei 1,3 das Gewicht eines Kubikmeters Luft und 0,24 die spezifische Wärme der Luft darstellt).

Ein Kachelofen, der diesen Wärmeeffekt hervorbringen soll, liefert stündlich pro Quadratmeter 1500 Wärmeeinheiten; es sind demnach erforderlich:

$$\frac{3347 + 936 \text{ W.-Einh.}}{1500 \text{ W.-Einh.}} = \frac{4283}{1500} \text{ rot. } 2,86 \text{ qm}$$

Kachelfläche; der Sockel wird nicht als Heizfläche gerechnet.

In der Regel findet aber kontinuierliche Beheizung in Wohngebäuden nie statt; wenn daher der Kachelofen nur während der Tagesstunden Wärme abgeben soll, sind obigen 3347 Wärmeeinheiten (nach Redtenbacher) noch als Zuschlag 20 Proz. hinzuzufügen, so daß sich ergibt: der Wärmeverlust durch Transmission = 4015 W.-Einh.  
 " " " Ventilation wie oben 936 " "  
 Stündlicher Gesamtärmeverlust 4951 W.-Einh.

Hiernach vergrößert sich die Heizfläche auf  $\frac{4951}{1500} =$  rot. 3,3 qm. Es genügt daher ein Ofen von drei Kachel Länge, zwei Kachel Breite und sieben Schichten Höhe; sein Flächeninhalt ist einschließlich Ofendecke  $(3 + 2) 2 \cdot 0,20 \times 7 \cdot 0,23 + 0,6 \cdot 0,4 = 3,46$  qm.

Ein gußeiserner Ofen von  $\frac{4950}{2500} = 2,0$  qm Heizfläche würde denselben Effekt liefern, und würde sich dazu wegen seiner gleichförmigen Wärmeabgabe einer der in § 30 genannten Regulieröfen, welche die gewünschte Heizfläche besitzen, eignen.

Der auf Tafel 9 dargestellte größere Ofen von Geiseler genügt bei starker Ventilation für ein Zimmer von 180 cbm Inhalt, während das Zahlenbeispiel nur 120 cbm Inhalt voraussetzt.

In England und Amerika, wo die Kaminheizung von jeher für Wohnungen ganz besonders beliebt ist, ist dieselbe durch eine andere Heizmethode kaum zu verdrängen; das milde Klima Englands und sein Reichtum an guten Steinkohlen begünstigen eben diese Sitte in hohem Grade. Auch ist der Komfort, den der Kamin einem Raume verleiht, durch ein anderes Heizsystem schwer zu erreichen, obwohl dabei thatsächlich nur 15 Proz. der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme durch Strahlung im Zimmer nutzbar gemacht werden. Die übrigen 85 Proz. entweichen mit den Verbrennungsprodukten in den Schornstein, sie liefern aber das Mittel, durch welches die verdorbene Luft der Wohnräume konstant abgeseugt werden könnte. Auch imitiert das offene Feuer am meisten die Wirkung der Sonnenstrahlen und ändert die Beschaffenheit der Luft in keiner Weise. — Alles dies spricht also zu Gunsten der Kaminheizung!

Was die allgemeinere Anwendung der Kamine verhindert, ist lediglich die ungleichmäßige Art der Wärmeverteilung,<sup>1)</sup> welche nur die dem Feuer zu-

gewendete Seite (d. h. Gesicht und Kopf) erwärmen, während ein Strom kalter Luft von den Fenstern her sich auf dem Fußboden hinzieht und Füße und Rücken durch Kälte belästigt, denn dieser kalte Luftstrom kann zuweilen eine Temperatur von nur wenigen Graden über Null haben.

In Amerika, wo die Kaminheizung ebenfalls beliebt ist, pflegt man außer dem Heizkamin noch irgend einen anderen Heizkörper — Dampfregister, Rohrschlange oder dergl. — und zwar in der Fensterbrüstung aufzustellen. Alle durch die Brüstungsmauer eintretende frische Luft wird hier etwas vorgewärmt, man hat also stets eine belebende Luft zum Atmen, während der Körper des Zimmerbewohners durch die direkte Strahlung des Heizkörpers erwärmt und Zug verhindert wird. Die eingeführte reine und vorgewärmte Luft steigt aber bei ihrer geringen Temperatur nicht sogleich nach oben, sie thut es nur nach und nach in dem Sinne, wie sie erwärmt wird: die obere Klappe des Ventilationskanales kann daher konstant offen bleiben, und die schlechte Luft am Fußboden wird durch Öffnungen an der Schauerleiste, welche mit einem Kanal unter dem Fußboden korrespondieren, abgeseugt.

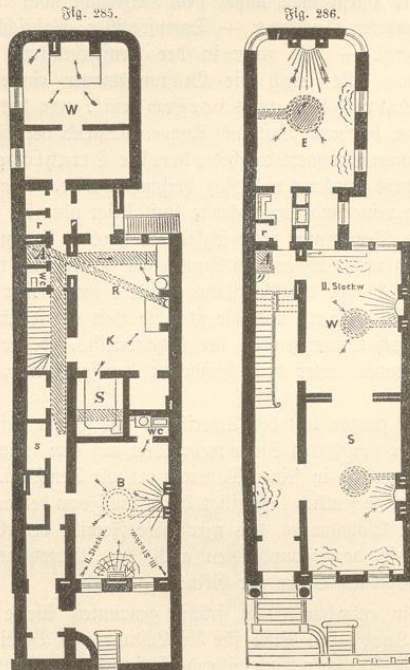
Im ganzen legt der Amerikaner mit seinem auf das Praktische gerichteten Sinne mehr Wert auf eine rationelle Lüftungsanlage in seiner Wohnung als wir Deutschen. Es wird dies wesentlich begünstigt durch die Form des amerikanischen Wohnhauses, das nur eine Familie beherbergt, obwohl in den Hauptstädten auch das Mietshaus im ausgeprägtesten Sinne zur Geltung gelangt ist.

Wir entnehmen dem früher genannten Werke von L. W. Leeds den Plan für die Lüftung und Beheizung eines amerikanischen Einfamilienhauses. Fig. 285 stellt den Grundriß vom „Basement“ und Fig. 286 denjenigen vom ersten Stock dar; über diesem befinden sich noch ein zweiter und dritter Stock, welche Schlafräume, Fremdenzimmer und dergl. enthalten. Die Bestimmung der Räume ist aus den Grundrissen ersichtlich. Die Küche ist unterkellert und der Keller erhält sein Licht durch einen Einfallschacht im Hofraum; im Keller befindet sich der Warmwasserheizapparat.

Die Zimmer werden sämtlich mit direkter Strahlung geheizt, einige haben nämlich offene Kaminfeuer, andere werden durch Wasserspiralen erwärmt, an einzelnen Fenstern liegen Rohre im Fußboden. Die frische Luft gelangt in die Zimmer, nachdem sie sich, wie oben bemerkt, an den Heizröhren erwärmt hat; diese Einstromungsstellen sind durch Pfeile markiert. Die Abführung der von den

Douglas Galton haben wir — für deutsche Verhältnisse umgeformt — in § 25 beschrieben und auf Tafel 16 in Fig. 1 bis 4 dargestellt.

Gasflammen entstammenden heißen Luft wird durch Ventilationsrosetten bewirkt, wobei die Verbrennungsprodukte auf kurzem Wege in Blechkanälen innerhalb der Balkendecke nach dem nächsten Rauchrohr ziehen. Die Kochküche mit Vorflur liegt im Basement. Damit Hausflur und Treppenhaus nicht durch die von der Küche



ausgehenden Speisegerüche erfüllt werden, auch Küchendunst und Wärme leicht aus der Küche u. s. w. abziehen, ist seitlich in einiger Entfernung vom Herde ein Lüftungsschlot A angebracht, welcher 0,80 zu 1,0 m Seitenabmessung hat. Um einen guten Luftzug in demselben zu befördern, ist das Rauchrohr des großen Küchenherdes unter dem massiven Küchenfußboden entlang geführt und so angebracht, daß es die eine Wange des Ventilationschlotes bildet; durch die abgehende Wärme der Verbrennungsprodukte wird daher Luftverdünnung im Schlot hervorgerufen. (Vorteilhafter wäre es, das Rauchrohr aus Eisen herzustellen und inmitten des Schlotes aufzurichten.) Beide Teile, Schlot und Rauchrohr, sind 22 m hoch aufgeführt, wodurch ein starker, aufsteigender Luftstrom erzeugt wird.

Durch den großen Schlot werden der Küchenkorridor, die Spülküche S im Souterrain und zwei Klosett-räume (WC), ferner die Kochküche gelüftet; in der

letzteren befindet sich der Abzug direkt über dem Spülfaß, und die Dunstleitung erfolgt überall durch Blechkanäle zwischen den Balken. Auch der offene Kamin im Billardzimmer dient zur Lüftung. — Im ersten Stock sind sämtliche Zimmer zu gleichem Zwecke mit Heizkaminen versehen, während bei Abendbeleuchtung die obengenannten Deckenrosetten in Funktion treten. Zur Einführung frischer Luft dienen eine Anzahl Ventilationskanäle, welche in der Mauer ausgespart und mit nach innen gerichteten Pfeilen in den Grundrissen bezeichnet sind.

Da Küchenkorridor und Kochküche mit großen Ventilationsregistern in der Decke versehen sind, so wird diesen Räumen konstant eine ziemlich bedeutende Luftmenge entzogen und durch einströmende frische Luft ersetzt, welche im Sommer durch geöffnete Fenster und durch die Hausthür eindringt. Sind diese aber im Winter fest geschlossen, so wird die Luft aus den Gängen und angrenzenden Zimmern in die Küche strömen und von hier durch den Schlot A abgeführt werden. Im Sommer kann diese Methode sogar als schätzbares Mittel zur Abkühlung des Hauses verwendet werden, denn wenn die unteren Räume des Abends geschlossen sind, wird der Ventilationschlot weiter funktionieren, die kühle Abendluft durch geöffnete obere Fensterflügel in die Räume treten und deren Temperatur für die Nacht wesentlich herabmindern. Die Lüftung der Küchen und Wohnräume des amerikanischen Hauses ist daher gut und nachahmungswert.

## § 81.

### II. Lüftung der Schulen.

**Volksschulen.** Diese Gebäude, in denen sich täglich eine große Anzahl von Kindern versammelt, deren Reinlichkeit eine sehr verschiedene zu sein pflegt, macht es ganz besonders notwendig, daß die Luft des Schulraumes allezeit reinlich und frisch, aber dennoch frei von Zugluft sei, weil die Kinder in der Regel im erhitzen Zustande daselbst anzulangen pflegen. Je schlechter nun hier die Luft, desto größer die Gefahr der Ansteckung, welcher ihr zarter Organismus so leicht ausgesetzt ist.

Es war daher eine berechtigte Forderung der öffentlichen Gesundheitspflege, nachdem man überall an veraltete Zustände die bessernde Hand gelegt, daß auch in den Schulen die Beseitigung bestehender Übelstände und namentlich eine gründliche Umänderung des baulichen Organismus der Schule im Sinne der neueren Hygiene verlangt wurde. Auch die Techniker haben sich mit vielem Eifer dieser Angelegenheit bemächtigt, und wir sehen daher allerorten großartige Gebäude entstehen, welche der Jugendbildung gewidmet sind. In diesen Anstalten, welche den Kindern nur zu vorübergehendem (4- bis 6stündigem) Aufenthalt dienen,

pflegt erfahrungsgemäß der Raum pro Kind je nach seinem Alter 0,5 bis 0,6 qm für Bank und Tisch zu betragen, und ebensoviel wird für die nötigen Gänge, für den Tisch des Lehrers und sonstige Schulrequisiten erfordert, so daß auf jedes Kind 1,0 bis 1,2 qm Grundfläche bei 4 m Zimmerhöhe zu rechnen ist. Der für ein Kind vorhandene Luftkubus beträgt daher 4 bis 4,8 cbm.

Aber hiermit ist den Anforderungen an gute Luft im Schullokal keineswegs Genüge geschehen; dieselbe muß vielmehr in der Stunde 3 bis 4mal erneuert werden, so daß für jedes Kind stündlich im Durchschnitt 15 bis 20 cbm frische Luft einzuführen und abzuleiten sind. Auf dieser Grundlage wird die Berechnung der Lüftungsvorrichtungen, insbesondere der Querschnitt der Abzugskanäle und des Lüftungschlotes, geschehen müssen.

Auch die Stellung des Gebäudes zur Sonne kann dabei nicht außer acht bleiben, sofern die Wahl des Platzes freigestellt ist. In großen Städten entscheidet bei Beschaffung von Bauplätzen allerdings das lokale Bedürfnis und die finanzielle Rücksicht. Die Korridore der Schulen sollen aber stets nur auf einer Seite mit Klassen besetzt, auf der anderen mit Fenstern versehen und so eingerichtet sein, daß die Kleidungsstücke, welche die Kinder ablegen, darin hängen können. In der Schweiz und in München hat man Garderoben neben den Schulzimmern angebracht, welche ebenfalls ventiliert werden können. Masse Überkleider, Kopfbedeckungen, Schirme und Überschuhe müssen hier abgelegt werden, so daß im Schullokal von der Feuchtigkeit, die sich daraus entwickelt, nichts verspürt wird.

Endlich soll der von den Schülern in die Klassen getragene Staub täglich durch Abputzen der Subsellien und des geölten Fußbodens entfernt werden; auch die Wände sind einigemal im Jahre abzusegen.

Ideale Forderungen in Bezug auf Heizung und Lüftung der Schulen. Nach dem gegenwärtigen Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege und auf Grund fortgeschrittener wissenschaftlicher Erkenntnis kann die Praxis freilich nicht in allen Teilen den gestellten Anforderungen gerecht werden, gleichwohl ist es angemessen, auch dieses ideale Programm hier aufzustellen.<sup>1)</sup>

1) Die Temperatur soll in angemessener Höhe (auf höchstens 15° R.) erhalten werden können, ohne daß der Lehrer nötig hat, fortdauernd seine Aufmerksamkeit darauf zu richten.

1) Nach dem „Berichte über die Untersuchung der Heizungs- und Lüftungsanlagen in den städtischen Schulgebäuden“, in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Kommissionsverlag von C. Beckh 1879. 5 Bogen Oktav mit 11 Anlagen.

2) Die Heizung soll so angelegt sein, daß die Temperatur eines jeden Schulraumes für sich, unabhängig von allen anderen Räumen, geregelt werden kann.

3) Die Temperatur soll an verschiedenen Stellen der Klasse, sowohl in der Horizontale als in der Vertikale, gleiche Differenzen zeigen.

4) Die zugeführte Luft soll in qualitativer Beziehung weder mit Staub noch mit schädlichen Gasen oder Infektionsstoffen gemischt sein, noch in Betreff der Feuchtigkeit zu Ausfällungen Anlaß geben und in Betreff der Quantität so oft erneuert werden können, daß die Verunreinigung durch den Atnungsprozeß der Schüler nie eine die Gesundheit gefährdende Grenze erreicht.

Ad 2) Die Forderung leichter, dem jeweiligen Bedarf entsprechender Regulierbarkeit wird durch Ofenheizung erreicht, wogegen die Centralheizung den Uebelstand hat, daß die Erwärmung eines Raumes von derjenigen der übrigen Räume, die von derselben Kammer versorgt werden, mit abhängig ist. Auch schafft die Verschiedenheit der Lage und die wechselnde Windrichtung oft schwer zu beseitigende Uebelstände.

Während nun in Betreff der Wärmeregulierung die Schwierigkeit auf Seiten der Centralheizung liegt, ist rücksichtlich der Lüftung die Centralheizung in entschiedenem Vorteil, weil mit derselben auch Lüftung untrennbar verbunden ist, denn: Heizluft ist Ventilationsluft!

In der Mitte zwischen Lokalheizung und Luftheizung steht die Wasserheizung; sie speichert, wie der Kachelofen, die Wärme auf, hat aber auf die Lüftung an und für sich keinen Einfluß.

Ad 3) Diese Forderung wird am zuverlässigsten von der Luftheizung erfüllt, denn die in den Berliner Schulen angestellten Beobachtungen haben ergeben, daß unter normalen Verhältnissen die Temperaturzunahme vom Fußboden nach der Decke hin pro Meter der Höhe

bei Kachelofenheizung . . . . .	1,30° C.,
bei Circulationsheizung . . . . .	0,80 bis 1,15° C.,
und bei gleichzeitiger Ventilation nur	0,42 bis 0,62° C.

betragen hat.

Über die Bewegungsrichtung der ausströmenden Luft sind schon oben Mitteilungen gemacht worden.

Im ganzen hat sich bei Untersuchung von 104 Berliner Gemeindeschulen und 21 höheren Lehranstalten das Resultat ergeben: daß den Centralheizungen unbedingt der Vorzug vor der Lokalheizung zu geben ist, wenngleich auch erstere von der Erfüllung jener oben aufgestellten idealen Forderungen noch entfernt sind. Am besten werden dieselben nach Ansicht der Kommission durch die Wasserheizung mit Drucklüftung erreicht, wobei den Klassen durch Filtration gereinigte, im Winter auch angemessen vorgewärmte Luft zugeführt wird.

Während sich in Deutschland die Lüftung der Schulgebäude ganz selbständig, ohne äußere, vom Auslande herührende Einflüsse entwickelt hat, finden wir in Frankreich ziemlich allgemein das System der Aspiration in Verbindung mit Luftheizungs- und Misch-

kammern zur Anwendung gebracht. Dieses System ist auch für die Ventilation der beiden Amphitheater im Conservatoire des arts et métiers zur Anwendung gebracht und im nächsten Paragraphen besprochen.

Eine andere Konstruktionsmethode eigentümlicher Art ist die von dem Amerikaner Lewis W. Leeds erfundene.<sup>1)</sup> Er sucht die Mittel, durch welche die Natur Bewegungen der Luft hervorbringt, nachzuahmen und nutzbar zu machen, und geht von der Beobachtung aus, daß Sonnenstrahlen, welche auf feste Körper fallen, eine ruhige Luftbewegung längs der Oberflächen derselben hervorrufen. Hieraus folgert er, daß die Hauptaufgabe der künstlichen Lüftung darin bestehen sollte, die Umfassungswände eines Raumes zu erhitzen und hierdurch eine analoge Wirkung auf die frisch eingeführte Zimmerluft hervorzurufen. Zu diesem Zwecke schlägt er vor, die Wände und den Fußboden der Zimmer so hoch zu erwärmen, als dies im Freien durch die Sonne geschieht (auf 30 bis 32° C.), und die Wände auch höher (auf 43 bis 46° C.).

Um dies Wärmequantum dem Fußboden zuzuführen, leitet Leeds die verbrauchte Luft durch zahlreiche horizontale Kanäle unterhalb des Fußbodens ab und legt — zwecks Abführung — in einzelne derselben Dampfrohren ein. Die Erwärmung der Wände soll ebenfalls mittels Dampfrohren, welche hinter einer Verkleidung von Schiefer-, Eisen- oder Thonplatten gelagert sind, erfolgen. In den Fensternischen sind wegen des dort stattfindenden großen Wärmeverlustes besondere Dampfheizkörper aufgestellt. Die frische Luft tritt durch die Fensterbrüstungen mit nach oben gerichteter Strömung ein, und mischt sie sich hier sofort mit der bereits vorgewärmten Zimmerluft. Zur Abführung der verbrauchten Luft sind Ventilationschlote aufgeführt, welche von den Rauchröhren der Heizapparate durchzogen werden. Zur Unterstützung der Saugwirkung werden außerdem noch Heizschlangen im Schlot angebracht.

Man rühmt an diesem System die beständige und gleichförmige Luftcirculation in jedem Teil der zu heizenden Räume, das Fehlen jeglicher kalten Luftströmungen und die vom Schließen oder Öffnen der Thüren unabhängige Temperatur. Es sind dies offenbar große Vorzüge: für uns würde die Annahme dieser Prinzipien aber ein vollständig verändertes System der Deckenkonstruktionen bedingen; namentlich würde die Rücksicht auf Feuericherheit vollständig gewölbte oder in anderer Art aus Eisen und unverbrennlichen Stoffen hergestellte Decken erfordern, welche in unseren Stagenbauten aus mancherlei Gründen bisher nicht Anwendung finden konnten.

1) Nach Spens, Dictionary of engineering etc. London 1874. Div. VIII. In deutscher Übersetzung im I. Jahrgang des „Rohrleger“ Nr. 3 u. f.

### Ausgeführte Beispiele.

Die Lüftungsanlagen einiger neu erbauten Schulgebäude sind schon im vorhergehenden Kapitel besprochen worden, und zwar im Zusammenhang mit den dabei zur Verwendung gelangten Heizvorrichtungen.

#### A. Volksschulen.

a) Eine Anwendung der Luftheizung nach Kelling'schem System zeigt die Heizungsanlage der Volksschule am Albanthor in Göttingen, Tafel 26 bis 28, § 47 im Text; die Wirkungsart der Winter-, Frühjahr- und Herbst-, sowie der Sommerventilation sind daselbst besprochen. Zur Abführung der verbrauchten Luft werden Deflektoren benutzt.

b) Tafel 39 giebt in Fig. 1 bis 5 die Anlage einer Warmwasserniederdruckheizung im Schulhause zu **Westerwik in Schweden**. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt durch einen Aspirationschacht, welcher von dem Rauchrohr der Kesselfeuerung erwärmt wird.

c) Die Lüftungsanlage einer durch Niederdruckwasserheizung erwärmten Berliner Kommunalsschule ist in Fig. 254 des Textes dargestellt. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt wie unter b).

#### B. Höhere Lehranstalten.

d) Auf Tafel 40. und S. 150 u. 151 im Text haben wir die Anlage der Warmwassermitteldruckheizung der Realschule zu Darmstadt beschrieben. Der Luftbedarf war programmäßig pro Kopf und Stunde auf 11 cbm festgesetzt. Die Vorwärmung der eingeführten Luft erfolgt durch eine besondere Heißwasserheizung bis zum Wärmegrade der Zimmerluft (20° C.). Die Lüftung ist vollständig von der Heizung getrennt, und damit der Vorteil verbunden, daß jedes Zimmer sein wohl bemessenes Quantum frischer Luft empfängt und diese infolge geringer Erwärmung ihre ursprüngliche Reinheit behält. Die Abführung der in gemauerten Kanälen über Dach geführten Ventilationsluft wird durch Deflektoren unterstützt.

Anm. Eine zweckmäßige Ventilationsanlage hat der Ingenieur Johannes Haag in Augsburg für die höhere Töchterschule am Schletterplatz in Leipzig eingerichtet. Auch hier ist die Heizung (Mitteldruckwasserheizung) von der Lüftung getrennt. Die Zimmer, welche nach einer und derselben Himmelsrichtung liegen, haben je für sich ihre getrennte Feuerung erhalten.

Die Einrichtung ist so getroffen, daß die Klassenzimmer des Morgens direkt angeheizt werden und die Lüftung erst in Gang gesetzt wird, wenn die Klassen gefüllt sind. Die frische Luft wird durch Warmwasserheizrohren bis zu + 20° C. erwärmt, und die verbrauchte Luft im Winter durch Öffnungen am Fußboden in vertikal absteigende Kanäle geleitet, welche in einem Sammelkanal münden, der sie zum Lüftungschlot leitet. Letzterer wird durch den eisernen Schornstein des Heizapparates erwärmt. Im Sommer

strömt die verbrauchte Luft durch Öffnungen unter der Zimmerdecke in die gemauerten Lüftungskanäle, gelangt nach dem Dachraume und wird mittels Deflektoren über Dach geleugt. Die Regelung des zu- und abströmenden Luftquantums wird vom Souterrain aus (durch den Heizer) besorgt. — Hier befindet sich auch die Lufterwärmungskammer für die ankommende Frischluft; an einem „Winkelthermometer“ (vergl. S. 222) kann der Heizer jederzeit die Temperatur der vorgewärmten Luft ablesen, während die Temperatur der Schulräume vom Korridor her durch Wandgläser, in denen innerhalb des Zimmers Thermometer hängen, kontrolliert wird.

#### C. Zeichensäle für Tages- und Abendbenutzung.

Eine besondere Aufmerksamkeit ist denjenigen gewerblichen Schulen zu widmen, in welchen auch Abendunterricht erteilt wird, und die daher vorzüglich beim Zeichnen eine sehr starke Beleuchtung erfordern. Da nun reichlich angebrachte Gasflammen die Temperatur eines Saales mehr als nötig erhöhen, so muß durch zweckmäßig angebrachte Abzugsöffnungen, verbunden mit reichlicher Luftzufuhr, die Wirkung der Verbrennungswärme des Gases abgeschwächt werden.

Wollte man hierbei die Abzugsöffnungen — wie gewöhnlich — am Fußboden anbringen, so würden die Zeichner sich konstant in einer Temperatur von 30 bis 35° C. befinden und außerdem von den Verbrennungsgasen belästigt werden. Um dies zu verhindern, müssen die verstellbaren Abzugsgitter möglichst in der Decke, und wo dies nicht zugänglich, unter derselben angebracht werden und außerdem muß in angemessener Höhe über dem Fußboden für eintretende Frischluft gesorgt werden.

Wird ein solcher Saal jedoch mehr bei Tage benutzt und ist er mit „Abzug von unten“ versehen, so thut man gut, auch diesen Weg der Circulation nebenher für den Abendunterricht beizubehalten, denn man erhält dadurch eine doppelt wirkende Lüftung, nämlich Abgaugung der leichten Verbrennungsgase der Beleuchtung, die „nach oben“ steigen und dort entweichen, und nebenher eine Luftreinigung der unteren Schichten.

Der Querschnitt der Abzugsöffnungen ist unter der Annahme zu bestimmen, daß die Temperatur der Verbrennungsluft 35° beträgt. Das frisch eintretende Luftvolumen bestimmt sich aus der Menge der stündlich durch die Flammen erzeugten Wärme (vergl. S. 195, Nr. 2, Gasbeleuchtung) und aus der Temperatur der Luft bei ihrem Eintritt in den Saal. Diese letztere darf nicht höher als 15° C. sein, und die von den Schülern erzeugte Wärme darf die Temperatur des Saales nicht über 20° steigern. Auf solche Art kann man die Temperatur der Saalluft mit 20° und diejenige des Lüftungskanales mit 35° in die Rechnung einführen. Kennt man noch die Temperatur der Außenluft und die Höhe des Schornsteines, so ist nach § 44, Abf. III der Querschnitt des Abzugsschlotes leicht zu bestimmen.

#### § 82.

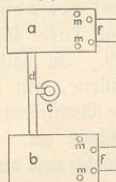
### III. Lüftung von Auditorien und amphitheatralischen Hörsälen.

Im allgemeinen gelten auch bei den Schulen für Erwachsene, den Hörsälen der Hochschulen und Universitäten die in § 81 aufgestellten Grundsätze, mit der Maßgabe, daß Luftkubus und Luftbedarf nach der Morin'schen Tabelle — soweit sie nicht etwa durch das besondere Bedürfnis zu verändern sind — festgestellt werden.

Beim Bau der beiden Amphitheater des Konservatoriums in Paris wurde das stündlich pro Zuhörer erforderliche Luftquantum auf circa 25 cbm festgesetzt; Zu- und Abführung der Luft erfolgt hier durch Absaugen. — Die beobachteten und publizierten Resultate dieser, nach Morin's Angaben<sup>1)</sup> ausgeführten, Heizungs- und Lüftungsanlage ergaben eine große Regelmäßigkeit der inneren Lufttemperaturen und eine Abflußmenge von mehr als 3000 cbm Luft pro Stunde bei einer auf beide Auditorien verteilten Zahl von 1000 Zuhörern.

Für die beiden Amphitheater a und b (Fig. 287) ist in der Mitte des Hofes ein gemeinschaftlicher Evakuationschlot e errichtet. Derselbe ist nach oben verjüngt, hat 18 m Höhe, 2,6 m unteren und 2,1 m oberen Durchmesser. An seinem Fuße münden die beiden Kanäle ein, welche die verdorbene Luft aus den Auditorien abführen:

Fig. 287.



sie haben bei 2,48 m Höhe einen freien Querschnitt von je 2,59 qm und kommunizieren mit den Abzugsöffnungen in den Terrassen der Sitzreihen. Zwei eiserne Thüren an der Einmündung des Kanales in den Schornstein dienen zur Regulierung des Zuges im Lüftungsschlot. In 1,6 m Höhe über der Sohle des Schlotes liegt der Koff für die Aspirationsfeuerung, dessen totale Fläche 1,502 qm beträgt.

Die frische und vorgewärmte Luft wird möglichst entfernt von den Zuhörern, nämlich durch die Decke, in den Saal eingeführt und die Einrichtungen sind so getroffen, daß sie daselbst mit einer Temperatur eintritt, die nur wenig höher als diejenige des Saales ist. — Die Dachsparren sind verschalt und gepußt und dadurch ist über der Decke eine Lustkammer geschaffen, in welcher die Mischung der warmen und der oben zutretenden frischen Luft vor sich geht. Die warme Luft der Heizkammer tritt durch einen Heizkanal von 1 qm Querschnitt ein. Um die Temperatur der Heizluft nach Maßgabe der Außentemperatur zu mäßigen, ist eine breite, mittels Klappen verstellbare Öffnung von 5,05 qm Querschnitt im Dachwerk angebracht, durch welche mit Hilfe von Stellklappen ein größeres oder geringeres Quantum frischer Luft eintreten kann. Die

1) Ausführliche Zeichnungen giebt Morin in seinen Études etc. und Wazon, Raports etc., Tabelle V.

Summe der Zuflussquerschnitte für warme und kalte Luft ist demnach 6,95 qm für den Saal. Der Einstromungsquerschnitt der kleineren Mischkammer — welche zur Erwärmung der Vorräume dient, ist 2,73 qm, hiernach für beide Kammern  $6,95 + 2,73 = 9,68$  qm. Diese Luft wird lediglich durch die saugende Wirkung des Schlotens angelockt, mischt sich in der Luftkammer und tritt mit einer Mitteltemperatur in den Saal ein.

Das Volumen der stündlich eingeführten Luft beträgt circa 18 000 cbm oder pro Sekunde 5 cbm. Die mittlere Durchgangsgeschwindigkeit in den Eintrittsöffnungen ist daher:  $\frac{5,00}{9,68} = 0,51$  m in der Sekunde, d. h. eine außerordentlich mäßige.

Die warme Luft der Mischkammer tritt durch elf, im Plafond gleichmäßig verteilte Öffnungen ein, welche zusammen 11,737 qm freien Durchgangsquerschnitt darbieten. Da nun pro Sekunde 5 cbm geliefert werden, so beträgt die mittlere Einstromungsgeschwindigkeit der warmen Luft 0,42 m, welche um so weniger lästig werden kann, als die letztere nur wenig höher erwärmt ist, als die Luft des Saales.

Obwohl der Effekt der Anlage ein relativ recht guter ist, dürfte doch die Anordnung nicht in allen Stücken nachahmenswert sein, weil man während der Sommermonate nicht im Stande ist, den Zuhörern auch eine abgekühlte Luft zuzuführen. Der Bodenraum ist nämlich im Sommer sehr der Sonnenbestrahlung ausgesetzt und möchte sich daher für diese Jahreszeit etwa eine entgegengesetzte Luftbewegung, d. h. Eintritt der Luft durch die Stufen vom Souterrain her und „Abzug von oben“ empfehlen. Im anderen Falle müßte für Kühlung durch Maschinen gesorgt werden, was im Dachraum nur in seltenen Fällen angänglich sein wird. Vorteilhafter gestaltet sich nach dieser Richtung die Sommerventilation in dem auf Tafel 43 bis 46 gegebenen Beispiele.

Der große Hörsaal des physiologischen Institutes zu Berlin (vergl. Tafel 46) wird durch Dampf- und Luftheizung erwärmt. In halber Höhe, d. h. unter dem Fußboden der Gallerie, tritt die Heizluft durch 14 kleinere und 2 größere Ausströmungsöffnungen mit zusammen 1,55 m Querschnitt ein. Die frische Luft wird mittels zweier Einfallschächte aus dem geräumigen, gartenähnlichen Hofe der Anstalt entnommen (vergl. Anwendungen § 65), und zwar wird sie beim Betriebe der Heizung in die Luftkammern „gesogen“. Wenn die Heizung ruht, erfolgt die Luftzuführung auf demselben Wege, aber mit Hilfe des Ventilators (durch Drucklüftung). Das aus dem Saale stündlich abzuführende Luftquantum beträgt 4000 cbm. Die Einstromungsgeschwindigkeit ist demnach

$$\frac{4000}{3600 \cdot 1,55} = 0,77 \text{ m.}$$

Die Regelung der Temperatur des Saales erfolgt (unter Mitwirkung von Kontaktthermometern) vom Souterrain her durch Einstellung der Mischklappen. — Die Heizungsanlage ist im § 65 ausführlich beschrieben.

#### § 83.

#### IV. Die amphitheatralisch gebauten Sitzungssäle der Parlamente

wurden bisher nach zwei verschiedenen Prinzipien gelüftet, nämlich mit „Abzug von unten“ oder mit

Zuströmung von unten und „Abzug von oben“. Bis zum Ausgange der fünfziger Jahre galt es als unumstößliches Dogma, daß die frische Luft von unten zuströmen müsse, und dies Prinzip wurde denn auch beim Bau des Parlamentshauses in London mit allen damals bekannten Mitteln zur Anwendung gebracht.

Die frische Luft wird in diesem Gebäude von der Themseite her entnommen, tritt in die geräumige Mischkammer, passiert — je nach der Jahreszeit oder dem Bedürfnis — einen Sprühregen und erwärmt sich dann an Gournay'schen Dampfzotten. Durch Klappenstellung kann das Verhältnis zwischen erwärmter und kalter Luft beliebig geändert werden.

Nachdem Staubteile und unreine Stoffe in einem Gaze-Filter zurückgeblieben sind, steigt die Luft gereinigt und auf einen angemessenen Grad erwärmt, aufwärts nach dem Sitzungssaale. Die Einlassöffnungen befinden sich im Fußboden des Saales und sind mit Gitterwerk versehen, über welches Haarteppiche gelegt sind, die man von Tag zu Tag wechselt und reinigt. Zwischen dem Sprecher und Heizer ist eine telegraphische Verbindung hergestellt, denn da die Zahl der anwesenden Mitglieder fortwährend wechselt, muß die Regulierung der Temperatur und der Ventilation unter dessen unmittelbarer Kontrolle gehalten werden.

Die verdorbene Luft wird mittels Abfangen durch vergitterte Öffnungen in den Kassetten der Decke entfernt, außerdem leistet die Gasbeleuchtung wirksame Dienste zur Entfernung der verdorbenen Luft.

In den letzten drei Dezennien hat man sich dagegen mit Entschiedenheit für den „Abzug der Luft von unten“ ausgesprochen, um Verunreinigung der Saalluft durch das Aufwirbeln des hineingetragenen Staubes zu verhindern. Die Schwierigkeit der Abführung von Verbrennungsprodukten der Gasbeleuchtung wird durch Anwendung elektrischer Beleuchtung, deren Wärmeentwicklung eine höchst unerhebliche im Verhältnis zur Leuchtkraft ist, behoben. (Vergl. § 72.)

Als Beispiele nennen wir:

I. Das Palais de la Nation zu Brüssel.<sup>1)</sup> Die Heizungs- und Ventilationsanlagen desselben sind nach dem Plane des Professor Pauli zu Gent ausgeführt. Die Heizung geschieht durch Warmwassercirkulation und die Ventilation wird durch einen Ventilator von Guibal (§ 78, Abb. 4) mittels Drucklüftung bewirkt. Tafel 51 giebt einen Teil vom Querschnitt und Längenschnitt des Gebäudes. In diesem erkennen wir bei d in Fig. 2 den Guibal'schen Ventilator, b und b' sind Teile des Luftzuführungsschachtes, der sich bis unter das Dach hinaufzieht. B ist das Expansionsgefäß der Wasserheizung. Zum Betriebe des Ventilators dient eine Lenoir'sche Maschine von drei Pferdekraft. Das Wasser wird mit Hilfe zweier Kessel erwärmt, und

<sup>1)</sup> Nach Mitteilungen des Professor H. Valerius zu Gent in dessen „Applications de la Chaleur“, III. Edition. Paris 1879.

die Circulationsrohre befinden sich zum Teil in dem vertikalen Luftzuführungsloch b und zum Teil in dessen horizontaler gewölbter Fortsetzung m. In dieser letzteren mischt sich die aufgestiegene Heizluft mit der bei s eintretenden Frischluft des Schachtes b': der Raum m ist also als Mischkammer zu bezeichnen.

Der Sitzungsaal wird in seinem ganzen Umfange von einem ringförmigen Kanal o umgeben. Durch die Öffnungen q q, welche das Deckengesims in kurzen Abständen durchdringen, tritt die angemessen erwärmte Luft aus dem Sammelkanal o mit einer Geschwindigkeit von höchstens 0,70 m in der Sekunde ein. Durch Schieberverchlüsse ist für gleichmäßige Verteilung und Mischung der warmen und kalten Luft derart gesorgt, daß eine vorge schriebene Normaltemperatur innegehalten werden kann.

Die verbrauchte Luft entweicht durch Öffnungen q' in den Stufenabzügen der Sitzreihen, und der Raum unterhalb des terrassenförmigen Podiums kommuniziert mit zwei vertikalen Schächten h, welche in die Kanäle g eingeleitet sind und die schlechte Luft nach der Saugesse e führen, deren Zug durch das eiserne Schornsteinrohr e' der Kesselanlage wesentlich unterstützt wird.

Berechnung der Ventilationskanäle. Die Querschnitte der Abzugskanäle sind so gewählt, daß die Luftgeschwindigkeit pro Sekunde folgende Zahlen nicht überschreitet:

Für die Öffnungen q' . . . . .	0,70 m,
" " vertikalen Kanäle h . . . . .	1,60 "
" " horizontalen Leitungen g . . . . .	1,50 "
" " den Aspirationsloch o . . . . .	2,00 "

Die Ventilation des Sitzungsaales wurde berechnet zu 400 Personen, und zwar zu 30 cbm pro Kopf und Stunde; das stündlich einzuführende Quantum frischer Luft ist also 12000 cbm pro Stunde oder pro Sekunde 3,33 cbm. Die Geschwindigkeit, mit der diese Luft in den Saal eintritt, soll 0,70 m nicht überschreiten, der totale Querschnitt der Einstromungsöffnungen ist demnach  $\frac{3,33}{0,70} = 4,75$  qm, und da die Anzahl der Öffnungen 34 beträgt, muß der freie Querschnitt einer jeden etwa 0,14 qm betragen.

Die Geschwindigkeit der reinen Luft im Ventilationschacht b ist 1 m per Sekunde, der Querschnitt dieses Schachtes ist 3,33 qm.

Die verbrauchte Luft bewegt sich mit 0,70 m Geschwindigkeit in der Sekunde, der gesamte Querschnitt der Abzugöffnungen beträgt 4,75 qm, so daß jede der 104 Einstromungsöffnungen von oblongem Querschnitt 0,14 m x 0,30 m Seitenabmessung erhält.

Die Geschwindigkeit in den horizontalen Leitungen war auf 1,50 m per Sekunde festgesetzt, wonach die Summe ihrer Querschnitte  $\frac{3,33}{1,50} = 2,22$  qm beträgt.

In gleicher Art ist der Querschnitt des Lüftungskamines zu  $\frac{3,33}{2,00} = 1,66$  qm bestimmt worden.

Bestimmung der Heizflächen. Es wurde im Programm festgestellt, daß die Temperatur des Saales konstant auf 18° bei -5° Außentemperatur gehalten werden solle (welches nahezu die in Belgien  
B r e y m a n n, Baufunktionstheorie. IV. Vierte Auflage.

beobachtete niedrigste Wintertemperatur bezeichnet). Hiernach wird bei einer stündlichen Luftzuführung von 12000 cbm der Wärmeverlust bei 23° Temperaturdifferenz sich beziffern auf:

$$12000 \cdot 1,30 \cdot 23 \cdot 0,237 = 85000 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

und wenn man in den Leitungen vom Gutbal'schen Ventilator bis zu den Ausströmungsöffnungen einen Wärmeverlust von 25 Proz., d. h. rot. 21000 Wärmeeinheiten annimmt, so dürfte der stündliche Gesamtwärmebedarf 85000 + 21000 = 106000 Wärmeeinheiten betragen.

Andererseits kann man annehmen, daß jeder Quadratmeter Warmwasser-Circulationsrohr stündlich 400 Wärmeeinheiten abgibt, die erforderliche Heizfläche berechnet sich daher auf:

$$106000 : 400 = 265 \text{ qm.}$$

Professor Pauli behauptet, ohne es jedoch nachzuweisen, daß der Wärmeverlust infolge Transmission der Umschließungswände durch die von den 400 Personen entwickelte Wärme ausgeglichen werde; andernfalls würde dazu etwa  $\frac{1}{2}$  obiger Heizfläche (132 qm) nötig sein.

Nach dieser Annahme beträgt die Gesamtheizfläche 265 + 132 = 397 qm. Bei Anwendung von 0,14 m weiten Röhren ist also eine Röhrenlänge von 882 m erforderlich, und diese Dimension ist in der Ausföhrung auch effektiv vorhanden.

In den Sommermonaten, wo die Heizung nicht in Thätigkeit ist, wird auf einem besonderen Herde ein Lochfeuer entzündet und dadurch das eiserne Rauchrohr e' für die Lüftung in Thätigkeit gesetzt. — Wenn der Saal nicht im Gebrauch ist, werden die Schlußen o' und o'' der Windröhren am Ventilatorgehäuse und die Klappe l im Kanal g geschlossen, um unnütze Wärmeverluste zu vermeiden.

Hauptabmessungen des Ventilators. (Vergl. auch S. 215.) R = 1,50, r = 0,50 m; l = 1,50 m; Peripheriegeschwindigkeit der Flügel circa 10 m, also s = 3,33 m : 5 = 0,66 m. S der Querschnitt des Ventilationsloches an der Eintrittsstelle 2,66 qm.

Die Geschwindigkeit der Luft bei S ist ungefähr 1 m, die Arbeitsleistung pro Sekunde<sup>1)</sup> ungefähr 8 Kilogrammmeter.

II. Das provisorische Reichstagsgebäude zu Berlin. Auch hier war die Bewegung der Luft im Sitzungsaaale „nach abwärts“ gerichtet, die Ausströmung derselben fand aber nicht dicht unter der Saaldecke, sondern in 4 m Abstand von derselben statt. Die Heizungs- und Lüftungseinrichtungen wurden durch die „Aktiengesellschaft für Centralheizungsanlagen in Berlin“ ausgeführt; dieselben sind in der Hauptsache auf Tafel 50 dargestellt.<sup>2)</sup>

Die frische Luft gelangte gewöhnlich durch die Öffnungen d d von dem Garten des anstoßenden Herrenhausgrundstückes in die Korridore B und B' des Kellergeschosses; jedoch war bei A ein Thürabschluß angebracht, um bei Bedarf auch mittels zweier Ventilatoren von Schiele frische Luft eintreiben zu können. Aus den Korridoren trat die

1) Diese Arbeitsleistung ist das Produkt aus dem in einer Sekunde debilitierten Luftvolumen in die Depression einer Wasserföule in Millimetern, welche dem Überdruck das Gleichgewicht hält.

2) Vergl.: E. Haefcke, „Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung“. Berlin 1877. N. Seydel.

Luft in der Richtung der Pfeile in die durch Dampfrohre erwärmten Heizkammern. Für gewöhnlich wurde jedoch nur die größere Kammer links benutzt; in der wärmeren Jahreszeit fand Zuführung frischer Luft an beiden Saalseiten statt.

Über dem Korridor B' und andererseits über den Zuführungen Z Z zur rechtsseitigen Heizkammer lag der Länge nach die Mischkammer O O', welche die Luft passieren mußte, um nach den vertikalen Kanälen zu gelangen und in Höhe von 9,4 m über dem Podium an jeder der langen Saalseiten durch acht kreisrunde, vergitterte Öffnungen von 1,2 Durchmesser auszuströmen. In die Kammer O' konnte von unten her durch eine Anzahl von mit verstellbaren Klappen versehene Öffnungen auch kalte Luft eintreten und sich mit der Heizluft mischen. Zur Erzielung möglichst gleichmäßiger Temperatur in den vertikalen Kanälen wurde die linksseitige Kammer durch Zwischenwände in so viele Abteilungen gebracht, als Vertikalkanäle resp. Ausströmungsöffnungen vorhanden waren.<sup>1)</sup> Durch am oberen Teil der Kanäle angebrachte Thermometer ließ sich der Temperaturstand kontrollieren und die Einströmung frischer Luft in die Heizkammern ebenso durch Klappen regeln, wie die Mischung warmer und kalter Luft. Diese Mischung war nötig, weil die Saaltemperatur vor Beginn der Sitzung nicht mehr als  $13\frac{1}{2}^{\circ}$  R. betragen und die Frischluft nur  $1^{\circ}$  wärmer ausströmen durfte, damit einerseits nicht Zug empfunden wurde, andererseits aber auch die Temperatur nicht zu schnell stieg.<sup>2)</sup>

Die Luft bewegte sich, nachdem sie die Ausströmungsgitter passiert hatte, im Saale abwärts. Hierbei wurde — infolge der nach unten gerichteten starken Abgaugung — nur im unteren Teil der Rosetten Luftbewegung wahrgenommen, was einen Rückschluß auf die mäßige Ausströmungsgeschwindigkeit gestattet. Rechnet man hiernach als freien Querschnitt nur die Hälfte der Ausströmungsöffnungen, so ergibt sich bei 0,5 m Ausflußgeschwindigkeit ein stündlich zugeführtes Luftquantum von  $9,043 \text{ qm} \times 0,5 \text{ m} \times 3600 = \text{rot. } 16,000 \text{ cbm}$ , so daß bei Anwesenheit von 600 Abgeordneten auf jede Person etwa 23 cbm stündliche Luftzufuhr entfiel.

Die verbrauchte Luft gelangte durch zahlreiche Öffnungen in den vertikalen Stufenabsätzen der Sitzreihen des Saales nach dem Raume unterhalb des Podiums, von hier in der Richtung der Pfeile in die Korridore D D und nach dem Aspirationschlott, der durch einen großen Schütt-

1) Von den im Grundriß angedeuteten Kanälen der Kammer B' B' vereinigen sich oberhalb je zwei zu einem Kanal, so daß auch hier nur acht Ausströmungsrosetten vorhanden sind.

2) Während der Sitzung steigt die Temperatur stündlich im Mittel um einen Grad.

ofen stark erwärmt wurde. Die Tribünen hatten gesonderte Luftabführung durch zahlreiche Gitter in den Futterstufen der Sitzreihen.

An Luftabführungsöffnungen waren vorhanden:

29 Gitteröffnungen auf Tribüne I über Korridor D D)	0,8333 qm,
47 Gitteröffnungen auf Tribüne II rechts	1,8035 "
43 " " " III (gegenüber von I)	1,4505 "
Zusammen auf den Tribünen	
	4,0873 qm.
2266 kreisförmige Öffnungen in den vertikalen Stufenabsätzen des Saales à 3,5 cm Durchmesser	2,8072 "
18 Gitter zu beiden Seiten der Rednertribüne	0,8274 "
6 Gitter in den Ecken des Saales	0,6147 "

Zusammen im Saal 4,2493 qm.

Hiernach hatten die Abzugsöffnungen einen Gesamtquerschnitt von 8,3366 Quadratmeter.

Diesen gegenüber stehen die oben genannten 16 Zuführungsrosetten (welche nur mit der unteren Hälfte in Rechnung zu stellen sind), also mit:

9,043 qm.

Zum Eintreiben der frischen Luft in die Kammern wurden, wie erwähnt, zwei Ventilatoren von Schiele in Frankfurt a. M. (vergl. S. 215, Fig. 261) benutzt, mit Ausblaseöffnungen von 0,39 m Weite und 0,75 m Flügel Durchmesser. Jeder der Ventilatoren liefert pro Minute etwa 120 cbm Luft, welche durch eine unterirdische Honrohrleitung von 31 m Länge bei 0,52 m Durchmesser nach den Heizkammern getrieben wurde. — Zum Betriebe diente eine liegende Dampfmaschine von acht Pferdekraft mit 25 cm Cylinderdurchmesser, 0,40 m Hub und Expansionsregulator.

Jeder der beiden Dampfentwickler zum Betrieb der Maschine u. s. w. hatte 6,37 m Länge, 1,41 m Durchmesser und, einschließlich der beiden Feuerrohre von 0,44 m Durchmesser, 31,01 qm feuerberührte Fläche.

Kosten dieser Heizungs- und Lüftungsanlage.

1) Dampfkessel-, Maschinen- und Lüftungsanlage	Mk. 18,666
2) 87 qm 8 cm weite Dampfrohrleitung, inkl. Heizeinrichtung der Kammern	" 25,590
3) Windrohrleitung, Luftab- und Zuführungen, inkl. Regelungsvorrichtungen	" 2,829
	Mk. 47,085

## § 84.

## V. Lüftung der Theater.

Eine der schwierigsten Aufgaben für den Heiztechniker bildet die Lüftung der Theatergebäude. Hier handelt es sich nicht darum, wie in den vorgenannten Fällen, einen einzigen großen Versammlungsraum oder einen Komplex getrennter Räumlichkeiten auf normaler Temperatur zu erhalten, resp. mit angemessenen Lüftungseinrichtungen zu versehen, sondern es müssen die drei Hauptbestandteile des Gebäudes, der Zuschauerraum, die Bühne und die Foyers so hergerichtet sein, daß sie zeitweise getrennt und bald darauf durch weite Öffnungen verbunden werden können, ohne daß in einem der Teile unbequeme Luftströmungen entstehen oder die Temperatur sich (bei eintretender Trennung) erheblich steigert. Zu diesen Schwierigkeiten gesellen sich diejenigen, welche aus der Beleuchtung dieser Räume entstehen, die, je nach dem scenischen Erfordernis, mannigfachen Wechsel unterworfen sind. Endlich bietet die eigentümliche Einrichtung des Zuschauerraumes mit den übereinander aufgebauten Ranglogen und der wechselnden Zuschauerzahl eines der Hindernisse, welche die rationelle Lösung der Aufgabe erschweren. Es kann daher nicht auffallen, wenn von den bisher ausgeführten Anlagen zur Lüftung der Theater keine den komplizierten Ansprüchen in allen Stücken gerecht geworden ist, obwohl die neuesten Ausführungen sehr erfreuliche Resultate ergeben. Wir begnügen uns hier, kurz den gegenwärtigen Stand der Theaterventilation durch einige hervorragende Beispiele neuerer Konstruktion klarzustellen.

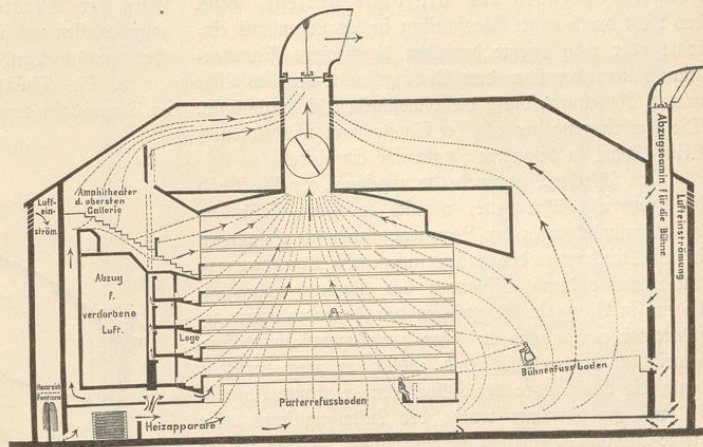
**Geschichtliche Vorbemerkungen.**

1) Der erste, der sich eingehend mit der Lüftung der Theater beschäftigte, war Darcet. Er benutzte, in richtiger Erkenntnis der Sachlage, die von dem Kronleuchter abgehende Wärme zur Abführung der verdorbenen Luft und stellte über der Lüfteröffnung ein weites, hohes Rohr als Abzugschlote für die verdorbene Luft des Zuschauerraumes auf. Ein ähnlicher Schlot wurde über der Mitte des Bühnenhauses aufgestellt, um dieses nach Erfordern schnell von Rauch und Pulverdampf befreien zu können. Die frische Luft trat in dünnen Strömen durch kleinere Löcher im Fußboden des Parterre und durch Öffnungen in der Logen-

rückwand in den Zuschauerraum ein; vorher wurde sie in Heizkammern erwärmt und gelangte daher im Winter vorgewärmt, im Sommer kühl in den Saal. Aber die Zuschauer verstopften die Öffnungen im Fußboden, da ihnen der eintretende warme resp. kalte Luftstrom unbequem war, und bei geöffnetem Vorhang äußerte sich die Ventilation lediglich auf der Bühne, indem sich ein starker Luftstrom von dort nach der Kronleuchteröffnung hin geltend machte, der die Musik beeinträchtigte, indem er die Schallstrahlen ablenkte. Die Ventilation des Zuschauerraumes war zum großen Teil unwirksam.

Zur Abhilfe dieses Übelstandes legte Darcet bei späteren Einrichtungen ringsum in der massiven Logenrückwand hinreichend viele Abzugskanäle für verdorbene Luft an,<sup>1)</sup> verließ dieselben in den Ranglogen mit Einmündungen, führte die Kanäle bis zur Decke des Zuschauerraumes und ließ sie — der Deckenlinie folgend

Fig. 288.



über jene fort — in einen ringförmigen Kanal über dem Kronleuchter einmünden. Die untere Öffnung des Schlotens hatte nun lediglich die Verbrennungsprodukte des Kronleuchters abzuführen und war zu diesem Zwecke mit einem regulierbaren, kalottenförmigen Hut verschließbar.

2) Der Einrichtung von Darcet ähnlich ist diejenige, welche Dr. Reid — nach dem Prinzip der von ihm ausgeführten Lüftung des englischen Parlamentshauses — in Vorschlag brachte. Das Schema der Anlage giebt Fig. 288. Die frische Luft wird unter dem Dachgesimse an den entgegengesetzten Enden des Gebäudes entnommen, in weiten, gemauerten Kanälen abwärts geführt, durch ein

<sup>1)</sup> Auch Kunge hat diese Einrichtung im Theater zu Philadelphia getroffen. Detaillierte Zeichnungen enthält die Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1860.

Filter gereinigt, durch eine Brause von Staub befreit und zwischen Heißwasserspiralen hindurch nach den Verteilungskammern unterhalb des Parketts und der Bühne geleitet, von wo aus sie durch kleine Öffnungen im Fußboden in den Zuschauerraum strömt. In die Logen gelangt warme Luft durch Heizkanäle in der Logenrückwand, welche nahe dem Fußboden mit Ausströmungsöffnungen versehen sind; auf den Gallerien befinden sich diese Öffnungen in den Stimbrettern der Stufen. Die abströmende Luft ist von allen Punkten des Saales und der Bühnenöffnung konvergierend gegen den inmitten des Plafonds über der Kronleuchteröffnung errichteten Ventilationschlot, der mit Drosselklappe reguliert werden kann, gerichtet. Dieser Abzugschlot nimmt auch die verdorbene Luft des Amphitheaters, des Malersaales und des „Schnürbodens“ auf. Zur schnellen Lüftung der Bühne dient für besondere Fälle der Abzugschlot im Fond derselben.

3) In einigen Theatern wurde der Kronleuchter gänzlich oberhalb des Plafonds verlegt, wobei das Licht durch matte Glascheiben in das Logenhaus eintritt; oder man ersetzte denselben durch einen Flammenkranz unter oder über dem Deckengehims, der das Licht mittels Reflektoren durch die Glascheiben hindurchstrahlt. Die Verbrennungsprodukte der Gasflammen wurden durch kleine Röhre in besondere Zugkamine eingeleitet.

Die schlechte Luft wurde da abgelaugt, wo Dr. Reid die frische eingeführt hatte, nämlich durch den Fußboden, die Kanalöffnungen der Logenwand und die Öffnungen in den Stimbrettern der Galleriestufen. Die verbrauchte Luft wurde durch Öffnungen des Parketts und Fußbodens in Abzugskanäle zwischen den Fußbodenlagern geführt; diese mündeten in einen zur Logenrückwand konzentrischen Sammelkanal und endlich in zwei vertikale, durch die Rauchrohre der Kaloriferen erwärmte Abzugschlote. Im Sommer wurde der Luftabzug durch eine kleine Aspirationsfeuerung hervorgebracht. — Die in der Mischkammer des Souterrains vorgewärmte und frische Luft strömte durch Register über und zu beiden Seiten der Bühnenöffnung aus.

Dieses, seiner Zeit beim Théâtre de la Gaîté und dem Théâtre lyrique in Paris angewendete Lüftungssystem, hat den gehegten Erwartungen nicht entsprochen, denn die Lüftung war unzureichend.

4) Einen anderen Vorschlag machte Trélat in seiner Abhandlung „Le théâtre et l'architecte“, 1866. Sein durch Dr. Bonnaforde modifiziertes System wurde (1869) im neuen Vaudevilletheater zu Paris zur Anwendung gebracht. Der Kronleuchter wurde in die Decke eingelassen, die Verbrennungsprodukte gelangten daher nicht in den Zuschauerraum, sondern die Hitze der Gasflammen wurde zur Abführung der verbrauchten Luft benutzt und die Zu-

strömung frischer Luft erfolgte durch einen Kranz von Öffnungen „unter der Decke“. Der Abzug der verdorbenen Luft durch Register „über dem Fußboden“ des Orchesters und der Logen. Diese mündeten in Kanäle der Logenwand, welche durch die jaugende Wirkung des Kronleuchters in Funktion traten. (Vergl. Fig. 289.)

Auch dies System mußte wegen der nicht genügend vermiedenen Zugluft und wegen der ungenügenden Erhellung des Logenhauses wieder verlassen werden. Das System „Bonnaforde“ hat hiernach ebensowenig reüssiert wie die Einrichtung im Théâtre lyrique und de la Gaîté. Man hat daher für die Lüftung der Theater den „Abzug von unten“ fast ganz verlassen und ist zu der Methode des „Abzuges von oben“ zurückgekehrt.

5. Das Théâtre lyrique zu Paris, in Fig. 290 im Durchschnitt dargestellt, soll nunmehr als Beispiel der

Fig. 289.

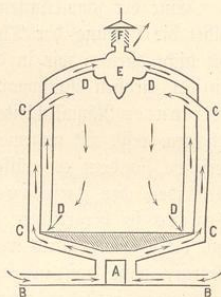
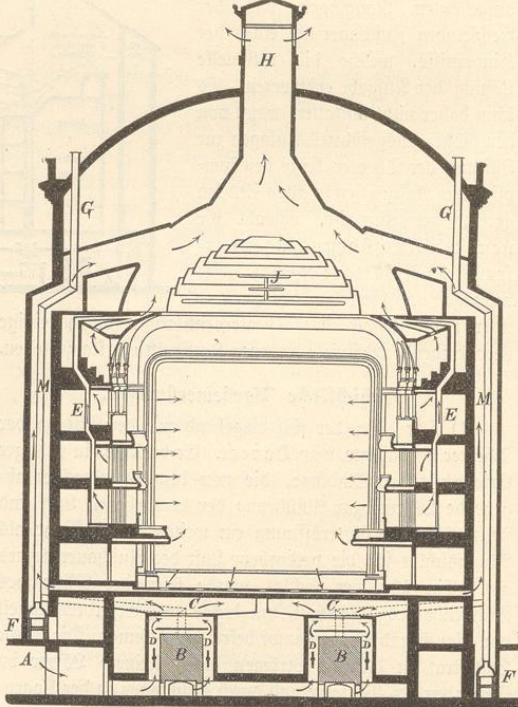


Fig. 290.



neueren und rationelleren Lüftungsmethoden besprochen werden. Die frische Luft wird aus dem Square de la Tour St. Jacques entnommen, tritt bei A ins Gebäude und gelangt durch Verteilungskanäle in die unterhalb des Parketts angeordneten Heizkammern BB. Ein Teil der Luft wird durch Kontakt an den Heizflächen der Kaloriferen erwärmt, der Rest gelangt durch Seitenkanäle DD in die Mischkammern CC, woselbst die Temperatur der Heizluft durch geeignete Klappenstellung geregelt wird.

Die frische und vorgewärmte Luft wird gleichmäßig durch eine Anzahl Röhren im Logenhaus verteilt und strömt teils durch zahlreiche Öffnungen unterhalb der Logenbrüstungen (Zwischendecken), teils durch Auslassgitter in den Seitenwänden der Prosce-niumöffnung aus, wie solches durch Pfeile angedeutet ist.

Die verdorbene Luft wird teils durch Öffnungen unter den Fauteuils des Parketts, teils unterhalb der Decke der oberen Ranglogen abgesaugt und gelangt durch die Kanäle EE über die kuppelförmige Saaldecke und sodann in den großen Lüftungsschlot H.

Der Abzug der in denselben eintretenden Luft wird unterstützt durch:

die Wärme der im kuppelförmigen Plafond infolge des Beleuchtungsprozesses erzeugten Verbrennungsgase und

die in den Schornsteinen abgeführten Heizgase der Kaloriferen.

Während der Sommermonate sind zu demselben Zweck zwei Lochfeuer FF in Thätigkeit, deren Rauch in den eisernen Schornsteinen GG über Dach entweicht.

Die am Fußboden abgesaugte Ventilationsluft gelangt in horizontalen Kanälen nach den Lüftungsschächten MM.

Der Ventilationsseffekt ist zwar sehr energiereich, aber es soll demzufolge auch beim Öffnen von Thüren eine starke Strömung nach dem Logenhaus stattfinden.

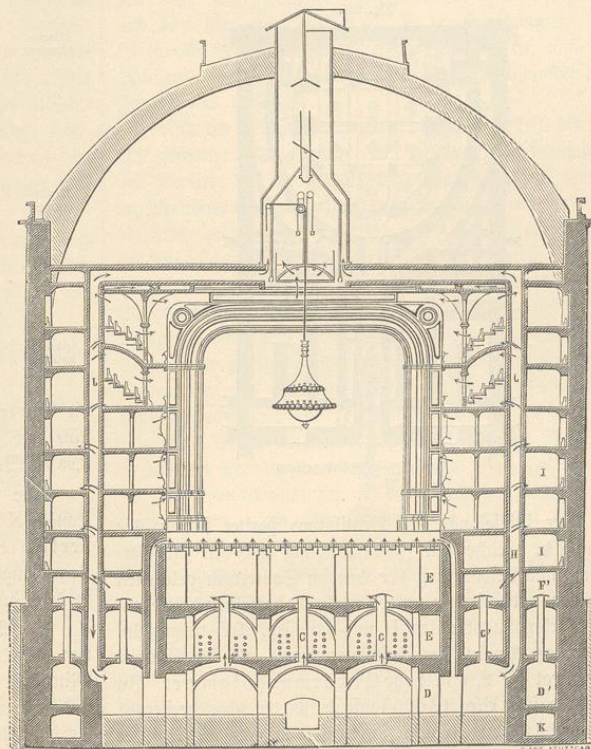
Als vorzüglich gelungene Beispiele — und zwar Produkte **deutscher Ingenieurwissenschaft** — nennen wir sodann die Ventilationseinrichtungen des Wiener Opernhauses, des königlichen Hoftheaters in Dresden und des Stadttheaters in Rostock.

1) Das in Fig. 291 und 292 dargestellte Wiener Opernhaus wird von den Gesundheitstechnikern und Heizingenieuren als ein Beispiel betrachtet, welches sich

der Vollkommenheit in hohem Grade nähert. Man wirft ihm zwar von fachmännischer Seite eine gewisse Kompliziertheit vor: diese wäre aber offenbar zu vereinfachen, ohne ihm seine Vorzüge zu rauben. Die nachfolgende Beschreibung ist der Broschüre, welche der eine der ausführenden Architekten der Oper, Prof. Sicard v. Sicardsburg, veröffentlicht hat, entnommen: 1)

Die Bewegung der Ventilationsluft erfolgt „von unten nach oben“, d. h. die erhitzte Saalluft steigt zur

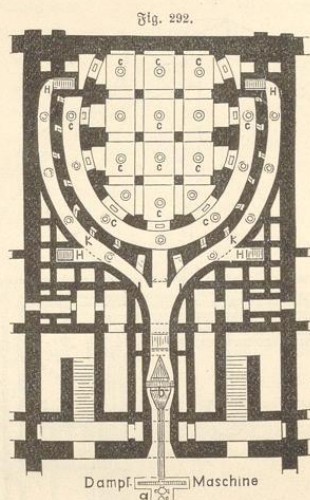
Fig. 291.



Lüfteröffnung empor und entweicht durch dieselbe, während die frische (im Winter auch erwärmte) Luft durch Öffnungen im Fußboden (vergl. Fig. 291) und durch die tiefliegenden Punkte der Logen und Gallerien mit einer kaum fühlbaren Geschwindigkeit einströmt. Die dem vorübergehenden Bedürfnis entsprechende Luftzufuhr — offenbar der schwierigste Teil der Aufgabe — erfolgt in sicherster Weise durch die bei a im Grundriß, Fig. 292, placierte Dampfmaschine von

1) Stand der Ventilationsfrage. Vergleiche auch Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme, S. 454 f.; Wazon, Rapports sur l'exposition universelle de 1879.

16 Pferdekraft, welche einen von Prof. Dr. Heger in Wien angegebenen und berechneten Ventilator b in Bewegung setzt. Die frische Luft wird einem mit Fontänen geschmückten Gärtchen am Haupteingang mittels eines maskierten kleinen Hofes entnommen und strömt in etwa 12 m Tiefe unter dem Straßenniveau durch eine große Thüröffnung in das Gebäude ein, muß jedoch, bevor sie in den Ventilator eintritt, erst einen Wasserzerstäubungsapparat passieren, welcher die Luft erfrischt und vom Staube befreit.



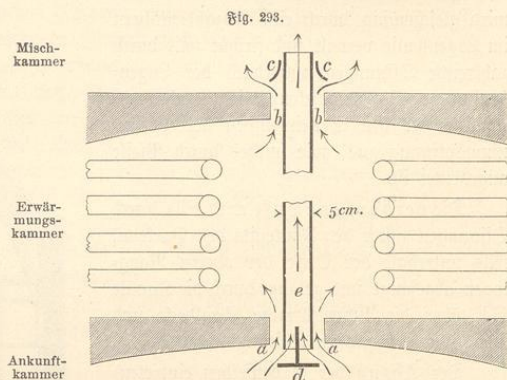
Der Blasekanal des Ventilators spaltet sich in die Züge k k, welche den Zusammenhang mit den zur Verteilung und Erwärmung der Luft im Souterrain gelegenen Räumen und mit den unter der Sohle desselben hinziehenden Verbindungskanälen D und D' (Fig. 291) vermitteln. Unter dem Parkett des Zuschauerraumes, also im Souterrain, liegt die 2,20 m hohe Erwärmungskammer. In derselben sind circa 18 000 laufende Meter schmiedeeisernes Dampfrohr von 25 mm Lichtweite untergebracht. Der darunter liegende kalte Raum ist die „Ankunftskammer für die frische Luft“, das oberste Souterraingeschoss bildet den „Mischraum“.

Fig. 293 stellt die Anordnung des Luftzutrittes zur Heiz- und Mischkammer schematisch dar. Die frische Luft steigt nämlich aus der Ankunftskammer durch zwölf ringförmige Öffnungen a a in die Erwärmungskammer, wird hier von den Dampfrohren erwärmt und strömt durch ebensoviele ringförmige Öffnungen b b im Gewölbe in den oberen Mischraum. Die Größe des Luftzutrittes kann durch die in vertikaler Richtung beweglichen Hülsen c c geregelt werden. Gleichzeitig steigt aber auch durch die

90 cm weiten gußeisernen Rohre e e Luft in die Mischkammer; die Einströmungsöffnung wird durch das Teller-ventil d nach Bedarf eingestellt.

In der Mischkammer treffen beide Luftströme zusammen, wodurch sich bei jedem der zwölf Rohre die Mischung der frischen und der erwärmten Luft vollzieht.

Bei starker Kälte wird die vom Ventilator herkommende Frischluft schon im Zuführungskanal durch Dampfrohre erwärmt. Über der Mischkammer liegt noch ein vierter Raum,



die Verteilungskammer, aus welcher die Luft durch 250 mit gelochten Blechen bedeckte Öffnungen von 0,23 m Weite in den Zuschauerraum gelangt.

Die vom Ventilator ausgehenden peripherischen Kanäle K (Fig. 292) führen die Luft im Sommer in vertikale Kanäle H, von wo dieselbe in die Logen, die Logengänge und endlich längs der Peripherie der Decke in den Zuschauerraum gedrückt wird.

Zur Beleuchtung des Theaters diente seiner Zeit ein von 18 Sonnenbrennern umgebener Kronleuchter in der Mitte des Auditoriums. Auch an den Logenbrüstungen sind Gasauslässe vorhanden, deren Verbrennungsprodukte durch Schloten von Kupfer abgeführt und in ein Sammelrohr eingeleitet werden.

Die verdorbene Luft wird teils durch die 4 m weite Lüsteröffnung, teils durch eine Menge kleiner Öffnungen in der Logenwand nahe der Decke abgeführt. Sämtliche Kanäle münden in einen Sammelkanal von rechteckigem Querschnitt, der mit den Öffnungen im Gesimse kommuniziert; von hier gelangt die Luft in das 3 m weite Ventilationsrohr über der Kronleuchteröffnung. Dieses letztere mündet über Dach in einen vom Winde automatisch gesteuerten Drehturm, um die Wirkung des letzteren zum Abfegen benutzen zu können. Für vorkommende Fälle wird dann der im Dachraum aufgestellte Erhaufst

benutzt, welcher ebenfalls 3 m Durchmesser hat, 160 Umdrehungen per Minute macht und mittels Drahtseiltransmission von der im Souterrain aufgestellten Dampfmaschine getrieben wird.

Unter dem Auditorium befindet sich in centraler Lage das Inspektionszimmer, von welchem aus die verschiedenen Hauptregulierklappen gehandhabt werden. Von hier geht ein Sprachrohr nach dem Kesselhause und dem Dampfverteilungsraume ab; auch die Abzugsklappen für Schnürboden, Bühnenraum, Parkett und Gallerien werden von hier aus gestellt und die Klappen für die Luftzuführung hier reguliert. Abweichungen von der Normaltemperatur werden durch Spiralfederthermometer, welche in den betreffenden Räumen aufgestellt sind, selbstthätig nach dem Inspektionszimmer hin angezeigt, indem ein Stift zur Schließung des galvanischen Stromes bewegt wird. Die elektrischen Apparate werden von einer Batterie von 300 Elementen bedient, dieselbe wird aber auch zur elektrischen Beleuchtung der Bühne benutzt.

Das ganze erwähnte Ventilationsystem wurde nach Angaben des Prof. Dr. Karl Böhm, Direktor des k. k. Rudolph-Hospitals in Wien, durch die Maschinenfabrik von H. D. Schmidt in Wien ausgeführt.

2) Als ferneres Beispiel einer zweckmäßigen Lüftungsanlage bietet das königliche Hoftheater in Dresden.<sup>1)</sup> Die ersten Dispositionen zu derselben rühren von Prof. Dr. Weiß her; die weitere Bearbeitung und Ausführung des Ventilationsprojectes wurde dem jetzt verstorbenen Ingenieur Emil Kelling zu Dresden übertragen.

Die Heizung erfolgt durch sieben Luftheizsysteme mit zusammen 13 Apparaten und werden damit erwärmt: die hintere Bühne, die Chorgarderoben, die Vestibüle, Foyers, Logenungänge und das Auditorium, während die Bühne mit ihren Nebenräumen, der Ball- und Chorprobeaal und die königlichen Logen, durch Dampfheizung resp. Dampfluftheizung erwärmt werden.

Was die Ventilationsanlagen des Bühnenhauses anlangt, so sind diese direkt mit der Heizung verbunden, während die Heizeinrichtung im Logengebäude nur zur eventuellen Erwärmung der Ventilationsluft dient.

Die den Höfen der Zwingerseite entnommene Luft gelangt durch einen ringförmigen Saugkanal in die Filter, setzt dort den von außen kommenden Staub ab und muß auf dem Wege zu den Dampfvorwärmern die üblichen Wasserzerstäubungsapparate passieren, um sich abzukühlen. Eine Dampfmaschine von acht Pferdekraft treibt die Ventilatoren von 1,75 m Diameter, welche — bei 320 Umdrehungen pro Minute — 108 000 cbm Luft per Stunde

eintreiben, so daß bei vollem Hause circa 50 cbm pro Kopf und Stunde eingeführt werden können. Diese bedeutende Luftmenge war erforderlich, um die durch 3000 Gasflammen entwickelte beträchtliche Wärmemenge abzuführen. Laut Programm sollte bei Lufttemperaturen unter 15° C. die durch Ventilatoren eingeführte Luft auf 17° erwärmt werden, was durch Dampfvorwärmer geschieht, indem der abgehende Dampf der Maschine dazu benutzt wird. Reicht dies nicht aus, so wird die Frischluft durch Kaloriferen erwärmt. Aus den Ventilatoren gelangt die Luft nun in den dem „Saugkanal“ konzentrischen „Druckkanal“ und von hier aus gelangt sie in die Heizkammern, die Heizkanäle der Logengänge, die Mischkammern, nach den „Höllen“ (der Unterbühne) und den Heizkammern der Foyers und Vestibüle.

Aus der Mischkammer unter dem Parkett tritt die Luft mit geregelter Temperatur und geringer Geschwindigkeit ins Parkett; in die Logengänge steigt sie durch Kanäle im Mauerwerk empor und durch Öffnungen mit Jalousiever-schluß gelangt sie in die Logen. Die Jalousien kann der Logenschließer nach Bedarf, resp. der Zuschauer in der Loge selbst einstellen. Die Regulierung des vorgeschriebenen Luftquantums geschieht durch Stellklappen, diejenige der Temperaturen durch elektrische Thermometer. Steigt die Temperatur irgendwo über die normale Grenze oder sinkt sie darunter, so fällt ein Plättchen auf dem Tableau im Telegraphenzimmer und es kann sogleich Abhilfe erfolgen.

Zum Abzug der verdorbenen Luft von der Decke her ist über der Kronleuchterrosette ein Kanal abgeführt, welcher mit dem Ventilationssturm auf dem Dache des Logenhauses kommuniziert. Im Verbindungskanal befindet sich ein Saugventilator von 2,75 m Durchmesser, der durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, welche, an dem eisernen Dachbinder im Bodenraum angebracht, genau ausbalanciert ist und den Dampf von dem unteren Kesselhause zugeführt erhält. Diese Maschine tritt erst in Thätigkeit, wenn die Temperatur im Abzugschlot höher als 31° C. steigt. Über dem Saugventilator befinden sich Abstellklappen und in dem darüber befindlichen Abzugsturm stellbare Jalousien. Zur Bedienung der oberen Maschine ist ein Maschinist auf dem Kronleuchterboden postiert, dem vom Oberheizer die Befehle mittels Sprachrohr erteilt werden.

Auch über der Bühne befindet sich ein Abzugsturm mit Jalousiever-schluß. Die Schieber für die Abzugsoffnungen der Bühne werden nach Bedarf vom Kronleuchterboden aus mittels einer Winde geöffnet.

Trotz der 3000 Gasflammen im Auditorium ist es möglich, die Temperatur des Hauses überall auf 19° zu halten. Beobachtungen bei den Vorstellungen haben sogar ergeben, daß bei normaler Heizung und Klappenstellung

1) Nach Mitteilungen im Jahrgang I des „Rohrleger“ S. 87.

im vierten und fünften Rang die Temperatur 2 bis 3° niedriger war als im Parkett, und daß in keinem Teile des Gebäudes Zugluft verspürt werden konnte.

3) Das neue Stadttheater in Kostoek. Dasselbe ist nach den Plänen des bekannten Theaterbauers, Architekten **Heinrich Seeling** in Berlin, mit denen er im Jahre 1893 aus einem engeren Wettbewerbe siegreich hervorgegangen war, errichtet und im Jahre 1895 dem Betriebe übergeben worden. Das Theater ist für die Aufführung von Schauspielen und Opern eingerichtet und die Anordnung der Räume in sämtlichen Geschossen aus den Grundrissen auf Tafel 52 bis 54 und dem Durchschnitt (Tafel 55) ohne weiteres ersichtlich.

Die Hauptabmessungen des Gebäudes betragen in der Mittelachse 63,0 m (Länge), in der Querachse des Bühnenhauses 33,50 m und in der Querachse des Zuschauerraumes 27,50 m. Der Zuschauerraum ist 10,50 m lang, 15,50 m breit und 13,0 m hoch. Die Bühne ist im Lichten 10,0 m breit, mit Hinterbühne 17,50 m tief und vom Podium bis zur Unterkante des Schnürbodengewölbes 17,0 m hoch.

Der Zuschauerraum faßt etwa 1000 Personen; davon kommen auf das Parkett 420, den ersten Rang 154, den zweiten Rang 160, den dritten Rang 215, zusammen 949 Sitzplätze und etwa 70 Stehplätze.

Die Zwischendecken der einzelnen Ränge und die Decke des Zuschauerraumes sind auf eisernen Tragkonstruktionen feuerfester nach Rabijs-System hergestellt, dagegen der Bühnenraum über dem Schnürboden, das an die Bühne anschließende Coulißmagazin, die Korridore des Bühnenhauses und das ganze Kellergeschoß — auch unter dem Parkett — mit Gewölbe konstruktionen überdeckt worden ist.

Die Erwärmung des Gebäudes wird teils mit Feuerluftheizung, teils mit Niederdruckdampfheizung bewirkt.<sup>1)</sup> Die Bühne mit den Magazinen, der Zuschauerraum nebst Foyer und die Logenkorridore sind mit Feuerluftheizung versehen, und zwar bedient man sich für den Bühnenraum und die Magazine der Zirkulationsheizung, während Zuschauerraum, Erfrischungsaal und Logenungänge mit vorgewärmter Frischluft versorgt werden, welche durch einen elektrisch betriebenen Ventilator (vergl. VI, Tafel 52, Grundriß des Kellergeschoßes) in die Luftheizkammern und in die Mischkammer gepreßt wird.

Die Treppenhäuser, der Musikprobesaal im dritten Geschos, die Nebenräume der Bühne einschließlich der An-

kleidezimmer und die Aborte werden durch Niederdruckdampfheizung erwärmt.

Im Grundriß des Kellergeschoßes sind ersichtlich:

- a) die Luftheizkammern I und II unterhalb des Zuschauerraumes;
- b) die Luftheizkammer III an der westlichen Seite der Bühne unterhalb des Möbelmagazins;
- c) die beiden Niederdruckdampfkessel ebendasselbst.

Vor Einlaß des Publikums ist nur die Heizanlage in Tätigkeit, d. h. die Niederdruckdampfkessel und die Luftheizkammer im Bühnenhause sind in Betrieb. Nach Eröffnung des Theaters tritt auch die Lüftungsanlage in Kraft, d. h. es muß durch die Luftheizöfen I und II frische und vorgewärmte Luft an den Zuschauerraum, das Foyer und die Gänge abgegeben werden. Auch die Korridore, welche in den Zwischenpausen als Wandelgänge dienen, haben Kanäle für frische und verdorbene Luft, die Einzelzimmer und Aborte nur Abluftkanäle erhalten.

Die frische Luft wird aus dem Freien entnommen und tritt bei VI im Grundriße des Kellergeschoßes in das Gebäude ein, woselbst sich eine jaloufieähnliche Stell- und Abschlußvorrichtung befindet. Der Ventilator preßt die Luft in den Hauptzuführungskanal, aus dem sie in die Heizkammern tritt, in denen sie im Winter erwärmt wird und durch besondere Kanäle nach der Mischkammer gelangt. Aus dieser tritt sie dann, wie aus dem Durchschnitt Tafel 55 ersichtlich gemacht ist, in den freien Raum unter den Parkettplätzen, sowie den Sitzen des I., II. und III. Ranges. Hier sind in den Futterstufen der Sitzreihen vergitterte Öffnungen angebracht, durch welche die Luft in den Zuschauerraum einströmt.

Der Abzug der verbrauchten Luft erfolgt durch Kanäle in den Zwischendecken des I., II. und III. Ranges. Dieselben werden nach dem großen Sammelkanal geleitet, welcher in der Kuppel über dem Musikprobesaal hochgeführt ist und daselbst durch die mit Saloufien versehene Laterne ins Freie strömt.

Die Regulierung der Temperatur der zuströmenden und der abzuführenden Luft erfolgt vom Kellergeschoß aus und sind hierzu elektrische Fernthermometer vorhanden, welche dem im Kellergeschoß befindlichen Heizer den jeweiligen Stand der Temperatur in den verschiedenen Rängen anzeigen.

Das während der Vorstellung einzuführende Quantum frischer und vorgewärmter Luft beträgt pro Kopf und Stunde 25 cbm, und da das Theater bei voller Besetzung 1000 Personen faßt, so ist von der ausführenden Firma die Anordnung derart getroffen, daß stündlich 25000 cbm in den Zuschauerraum einströmen. Daß die Zuflussöffnungen nicht allein auf das Parkett, sondern auch auf die oberen Ränge verteilt sind, wurde bereits erwähnt; in den

1) Wenn der Konstrukteur der Heizungsanlage von der üblichen Regel, daß möglichst nur eine Feuerstelle im Souterrain des Theatergebäudes anzulegen sei, abgesehen hat, so geschah dies lediglich in Rücksicht auf den knapp bemessenen Baufond. D. Werf.

Grundrissen auf Tafel 52 bis 54 sind die Ausströmungsöffnungen durch einen rötlichen Farbenton kenntlich gemacht.

Zur Vorwärmung der in das Logenhaus nebst Foyer eintretenden Frischluft dienen zwei Luftheizöfen Kelling'scher Konstruktion mit je 42 qm Heizfläche, wie solche detailliert auf Tafel 25 dargestellt sind. Zur Erwärmung des Bühnenhauses dient ein Luftheizapparat von 40 qm Heizfläche.

Die zum Betriebe der Niederdruckdampfheizung benutzten beiden Heizkessel haben 16,0 resp. 12,0 qm Heizfläche, der kleinere wird als Reservekessel benutzt.

Die Ausführung der gesamten Heizungs- und Lüftungsanlage, deren regelrechtes Funktionieren sehr gerühmt wird, war der bewährten Firma Emil Kelling übertragen; Entwurf, Berechnung und praktische Durchführung lag in den Händen des leitenden Ingenieurs und Mitinhabers der Firma, **E. Purtschian**.

Die Abendbeleuchtung des Zuschauerraumes und des Bühnenhauses ist elektrisch und wird durch eine besondere Maschinenanlage mit Accumulatoren bewirkt. Zwei Deutzer Gasmotoren von 40 und 16 Pferdekraften versorgen mit Unterstützung der Accumulatorbatterie von 60 Elementen 1400 Flammen. Die Vorlag-, Rampen-, Coulißen- und Soffittenbeleuchtung der Bühne (zusammen 700 Lampen) ist nach dem sogenannten Dreilampensystem eingerichtet.

#### § 85.

##### VI. Lüftung der öffentlichen Lokale.

Die baulichen Verhältnisse in derartigen Lokalen sind in der Regel so verschieden, daß sich bestimmte allgemeine Prinzipien für die Lüftung derselben nicht leicht aufstellen lassen; aber sie haben doch das mit den Theatern gemein, daß der stärkste Besuch des Abends und bei glänzender Beleuchtung stattfindet. Hierzu kommt als ganz besondere Beigabe, daß die Atmosphäre solcher Lokale mit Tabakrauch und Speisegerüchen mancher Art geschwängert ist, daß also, um sie immer rein zu erhalten, ein sehr reichlich bemessenes Luftquantum eingeführt werden muß. Dazu sind weite Luftschlote und eine wirksame Sauglüftung nötig. In allen Fällen aber empfiehlt sich — wie bei den vorhergesprochenen Beispielen — Abzug der verbrauchten Luft „von oben“, was mit Hilfe der durch Gasflammen erzeugten Wärme leicht erreicht werden kann.

1) Als Beispiel geben wir auf Tafel 56 die Anlage der Sauglüftung des durch Eleganz der inneren Einrichtung bekannt gewordenen **Café Bauer**, Unter den Linden 26 zu Berlin, erbaut von den Architekten Ende und Boekmann.

Die Lüftungseinrichtung des Lokales wurde von dem inzwischen verstorbenen Civilingenieur Stumpf zu

Brechmann, Baukonstruktionslehre. IV. Vierte Auflage.

Berlin entworfen und ausgeführt, auch in Nr. 10 des Jahrganges 1878 des „Kohleleger“ veröffentlicht.

Die zu lüftende Lokalität besteht aus einem im Parterre gelegenen Saal (Tafel 56, Fig. 1 u. 2), dessen nach der Straße „Unter den Linden“ gerichtete Front 10 m Breite hat, während die Länge desselben 30 m beträgt. Um die hintere Saalpartie genügend durch Tageslicht beleuchten zu können, ist unmittelbar über der Saaldecke im I. Stock ein Oberlicht angeordnet. Der obere Saal hat die Dimensionen des unteren (im Parterre belegenen); um die Oberlichtöffnung des letzteren ist eine Glaswand gezogen, welche die Kommunikation der Luft des unteren mit derjenigen des oberen Saales verhindert.

Der untere Saal hat bei 4 m Höhe 1486 cbm Rauminhalt,  
 „ obere „ „ „ 3 „ „ 1006 „ „

Das Programm verlangte zweimaligen Luftwechsel in der Stunde, und die Luft sollte mit 1 m Geschwindigkeit in der Sekunde einströmen, was eine stündliche Luftzufuhr von circa 5000 cbm darstellt.

Die frische Luft wird von den Linden her durch Luftgitter, welche sich längs der ganzen Hausfront hinziehen, entnommen und von einem Kanal A unter der Decke des Kellers aufgenommen. Im Winter geht die so eingeführte Frischluft in die Heizkammer B, in welcher drei Luftheizapparate C C' C'' von je 30 qm Heizfläche angelegt sind. Der dritte Apparat wird als Reserveapparat benutzt, wenn der eine oder der andere schadhaft werden sollte. Die Luft zieht sodann aus der Heizkammer durch die horizontalen Kanäle D nach dem Parterresaal und mündet dort unter fest angebrachten Sigen mittels der Ausströmungsöffnungen E. In die obere Etage wird die Luft durch senkrechte Kanäle F geleitet und tritt daselbst durch die dicht über dem Fußboden ausmündenden Öffnungen G in den Raum ein.

Die Abführung der verbrauchten, durch die Verbrennungsprodukte einer großen Menge von Gasflammen verunreinigten Luft, geschieht dicht unter der Decke, und zwar: für den Saal im Parterre unter dem Oberlicht bei H, und für den Saal der ersten Etage in gleicher Höhe wie dort, jedoch durch die Glaswand getrennt, bei J. Die Abführungsöffnungen münden sämtlich in eine rings um das Oberlicht angelegte Lockkammer K, aus welcher die Luft durch Saugschächte abgeführt wird.

Zu dem Ende münden die Verbrennungsprodukte der Luftheizöfen durch je eine eiserne Düse M, welche etwas höher als der Lockkamin liegt, in die beiden Saugschächte: die Schächte selbst stehen durch Öffnungen mit der Lockkammer K in Verbindung. Die Verbrennungsprodukte steigen in den Schornsteinen empor, entweichen mit großer Geschwindigkeit durch die Düsen und reißen die Luft der

Lockkammer nach sich. In den Sommermonaten, wenn das Lokal nicht geheizt wird, muß ein besonderes Lockfeuer bei P (vergl. Fig. 1 u. 2, Tafel 56) entzündet werden; der Rauch dieses Feuers strömt durch die Kanäle Q am Fußboden der Heizkammer direkt in die Schornsteine O O, und die Düsen wirken, wie vorher, d. h. absaugend.

Zur Verstärkung des Luftaustausches sind auf der Lockkammer sechs kurze Schächte aufgesetzt, welche gestatten, daß die unter der Decke befindliche warme Luft direkt entweichen kann. Gleichzeitig soll auf diesem Wege auch frische, kalte Luft von oben her eintreten, sich mit der warmen Luftschicht mischen und dadurch die Temperatur des oberen Raumes herabstimmen, ohne daß im unteren Saale Zug empfunden wird.

Anm. Über die Beschaffenheit der Luft in verschiedenen stark besuchten Lokalen Berlins hat Professor S. Wolpert Untersuchungen angestellt, und dabei nach der Methode von Fettenkofer den Kohlen säuregehalt als Maßstab der Verunreinigung zu Grunde gelegt. Es betrug der Kohlen säuregehalt im:

Café Bauer, Unter den Linden	3,27	pro	Mille,
„ Kaiserkrone, Friedrichstraße	3,18	„	„
„ National, Friedrichstraße	2,61	„	„
Restaurant Siechen	3,38	„	„

Von den genannten drei Cafés ergibt sich für das Café Bauer das verhältnismäßig unerfreulichste Resultat, nämlich ein Kohlen säuregehalt, welcher denjenigen guter Luft im Freien um das Zehnfache übersteigt; hierin wurde daselbe nur von dem Restaurant Siechen, welches gleichwohl mit Lüftungsanlagen versehen ist, übertroffen.

2) Gesellschaftssäle. Auch diese gehören zu den Lokalen, in welchen die Luft nicht allein durch den Beleuchtungsprozeß erwärmt, sondern auch durch Beimischung der Verbrennungsprodukte verdorben wird. Es empfiehlt sich daher „Abzug von oben“.

Wenn aus lokalen Gründen der Abzug an der Decke nicht möglich ist, so müssen Öffnungen von genügendem Querschnitt in den Umfassungswänden dicht unter der Decke angebracht und mit Lüftungschloten in Verbindung gesetzt werden. Als älteres Beispiel für diese Methode der Lüftung möge der Saal der Marschälle in den Tuilerien zu Paris dienen.<sup>1)</sup>

Der Saal ist 19,1 m lang, 16,3 m breit und 14,5 m hoch und hat hiernach 4500 cbm Inhalt. Er saß etwa 600 Personen und wurde früher bei festlichen Gelegenheiten durch 548 Kerzen und 166 Lampen (= 498 Kerzen) erleuchtet, welche zusammen  $(548 + 498) \cdot 120 =$  rot. 125 000 Wärmeeinheiten entwickeln. Ein Teil der verdorbenen Luft (25 Proz.) zieht unterhalb fester Sitze am Fußboden ab, der Rest entweicht durch die Decke.

Sämtliche vergitterte Abzugsöffnungen haben einen Querschnitt von 10,75 qm, wovon etwa nur  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$  als freie Abströmungsöffnung zu rechnen ist. Die Abzugsgeschwindigkeit in denselben be-

1) Vergl. Morin, Manuel du chauffage et de la ventilation (deutsch von Degen). München.

trägt wenigstens 1 m per Sekunde, es werden daher stündlich abgeführt:

$$\frac{2}{3} \cdot 10,75 \cdot 1,0 \cdot 3600 = 25\,800 \text{ cbm,}$$

d. h. der Inhalt des Saales wird stündlich etwa fünfmal erneuert. Auf jede Person entfallen also bei voller Belegung des Saales

$$\frac{25\,800}{600} = 43 \text{ cbm,}$$

was als vollkommen genügend bezeichnet werden kann.

Speisesäle. Auch in diesen Räumen ist darauf zu achten, daß stündlich eine vier- bis fünffache Lüfterneuerung stattfinden kann, um die Speisegerüche abzuführen und die durch zahlreiche Belegung und glänzende Beleuchtung erzeugte hohe Lufttemperatur herabzumindern. — Sind insbesondere glänzende Kronleuchter angebracht, so wird mit Erfolg die Abjaugung der Verbrennungsprodukte an der Decke erfolgen können. Dagegen kann ein Teil der Luft am Fußboden abgezogen werden, wozu Wandarme nicht unwesentlich beitragen. Als Beispiel für die Behandlung solcher Aufgaben mag der Speisesaal im Stadthause zu Paris vorgeführt werden.

Dieser Saal ist 14,9 m lang, 7 m breit und 7,5 m hoch, enthält also 782,25 cbm Lustraum. In demselben heißen 54 Personen, zu deren Bedienung nötig sind

$$\frac{54}{14} = 3,86 \text{ Personen}$$

zusammen 68 Personen.

Für jede Person sind daher  $\frac{782,25}{68} = 11,5$  cbm Lustraum vorhanden.

Der Saal wurde seiner Zeit erleuchtet durch

15 Wandarme mit	340	Kerzenflammen,
und durch tragbare Leuchter mit	170	„
		zusammen 510 Kerzenflammen.

Rechnet man die stündliche Wärmeentwicklung eines Menschen gleich derjenigen einer Kerzenflamme = 120 Wärmeeinheiten, so werden per Stunde entwickelt:

$$(68 + 510) \cdot 120 = 69\,360 \text{ W.-Ein.}$$

Die frische Luft soll mit einer Temperatur von 15° C. durch Öffnungen in den Saalwänden eingeführt und, nachdem sie sich auf 35° erwärmt hat, durch vier Deckenrosetten abgeführt werden; jeder Kubikmeter muß daher aufnehmen:

$$1,23 \times 20 \times 0,237 = 5,82 \text{ W.-Ein.,}$$

so daß sich in diesem Falle ein Lüftungsbedarf ergibt von:

$$\frac{69\,360}{5,82} = 11\,917 \text{ cbm stündlich oder}$$

$$3,31 \text{ cbm in der Sekunde.}$$

Bei solcher Leistung müßte die Luft des Saales etwa 15 mal in der Stunde erneuert werden. Gesezt nun, die Abzugsgeschwindigkeit durch die Deckenöffnungen betrüge 1 m in der Sekunde, so würde sich daraus ein Gesamtquerschnitt derselben von  $\frac{3,31}{1,0} = 3,31$  qm ergeben, oder jede der vier Rosetten rot. 0,82 qm freien Querschnitt erhalten müssen.

§ 86.

VII. Lüftung der Krankenhäuser.

Geschichtliche Vorbemerkungen.

Die Lüftung der Hospitäler, als Vorsichtsmaßregel gegen die Gefahr der Infektion durch Krankheitsstoffe, gab schon vor mehr als 100 Jahren die Veranlassung zu beachtenswerten Untersuchungen. Bailly und der Chemiker Lavoisier waren es, welche im Jahre 1786 der französischen Akademie der Wissenschaften Vorschläge zu einer Lüftungsanlage für das Hôtel-Dieu<sup>1)</sup> zu Paris machten, um die mangelhaften Heilerfolge in dieser Anstalt zu verbessern. Aber die unruhige Revolutionsepoche war nicht die geeignete Zeit für Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege, und so blieb der Stand dieser Angelegenheit bis zum Jahre 1840 fast unverändert. Damals bearbeitete nämlich d'Arcet einen Entwurf zur Lüftung und Heizung des Hospitals „Necker“ in Paris, der indes nicht zur Ausführung gelangte, denn erst im Jahre 1846 wurde das schon erwähnte „System Duvoir“ in einem Flügel des Hospitals Beaujon versuchsweise zur Anwendung gebracht. Sieben Jahre später, beim Neubau des Hospitals Lariboisière, bot sich endlich die Gelegenheit zu Versuchen im größten Maßstabe. Es kam das System der Ingenieure Thomas, Laurens und Grouvelle (nämlich Dampfwasserheizung<sup>2)</sup> und Drucklüftung) für die Männerabteilung, dagegen das System Duvoir-Leblanc (Warmwasserheizung mit Sauglüftung) für die Pavillons der Frauenabteilung zur Anwendung.<sup>3)</sup> Jedes der beiden Systeme sollte programmäßig eine Mitteltemperatur von 16 bis 18° C. in den Sälen und eine Luftzufuhr von 60 cbm pro Bett und Stunde bewirken.

Nach den eingehenden anemometrischen Messungen von Dr. Grassi wurde diese Luftmenge nur von dem System Thomas und Laurens (Drucklüftung) — und zwar reichlich — geliefert, während das System Duvoir etwa nur 30 cbm pro Bett und Stunde bei gleichem Temperaturstande leistete. Professor Ser, Chefingenieur der französischen Hospitäler, konstatierte: daß im Grunde genommen keines der Systeme die an eine gleichmäßige und lebhafte Luftcirculation in den Sälen zu stellenden Anforderungen genügend sicherstelle. Er fand, daß es nötig sei, mit dem System Thomas und Laurens eine energische Abjaugung der schlechten Luft zu verbinden, um das Zurücktreten derselben aus den Kanälen zu verhindern, wogegen das System Duvoir-Leblanc das verlangte Luftvolumen nur zur Hälfte lieferte. — Bedenkt man, daß die Kosten dieser Einrichtung pro Bett etwa 800 Fres. erforderten, wozu die Betriebskosten pro Jahr mit 80 000 Fres. hinzutreten, so ist das

Resultat ein ziemlich betäubendes zu nennen, da die Sterblichkeitsziffer hier 25 Proz. höher war, als in den damals noch mit natürlicher Lüftung versehenen Hospitälern Hôtel-Dieu,<sup>1)</sup> Pitié und Charité.

Günstiger stellte sich das Ergebnis im Hospital St. Eugénie zu Lille. — Dasselbe enthält in drei Abteilungen mit je drei Geschossen Raum für 344 Betten; die Kosten der Heizungs- und Ventilationsanlage betragen 100 592 Mk., so daß pro Bett 288 Mk. entfallen. Die städtische Verwaltung verlangte einen stündlichen Luftwechsel von nur 45 cbm pro Bett; der ausführende Ingenieur Guérin hat jedoch Einrichtungen getroffen, daß die Grenze weit überschritten werden kann. Die Heizung geschieht mittels gut konstruierter Luftheizapparate unter Mithilfe eines großen Heizkamins für jeden Saal, welcher die Heizung unterstützt und die Lusterneuerung befördert.

Interessante Hospitalanlagen, welche seiner Zeit als Musteranstalten gelten konnten, sind ferner: das St. Thomas-Hospital und das Guy-Hospital in London. Im Hospital Guy wird die Luft „durch Abjaugen“ entfernt und die frische eintretende Luft durch „Wasserlufterwärmung“ erwärmt. Der Luftstrom in den Krankensälen beträgt 44,8 bis 47,6 cbm pro Bett.

Auch die Entbindungsanstalt in Petersburg ist als Beispiel einer glücklichen und nachahmungswerten Anlage dieser Art anzusehen.<sup>2)</sup> Jeder Saal enthält nur vier Betten, jedes Stockwerk 64 Betten, außerdem ein Arbeits- und ein Dienerzimmer. Der für jedes Bett zugemessene Raum beträgt nur 50 bis 60 cbm (ohne Zweifel mit Rücksicht auf den strengen nordischen Winter). Durch genaue anemometrische Messungen wurde jedoch konstatiert, daß in den Sälen pro Bett und Stunde im Mittel 92 cbm frische Luft zugeführt werden können.

**Luftkubus.** Vergleicht man die Bemessung des Luftraumes in verschiedenen Hospitälern des In- und Auslandes, so beträgt derselbe im:

	pro Bett
Hospital Lariboisière circa . . . . .	50,00 cbm
„ St. Thomas in London . . . . .	47,60 „
„ Guy in London . . . . .	36 bis 56,00 „
Krankenhause Bethanien zu Berlin teils . . . . .	30,00 „
	teils 50 bis 60,00 „
In der Charité zu Berlin . . . . .	40 bis 50,00 „
Im städtischen Krankenhause daselbst . . . . .	60,00 „

1) Das Hôtel-Dieu ist jetzt mit Dampfwasserheizung und Sauglüftung versehen, zu welchem Zweck Ventilatoren in Gebrauch sind. Die Einrichtung rührt vom Chefingenieur Professor Ser her. Vergl. Denfer, Chauffage et Ventilation. Paris 1896.

2) Annales du Conservatoire, t. V, p. 502.

1) Oeuvres de Lavoisier, t. III, p. 646.

2) Vergl. § 62 des Wertes.

3) Ein drittes System, Luftheizung mit Ventilatorbetrieb von Dr. van Hecke aus Brüssel wurde in den Hospitälern Beaujon und Necker angewandt.

Die Lüfterneuerung dagegen beträgt:

	pro Bett und Stunde:
Hospital Parboisiere durchschnittlich . . . . .	74 cbm
„ Necker im Winter . . . . .	88 bis 98 „
„ im Sommer . . . . .	69,7 „
„ Guy am Tage . . . . .	66 bis 118 „
„ in der Nacht . . . . .	20 bis 40 „
Städtisches Krankenhaus im Friedrichshain zu Berlin . . . . .	77,29 „
Krankenhaus d. Strafanstalt am Plözensee	80 bis 100 „ <sup>1)</sup>

Als interessantes Beispiel auf dem Gebiete deutscher Heiztechnik nennen wir:

Das städtische allgemeine Krankenhaus im Friedrichshain bei Berlin — dessen kombiniertes System der Wasserluftheizung in § 68, II. (Anm.) und im Zusammenhange mit der Ventilationseinrichtung in § 77 besprochen wurde — ist nach dem Vorbilde amerikanischer Barackenhospitäler in technisch vollendeter Ausführung zur Anwendung gebracht. Diese im Jahrgange 1875 der Zeitschrift für Bauwesen publizierte Anlage ist nach dem Pavillonssystem erbaut und besteht aus vier einstöckigen Pavillons für die chirurgische Abteilung, sechs zweistöckigen Pavillons für innerliche Kranke und zwei Isoliergebäuden für ansteckende Krankheiten. Tafel 49 giebt in Grundrissen und Durchschnitten die Errichtung eines zweistöckigen Pavillons.

Die durch Ventilatoren zugeführte frische Luft soll bei dieser Anlage nur in geringem Grade zur Heizung beitragen, es findet daher ein Ersatz des stündlichen Wärmeverlustes nur durch die in der Mitte der Säle aufgestellten Heizkörper, welche Registerform haben und ähnlich gestaltet sind, statt. An diesen Registern erwärmt sich die aus der Heizammer eintretende Luft, indem sie durch eine große Öffnung des Fußbodens in das Registergebäude eintritt, darin zur Decke emporsteigt und — sich allmählich abkühlend — zu Boden sinkt. Der Luftabzug erfolgt im unteren Geschoß der zweistöckigen und in den einstöckigen Pavillons durch eine große Anzahl vergitterter Öffnungen in den Fensterpfeilern dicht am Fußboden. Die Luft tritt hier in der Richtung der Pfeile (vergl. den Grundriß des Kellergeschoßes) in die, unter dem Fußboden angebrachten, horizontalen Abluftkanäle, und diese münden in den gemeinsamen Ventilations-schlot, der durch das Rauchrohr der Feuerungsanlage erwärmt wird.

Es ist aber eine offene, von den Hygienikern verschiedentl. beantwortete Frage, ob das System der Sauglüftung allein im stande sei, die Rückströmungen, welche bei gewissen Windrichtungen im Lüftungsschlot eintreten, unschädlich zu machen. Einzelne Autoritäten wollen sogar aus der „nach abwärts gerichteten“ Bewegung der Ventilationsluft die Möglichkeit einer Übertragung von Krankheitsstoff herleiten, welche nicht stattfinden könnte bei einem Abzug der Luft von oben, wie sie z. B. in den Barackenhospitälern stattfindet. Im letzteren Falle wird der Kranke sofort seiner eigenen

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

Ausdünstung ledig und vor derjenigen seines Nachbarn geschützt, und das ist die Hauptaufgabe der Hygiene.

Der Übelstand der Rückströmungen läßt sich übrigens bei richtiger Anlage der Kanäle ganz vermeiden durch Anwendung der Drucklüftung, wobei der Luftbewegung nur eine Richtung gegeben wird und es in der Hand des Betriebsingenieurs liegt, eine ganz bestimmte Menge frischer und vorgewärmter Luft in die Krankensäle einzuführen.

Dieses Prinzip ist zur Anwendung gekommen:

Im Krankenhause der Strafanstalt am Plözensee bei Berlin. Zur Erwärmung der frischen Luft werden Heizwasser-schlangen verwendet, wobei eine stündliche Lüfterneuerung von 80 bis 100 cbm zu Grunde gelegt ist. Die Luft tritt mit einer Temperatur von 30° und einer Geschwindigkeit von 1 m in die Räume ein, wobei die Zimmerluft auf 20° C. erwärmt wird. Bei ununterbrochenem Betriebe der Druckventilatoren ist der Heizeffekt ein ganz ausreichender und die Luftbeschaffenheit eine vorzügliche. Aber es ist gleichzeitig zu konstatieren, daß die Drucklüftung in den Anlagen- und Betriebskosten sich um circa 30 Proz. teurer stellt als die Sauglüftung.

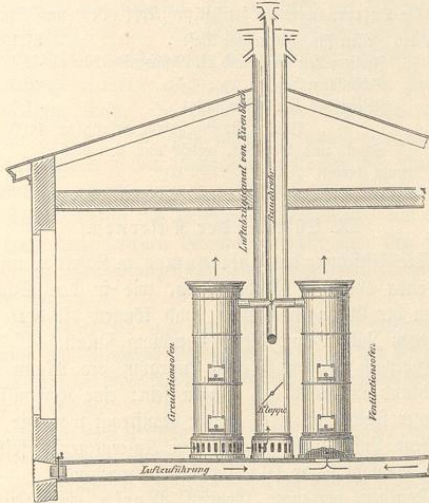
Im Garnisonlazarett zu Altona, ausgeführt in den Jahren 1868 bis 1872, werden die Krankenzimmer durch mechanische Kraft — nach dem französischen System van Hecke — gelüftet, wobei pro Bett und Stunde 60 cbm frische Luft zugeführt werden müssen. Beide Anlagen wurden dem Ingenieur Johannes Haag in Augsburg übertragen und durch dessen Vertreter R. Uhl in Berlin ausgeführt. — Abweichend von den bisher besprochenen Anlagen findet in manchen Fällen auch Lokalheizung, unterstützt durch Kamine, Anwendung.

Im zweiten Garnisonlazarett für Berlin zu Tempelhof, ausgeführt von den Architekten Gropius & Schmieden,<sup>1)</sup> sind als Heizkörper Ventilations-schüttöfen mit doppeltem Mantel zur Anwendung gekommen; die äußere Mantelfläche derselben reicht bis zum Fußboden. Diese Öfen sind in jedem Saal paarweise aufgestellt (Fig. 294). Zur Abführung der verbrauchten Luft dient ein zwischen den Öfen aufgestellter Abgaugeschacht, dessen Sockel durchbrochen ist. Im Schacht befindet sich eine Drosselklappe zur Regulierung des Luftabzuges, und die Abführung wird dadurch besonders wirksam, daß das gemeinschaftliche Rauchrohr der Öfen sich im Schacht befindet. — Die Luftzuführung geschieht durch vergitterte Öffnungen in den Fronten, welche mit Kanälen im Fußboden kommunizieren und mittels Drosselklappen abschließbar sind. Hierbei kann stets die dem Wind abgewendete Seite zur Luftzufuhr benutzt werden. Abgaugeschächte und Rauchrohre sind mit „Luftsaugern“ versehen.

1) Mitgeteilt in Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1879.

Den Zwecken der Heizung und Lüftung dient ferner ein Kamin an der Schmalseite jeden Krankensaales, dessen wohlthätiger Einfluß sich (namentlich im Frühjahr und Herbst) bei wechselnder Witterung sehr fühlbar macht.

Fig. 294.



Während der Sommermonate tritt im Obergeschoß auch die Firtventilation in Kraft. Übrigens sind die Fenster oberhalb mit „Rippflügeln“ und die Thüren mit verschließbaren Durchbrechungen versehen, so daß in der guten Jahreszeit ein natürlicher Luftaustausch beständig unterhalten werden kann.

## § 87.

## VIII. Lüftung der Gefängnisse.

Da die allgemeinen Anordnungen in den Gefängnissen manche Ähnlichkeit mit denjenigen der Krankenhäuser haben, so muß als eine der ersten Vorbedingungen für den guten Gesundheitszustand der Insassen auch hier ein besonderes Gewicht auf die Bemessung des Lustraumes gelegt werden. Wenn demnach in erster Linie ein ausreichender Luftwechsel angestrebt werden muß, so tritt hier noch die weitere Bedingung hinzu: daß die Anlage der Luftleitungen so getroffen sei, um den Verkehr der Gefangenen durch Fortpflanzung des Schalles in den Lüftungskanälen unmöglich zu machen. Dies der Grund, welcher gegen die Anlage von Luftheizungen sprechen würde.

Im Zellengefängnis zu Betonville war es, wo (im Jahre 1844) das System der „Warmwasserheizung“ mit „Sauglüftung“ zuerst zur Anwendung kam. Die Heiz-

rohrleitung befindet sich dort im Fußboden des Korridors, und es ist ein Warmluftkanal für jede Zelle angelegt, der nahe der Decke, also unerreichbar für die Gefangenen, ausmündet. Die Abzugsöffnungen der verbrauchten Luft liegen dagegen am Fußboden, und sie steigen von hier aufwärts nach einem Sammeltkanal auf dem Boden, welcher durch die von den Feuerungen entwickelte Wärme entlüftet wird.

Die frühesten Zellengefängnisse in Deutschland wurden mit Luftheizung versehen. Eine derartige Anordnung aus dem Centralgefängnis zu Bruchsal war noch in der I. Auflage des IV. Bandes dargestellt. Welche Schwierigkeiten hier die gesonderte Ab- und Zuführung der Luft für jede Zelle verursachte, ergibt sich aus der Betrachtung der Tafeln 19 und 20 dieser vom Begründer des Werkes bearbeiteten I. Auflage. Derartige Schwierigkeiten können nur behoben werden, wenn man die Luftheizung mit der „Drucklüftung“ verbindet, denn dann kann die warme Luft, nachdem sie die Heizkammer verlassen hat, auch in horizontalen Verteilungskanälen fortgeführt werden, weil sie — in Folge des ihr mitgetheilten Druckes — die Reibung in den Kanälen überwindet. Eine derartige Anlage enthält:

Das Strafgefängnis am Plözensee bei Berlin, und zwar in demjenigen Bau, der gewöhnlich als das II. Gefängnis bezeichnet wird und in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1877, ausführlich mitgeteilt ist. Wir müssen uns gleichwohl veragen, diese Anlage hier durch Zeichnungen zu illustrieren, und verweisen auf die oben genannte Veröffentlichung.

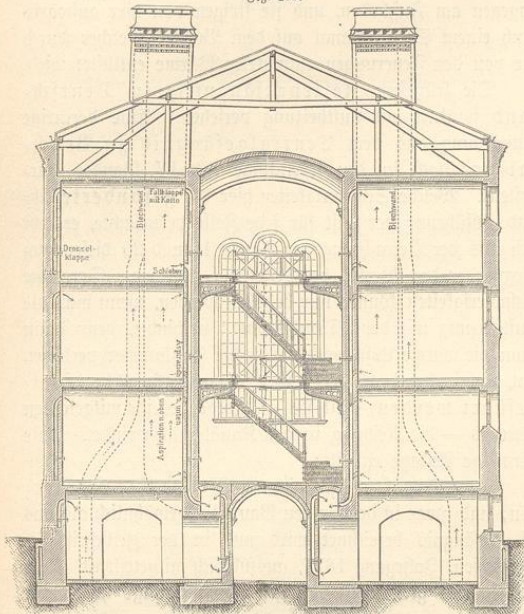
Die frische Luft wird durch drei Ventilatoren in die entsprechenden Verteilungskanäle und aus diesen in die Heizkammern getrieben, um zehn getrennte Systeme mit Heizung und Lüftung zu versorgen. Der Betrieb erfolgt mittels einer Dampfmaschine von 5 Pferdekraft. Die Luft erwärmt sich in den Heizkammern auf 40° C. und verbreitet sich unter dem Druck der Ventilatoren in größeren, horizontalen Verteilungskanälen, welche im Erdgeschoß unter dem Fußboden der Korridore liegen.

Aus diesen horizontalen Reservoirs steigt dann die frische und vorgewärmte Luft mittels senkrechter Kanäle in den Korridorwänden empor und in die zu heizenden resp. zu lüftenden Räume. Letztere sind: Isolierzellen, Lageräume für gemeinsame Haft und Schlaffäle. — Die Luftzuführungskanäle enden in jedem Räume 0,80 m unterhalb der Decke; in Brüstungshöhe befinden sich vergitterte Öffnungen mit Regulierklappen. Die Abführungskanäle liegen in den Fronten, den Zuführungen gegenüber, beginnen am Fußboden und haben abstellbare Öffnungen am Fußboden und an der Decke. Von hier aus steigen sie senkrecht aufwärts bis zum Dachgeschoß und münden in die vorerwähnten, hölzernen Sammeltkanäle. Mit diesen kommunizieren gemauerte Schote, welche über Dach führen und durch Rauchrohre erwärmt werden, also „saugend“ wirken.

Das I. und III. Gefängnis hat dagegen Heißwasserheizung mit Sauglüftung erhalten. Die Heizrohre in den Etagen liegen unverkleidet an den Frontwänden, und die frische Luft wird durch Z-förmige Kanäle in den Fronten zugeführt. Diese beginnen

außerhalb in Höhe des Fußbodens der Räume, sind in den Frontmauern senkrecht aufwärts geführt und münden innen unterhalb der gewölbten Decke aus. Die Einströmung kann durch Drosselklappen, welche in handlicher Höhe angebracht sind, reguliert werden (Fig. 295).

Fig. 295.



Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgt durch Kanäle in den Korridorwänden, welche oben und unten mit Einmündungen versehen sind; diese fallen senkrecht abwärts bis unter den Fußboden des Korridors im Erdgeschoss, vereinigen sich im Souterrain zu Sammelkanälen und führen zu senkrechten Luftschloten, welche neben den heißen Rauchrohren liegen. Im Sommer werden die Abzugschächte durch Wasserrohre erwärmt.

Die Lüftung der Aborte ist von derjenigen der Zellen getrennt; je drei übereinander liegende Klosetts haben einen gemeinsamen Luftabzugskanal erhalten.

Die Heizungs- und Lüftungsanlagen sind von Johannes Haag in Augsburg resp. dessen Vertreter Robert Uhl in Berlin ausgeführt.

**Luft Raum.** Da Gefängnisbauten in Rücksicht auf die zur Anwendung kommenden Haftsysteme (Einzelhaft, Gemeinschaftshaft, gemischtes System) eine verschiedene Konstruktion erhalten müssen, so geben wir zum Schluß einen Vergleich des Luft Raumes, welcher nach den verschiedenen Haftsystemen dem Gefangenen zu teil wird.<sup>1)</sup>

Es ergeben sich im I. und II. Gefängnis für gemeinsame Haft in Zellen für 5 bis 10 Mann:

	Luft Raum
durchschnittlich pro Kopf 3,88 qm Zellenfläche . . .	11,82 cbm;
dem gegenüber in den Zellen für Isolierhaft:	
durchschnittlich pro Kopf 9,01 qm Grundfläche . . .	28,97 "

1) Vergl. Erläuterungen zu dem Modell des Strafgefängnisses zu Löpensee u. s. w., ausgestellt in Brüssel 1876. Berlin. Geheime Ober-Hofbuchdruckerei.

Dies ist ein Durchschnittsmaß, der sich vollkommen bewährt hat und in den ersten Gefängnissen fremder Länder nicht erreicht wird.<sup>1)</sup> Die Schlafsäle bieten pro Bett folgenden Raum dar:

	Fläche	Luft Raum
Im I. und II. Gefängnis . . . . .	4,52 qm,	19,75 cbm,
" Hause für jugendliche Gefangene . . . . .	5,77 "	18,18 "
durchschnittlich pro Bett	5,15 qm,	18,97 cbm.

Die Lüftererneuerung beträgt pro Kopf (Bett) und Stunde:

1) In den Zellen für gemeinsame Haft . . . . .	37,1 cbm,
2) " " Isolierzellen im I. und II. Gefängnisgebäude	42,4 "
3) " " Schlafsälen dafelbst . . . . .	48,0 "
4) " " Zellen des III. Gefängnisses . . . . .	41,0 "
5) " " " " Hauses für jugendliche Gefangene	60,0 "
6) " " Schul- und Bettsälen, welche nur periodisch benutzt werden . . . . .	25,0 "

### IX. Lüftung der Kasernen.

Die Festsetzung des Luft Raumes in Kasernen unterliegt etwa ähnlichen Verhältnissen, wie in den Schlafräumen der Gefangenenanstalten, und können die dort gewonnenen Zahlen auch hier Anwendung finden.

Hiernach würden 19 cbm Luft Raum pro Mann als ausreichend in Ansatz zu bringen sein: eine Kommission englischer Fachautoritäten, welche beauftragt war, die angemessene Luft Raumbestimmung bei Kasernements festzustellen, empfahl sogar 16,8 cbm als ausreichend.

Dagegen verlangte General Morin eine Lüftererneuerung von 30 bis 40 cbm pro Stunde bei Tage und 50 bis 60 cbm während der Nacht, d. h. bei Tage einen zweimaligen, bei Nacht einen dreimaligen Luftwechsel.

Diese Anforderungen stehen im striktem Gegensatz zu dem bisher in Deutschland eingehaltenen Standpunkte, wo das Bedürfnis einer geregelten Heizung der Kasernen kaum gewürdigt wird, denn das Brennmaterial wird in der Regel an jede Korporalschaft verteilt und dieser überlassen, beliebig zu heizen resp. durch Öffnen von Fenstern und Thüren die Überproduktion von Wärme auszugleichen. — Hier ist nun eine Abhilfe sehr leicht und man sucht daher durch Flügelventilatoren in den Fensterscheiben oder durch Kippflügel eine Luftströmung in den oberen Schichten der Mannschaftsstuben zu erzeugen. Mit diesen korrespondieren Abzugöffnungen in den Wänden zunächst dem Fußboden, so daß die Ausatmungsprodukte sofort abgesaugt werden und nicht Zeit finden, sich mit der Zimmerluft zu vermischen. Wird für je zwei bis drei Betten ein gemeinsamer Abzugskanal angelegt, so dürfte der durch Saughüte unterstützte Luftaustausch vollkommen den Anforderungen der Gesundheitstechnik genügen. Bei hoher Winterkälte, wo das Öffnen der Fensterflügel nicht angebracht ist, wird die starke Durchlässigkeit der Wände in

1) In dem berühmten Gefängnis „Mazas“ zu Paris beträgt, nach Péclet, der Luft Raum 26 cbm.

Verbindung mit Luftregistern in den Thüren Ersatz für den geringeren Luftaustausch bieten.

Die Vorschläge von Degen<sup>1)</sup> durch Anwendung von Dampfkraft — wie in den Hospitälern — das Kochen, Waschen, Beschaffen von Bädern, Zerkleinern von Holz u. s. w. zu bewirken, sind teilweise zur Anwendung gelangt, doch hat die Verwaltung, welche über hinreichende Menschenkräfte verfügt, von den sonstigen Vorteilen der Centralheizung bisher abgesehen. So treffend die Gründe sein mögen, welche Degen gegen die Holzverschwendung in den Kasernen ins Feld führt, so wenig Zustimmung haben dieselben in den maßgebenden Kreisen der Militärverwaltung voreerst gefunden. Auch ist die Lokalheizung mit Kachelöfen an sich keineswegs verwerflich, nur muß sie nach angemessenen Normen geregelt und der Heizkörper mit Vorrichtungen zur Einführung frischer Luft versehen werden.

In England hat man sich mit gutem Erfolge der Kamine von Douglas Galtou bedient, so in den Kasernen von Chelsea, über welche Untersuchungen von de Chaulmont vorliegen.

In den vom Kriegsbaumeister Hunäus zu Hannover ausgeführten Kasernen wurde der Gedanke verfolgt, daß die Mannschaft am Tage sich nicht in dem Lokale aufhalten dürfe, in dem sie während der Nacht schläft. Ohne den sonst für eine Korporalschaft zugemessenen Raum zu vergrößern, ist derselbe in zwei ungleiche Hälften geteilt, von denen die kleinere für den Tagesaufenthalt bestimmt ist, die größere als Schlaftaal dient und am Tage dauernd gelüftet werden muß.

Wenn mit dieser Einrichtung auch eine Lüfterneuerung für die Nachtzeit verbunden werden kann, so würde sie in der That nichts zu wünschen übrig lassen!

#### § 88.

Durch die vorstehenden Angaben ist das Thema der künstlichen Lüftung keineswegs erschöpft, aber die Ziele dieses Buches verlangen eine Beschränkung in der Vorführung des Stoffes. Auch würde es nicht möglich sein, für alle verschiedenen Gattungen von Gebäuden die geeignetste Methode der Lüfterneuerung angeben zu wollen. Es ist vielmehr, nachdem die Grundsätze und Methoden ausführlich behandelt sind, Sache des denkenden Baumeisters, in jedem besonderen Falle selbständig oder nach vorhandenen Mustern zu verfahren.

Einzeln ist bereits bei den Heizungen besprochen worden, so die Erwärmung der Kirchen in § 49. Selten

1) Praktisches Handbuch der Ventilation und Heizung von Ludwig Degen. II. Auflage, S. 213.

wird hier mehr als 12° Temperatur im Kirchenraume verlangt, und wegen der Höhenverhältnisse, des bedeutenden Luftraumes und der periodischen Benutzung ist eine Zuführung frischer Luft nicht erforderlich. Zur Heizung eignet sich ganz besonders die Kanalheizung, weil sie eine vorzugsweise Erwärmung der unteren Luftschichten gestattet.

Bei der auf Tafel 31 und 32 dargestellten Kirche zu Templin werden die in den Heizkanälen liegenden ovalen, gußeisernen Heizröhren von einem unter dem Chorraum angelegten Feuerraum her erwärmt und die Röhren haben nur die Funktion, die in den Rauchgasen enthaltene Wärme für die unteren Luftschichten im Kirchenschiff nutzbar zu machen.

In den letzten beiden Decennien hat man sich jedoch zur Erwärmung der Kirchen viel häufiger der Warmwasserheizung bedient. So wird auch die Kirche St. Vincent de Paul in Paris durch in Kanälen unterhalb des Kirchenfußbodens liegende glatte, gußeiserne Röhre erwärmt. Die mit durchbrochenen Platten abgedeckten Heizkanäle sind hier im Mittelschiff der Kirche, zu beiden Seiten der Säulenstellung entlang geführt und durch einen vor den Chorschranken rechtwinklig abzweigenden Kanal verbunden. In den Kanälen liegen je zwei weite gußeiserne Röhre, in denen das Wasser der Niederdruckwasserheizung circuliert und mit geringem Fall zum Kessel zurückfließt. Dieser letztere ist ein stehender Röhrenkessel, über dessen oberem Austrittstutzen sich das Expansionsgefäß befindet.

Zur Heizung des Chorraumes und der Sakristeien sind im Souterrain zwei weitere Warmwasserheizkessel aufgestellt. Der Heizkanal zieht sich längs der halbkreisförmig angeordneten Säulenstellung im Chor entlang und dient insbesondere zur Erwärmung der Chorstühle. Den Grundriß der Kirche und die oberflächlich angedeuteten Heizanlagen enthält das Werk von Denfer, Chauffage et Ventilation, Paris 1896, pag. 579.

Die Lüftung der verschiedenen Gebäude für Staats- und Kommunalverwaltung, Gerichtspflege u. s. w. unterliegt denjenigen Bestimmungen, welche schon im sechsten und siebenten Kapitel dieses Werkes ausführlich behandelt und durch Beispiele erläutert sind. Die Berechnung des erreichbaren Lüftungseffektes bietet — nach den im siebenten Kapitel vorgetragenen Methoden — keine Schwierigkeiten, ist auch im vorstehenden vielfach erörtert.

Eine besondere Rücksichtnahme verlangen etwa noch diejenigen Räume, bei welchen — wie bei Lichtfluren und „Sälen mit Oberlicht“ — eine natürliche Lüftung durch Öffnen der Fenster ausgeschlossen ist. Hier ist zunächst für ausreichende Luftzufuhr zu sorgen, andererseits ist die Abführung der verbrauchten Luft angemessen zu regeln. Wegen Strahlung der Glasdecke in den kalten Dachraum pflegt

num die Abkühlung solcher Decken mit Oberlicht sehr empfindlich auf die Insassen zu wirken. Will man dies beheben, so muß der Raum zwischen der unteren Glasdecke und dem Glasdach angemessen erwärmt werden.

Über eine solche Anordnung in der großen Halle des Schlosses Ferridres (Besitz des Baron von Rothschild) berichtete der General A. Morin folgende Einzelheiten. Am Abend erhellen Hunderte von Gasflammen den Raum und verhindern die Abkühlung des Saales durch die 100 qm große Glasdecke. Für die Zwecke der Tagesbenutzung sind in dem Räume über der Glasdecke vier Coaksöfen aufgestellt, welche in demselben eine höhere Temperatur unterhalten, als diejenige des Saales ist; durch diese Anordnung wird die Abkühlung des Saales verhindert.

Lichtlöcher in Wohngebäuden pflegen in der Regel und selbst in der kühleren Jahreszeit eine sehr schlechte Luftbeschaffenheit zu zeigen. Da sich die angrenzenden Räume von hier aus mit Luft versorgen müssen, ist deren beständige Lüfterneuerung geboten, in den neueren Bauordnungen sogar durch polizeiliche Verordnung vorgeschrieben. Eine Abhilfe durch Anlage von Saugeschächten, in denen ein kleines Feuer unterhalten wird, ist hier außerordentlich leicht zu bewerkstelligen; in gewöhnlichen Fällen werden jedoch feststehende Jalousien von Glas oder Blech in Verbindung mit einer geschickt angelegten Firtventilation genügen.

Zum Abhalten der Sonnenhitze, die im Hochsommer in derartigen, mit einer Glasdecke versehenen Räumen sehr bedeutend werden kann,<sup>1)</sup> pflegt man sich — wie in den modernen Ausstellungsglaspalästen — eines untergespannten, großen Tuches (Vela) zu bedienen. Das kontinuierliche Vesprenen der Glasdächer während der heißen Tagesstunden ist ein weiteres vorzügliches Mittel, um die Temperatur solcher Räume herabzumindern.<sup>2)</sup>

Zum Schluß ist noch die Lüftung der sogenannten Nebenräume unserer Wohngebäude, als da sind: Küchen, Badezimmer, Vorratskammern, Korridore, Aborte u. s. w. hier zu besprechen. Für die Küchen ist durch die beim Kochen erzeugte Wärme, welche gewöhnlich ganz ungenützt in den Schornstein entweicht, ein sehr geeignetes Mittel der „Sauglüftung“ geboten. In Badezimmern wird durch die saugende Wirkung einer Gasflamme, welche man zeitweise in dem zugehörigen Luftkanal unterhält, viel gebessert und dieses Auskunftsmittel steht auch da zur Verfügung, wo die Unterhaltung eines Kochfeuers unthunlich ist.

In Korridoren, welche fensterlos an der Nachbargrenze liegen, bietet schon die natürliche Lüftung (durch

1) Im Pariser Bahnhof (Route Lyon) hat man nachmittags eine Temperatur von 40° C. über den Schienengeleisen der Halle beobachtet.

2) Vergl. auch die Anmerkung auf S. 206.

Temperaturdifferenz) eine schätzenswerte Luftverbesserung. Auch die Zuführung reiner, vom Dach her entnommener Luft in geeignet angebrachten Schloten, bietet meistens nur unerhebliche Schwierigkeiten. Die Anlage von Abzugskanälen ist aber fast immer zugänglich, und wenn sie durch Luftfänger unterstützt ist, auch wirksam. Jedenfalls wäre es endlich an der Zeit, daß die Architekten den vernachlässigten Nebenräumen des modernen Wohnhauses eine größere Aufmerksamkeit als bisher widmen, es würde dann um die Gesundheitsverhältnisse der Bevölkerung großer Städte besser als bisher bestellt sein und die Mortalitätsstatistik in Zukunft geringere Prozentsätze von Todesfällen nachweisen.

#### § 89.

#### Die Aufstellung von Projekten und Berechnungen zur Erwärmung und Lüftung öffentlicher Gebäude.

Die Ansprüche der Neuzeit an sachgemäße Beheizung und Lüftung haben einen derartigen Umfang angenommen, daß für alle öffentlichen, unter der Aufsicht des Staates oder größerer Stadtbehörden ausgeführten Gebäude fast ohne Ausnahme Centralheizungen zur Anwendung kommen. In den Entwürfen, welche das betreffende Gebäude in seiner Gesamtheit umfassen, sind also die Heizanlagen derart zu berücksichtigen, daß durch Zeichnung und Beschreibung zum Ausdruck gebracht wird, welche Art, resp. welche Arten von Heizung und Lüftung zur Anwendung gelangen sollen, wo die Heizstellen Platz finden, wie die frische Luft zu- und die verbrauchte abgeführt werden soll, wo die Heizkörper ihre Stelle erhalten, welche und wie große Kanäle in den Mauern vorzusehen sind, und diese Maßnahmen sind so zeitig zu treffen, daß Lage und Größe der erforderlichen Kanäle, Schloten und Schlitze vor Beginn der Maurerarbeiten feststeht und nachträgliche Änderungen durch Stemmen vermieden werden.

Die Feststellung der Centralheizungsanlagen im einzelnen erfolgt für fiskalische Landbauten mittels Ausschreibung von Konkurrenzen zur Erlangung geeigneter Entwürfe; als Unterlage für die Konkurrenz dient ein ausführliches Programm, in welchem die an die Heizanlagen und Lüftungseinrichtungen zu stellenden Anforderungen genau klargestellt werden. Demselben ist eine Berechnung anzuschließen, welche über den stündlichen Wärmeverlust jedes einzelnen Raumes in tabellarischer Form Auskunft giebt.

Die einheitliche Aufstellung der Programme und Berechnungen für fiskalische Bauten ist in Preußen durch Ministerialerlaß vom 7. Mai 1884 und 15. April 1893 geregelt. Wir lassen die Bestimmungen des letztgenannten Erlasses hier im Auszuge folgen:

## § 90.

**Anleitung zur Aufstellung von Programmen und Entwürfen für Centralheizungs- und Lüftungsanlagen.****I. Leistungen der Bauverwaltung.**

Den Bewerbern sind seitens der Bauverwaltung nachstehende Zeichnungen unentgeltlich zu verabsorgen:

ein Lageplan des Gebäudes und seiner Umgebungen unter Angabe der Nordlinie;

die mit Raumnummern, sowie Längen- und Flächenmaßen versehenen Grundrisse aller Geschosse;

die wesentlichsten Durchschnitte unter Angabe des höchsten Grundwasserstandes.

Den Zeichnungen ist eine kurze Beschreibung des Gebäudes unter Angabe der Art und Dauer der Benutzung seiner einzelnen Räume beizufügen; es ist anzugeben, inwieweit das Gebäude etwa den Einflüssen der Witterung besonders ausgesetzt ist.

Bezüglich der zweckmäßigsten Lage der Rauchröhren, Luftkanäle und der Entnahmestellen für frische Luft sind geeigneten Falles Vorschläge zu machen, oder es ist solches durch Eintragen in die Zeichnungen klar zu stellen. Es ist auch anzugeben, für welche Rohrleitungen Schlitze, für welche Kanäle anzulegen sind.

Für die einzelnen Räume ist die Art der Beheizung anzugeben; es ist kenntlich zu machen, ob sie mittels Centralheizung nach einem oder verschiedenen Systemen erwärmt werden oder ob sie Lokalheizung erhalten sollen.

Bei Luftheizungen ist anzugeben, ob sie mit oder ohne Circulation oder für beide Fälle anzuordnen sind, indes wird Circulationsheizung nur zum Anheizen und nur für größere Räume anzunehmen sein; für Räume mittlerer Größe ist lediglich Heizung mit frischer Luft vorzuziehen.

Zur Klarstellung dieser Verhältnisse sind bei den zeichnerischen Darstellungen folgende helle Farbentöne zu wählen:

für Luftheizung . . . . .	grün
„ Heißwasserheizung . . . . .	rot
„ Warmwasserheizung . . . . .	blau
„ Dampfheizung . . . . .	gelb.

Die nicht zu heizenden oder mit Lokalheizung zu versehenen Räume sind weiß zu lassen oder in anderer Art kenntlich zu machen. Räume, die nur zeitweise geheizt werden, sind ausdrücklich hervorzuheben.

Weymann, Baukonstruktionslehre. IV. Vierte Auflage.

Ferner sind anzugeben alle Räume, die künstliche Lüftung erhalten, sowie diejenigen, die infolge ihrer Zweckbestimmung einer häufigeren Lüfterneuerung bedürfen.

Endlich ist nach dem in Tabelle A<sup>1)</sup> gegebenen Beispiele eine Berechnung der Wärmeverluste aufzustellen (vergl. die tabellarischen Aufstellungen S. 118 bis 120). Die der Berechnung zu Grunde zu legende niedrigste Ortstemperatur ist möglichst nach dem zehnjährigen Durchschnitt anzugeben.

**II. Ausarbeitungen der Bewerber.**

Die Bewerber haben den von ihnen ausgearbeiteten „Entwurf der Heizungs- und Lüftungsanlage“ in die ihnen von der Bauverwaltung übergebenen Zeichnungen einzutragen, auch eine Berechnung der zur Wärmeerzeugung in Vorschlag gebrachten Apparate (Kessel u. s. w.), der erforderlichen Kesselflächen und Schornsteinquerschnitte, der Luftkanäle, sowie der zu verwendenden Heizkörperabmessungen aufzustellen.

Die ganze Anlage ist eingehend zu erläutern, etwaige Bedenken gegen die Programmforderungen sind zum Ausdruck zu bringen, jedoch ist der von der Bauverwaltung ermittelte Wärmebedarf möglichst als Grundlage beizubehalten.

A. In den Zeichnungen ist darzustellen<sup>2)</sup> die Lage:

- a) der Rauchröhren und Luftkanäle mit ihren Ein- und Ausströmungsöffnungen;
- b) der Entnahmestellen für frische Luft; der Centralheizapparate, einschließlich der Vorratsräume für Brennmaterial;
- c) der Rohrleitungen, Hauptventile und Expansionsgefäße, und
- d) die Stellung der Heizkörper.

Bei Luftheizungen sind die Frischluft-, Circulations- und Lüftungskanäle anzugeben, eventuell auch die beabsichtigten Mischkanäle, Klappen u. s. w. durch Zeichnung zu erläutern.

1) Siehe Tabelle A Seite 256 u. 257.

2) Zur Unterscheidung der Kanäle für erwärmte, resp. verdorbene Luft und der verschiedenen Rohrleitungen werden diese — nach Anleitung des ministeriellen Erlasses vom 7. Mai 1884 — von den Fabrikanten gewöhnlich mit folgenden Farben gekennzeichnet:

die Zuströmungskanäle für warme Luft . . . . .	mit rot,
„ Kanäle für kalte reine Luft . . . . .	„ grün,
„ sogenannten Mischkanäle . . . . .	„ blau,
„ Abzugskanäle für verdorbene Luft . . . . .	„ gelb,
„ Zuleitungsrohre der Wasserheizung . . . . .	„ zinnoberrot,
„ Mischleitungsrohre, Heizkörper . . . . .	„ dunkelblau,
„ Dampfrohre . . . . .	„ orange,
„ Kondensationsrohre, Dampfheizkörper, Kessel . . . . .	„ dunkelgrün.

Der nach den örtlichen Verhältnissen für die Feuerungsanlage geeignetste Brennstoff ist anzugeben und die Bedienungsmannschaft, welche zum ordnungsmäßigen Betriebe erforderlich ist.

Zur Klarstellung der Einzelheiten können dem Erläuterungsberichte vorhandene Druckfachen oder Pausen beigelegt werden.

#### B. Kostenberechnung.

Die Kosten der Anlage sind getrennt nach den vorkommenden Arten der Beheizung und Lüftung zu veranschlagen. Der Anschlag soll enthalten alle zur betriebsfähigen Fertigstellung der Anlage erforderlichen Leistungen und Lieferungen, einschließlich Fracht und Reisekosten.

Dagegen sind Steinarbeiten, Einsetzen und Verputzen von Lüftungsclappen, Schiebern, Gittern und dergl. mehr nicht in die Kostenrechnung aufzunehmen.

Bei Kesseln, Luftheizöfen, Heizkörpern sind die Wandstärken in der Kostenberechnung anzugeben. — Wärmeentwickler und Heizapparate sind außer nach der Heizfläche auch nach dem Gewicht in Ansatz zu bringen.

Rohrleitungen sind mit dem inneren und äußeren Durchmesser, einschließlich Verlegen, Dichtmaterial und Memigeanstrich zu veranschlagen.

Geschmiedete und gußeiserne Gitter, Klappen, Schieber, Expansionsgefäße, Deflektoren für Abzugschlote sind nach Maß und Stückzahl aufzuführen.

Die Kostenberechnung ist nach folgenden Titeln geordnet einzureichen:

- Titel I. Wärmeentwickler mit Zubehör.
- „ II. Heizkörper mit Regelungsvorrichtungen.
- „ III. Rohrleitungen mit Anstrich, Wärmeschutzmasse.
- „ IV. Expansionsgefäße, Kondensstöpfe, Reduzierventile.
- „ V. Regelungsvorrichtungen für Luftkanäle nebst Gittern u. s. w.
- „ VI. Insgemein.

#### III. Vorschriften für die Bearbeitung der Programme und Entwürfe.

1. Grad der Erwärmung und Stärke des Luftwechsels in den einzelnen Räumen.

Als Wärmegrade sind in der Regel vorzuschreiben:

für Krankenzimmer . . . . .	22° C.
„ Geschäfts- und Wohnräume . . . . .	20° „
„ Säle, Auditorien, Räume für Einzelhaft . . . . .	18° „
„ Sammlungs- und Ausstellungsräume, Flure, Gänge, Treppenhäuser, je nach Art der Benutzung . . . . .	12 bis 18° „

Räume zum gemeinsamen Schlafen der Gefangenen bleiben ungeheizt.

Als stündlicher Luftbedarf ist zu Grunde zu legen:

bei Krankenzimmern für Erwachsene . . . . .	80 cbm
„ „ „ Kinder . . . . .	40 „
„ Einzelhaftzellen . . . . .	30 „
„ Räumen für gemeinsame Haft . . . . .	20 „
„ Versammlungs- oder Hörsälen und Geschäftslokalitäten . . . . .	20 „
„ Schulzimmern je nach Alter der Schüler 10 bis 25 „	

Für Flure und Treppenhäuser ist in der Regel stündlich ein halb- bis einmaliger Luftwechsel vorzusehen.

Dienen — wie in Gerichtsgebäuden — die Flure zum zeitweiligen Aufenthalt einer größeren Anzahl von Personen, so muß stündlich ein zweimaliger Luftwechsel stattfinden.

Da, wo sich üble Gerüche entwickeln, wie in Abzügen, sind die Abzugskanäle für stündlich drei- bis fünf- fache Lüftererneuerung zu berechnen.

#### 2. Berechnung der Wärmeverluste.<sup>1)</sup>

Bei Ermittlung des Wärmeverlustes der Räume sind nachstehende Temperaturen in Ansatz zu bringen:

- a) für ungeheizte, dauernd geschlossene Räume . . . . . 0° C.
- b) „ „ öfter von der Außenluft bestrichene Räume (Durchfahrten, Vorhallen u. s. w.) . . . . . — 5° „
- c) „ unmittelbar unter der Dachfläche liegende Räume bei Metall- und Schieferbedachung . . . . . — 10° „
- d) bei dichteren Bedachungen (Ziegel, Holzcement) . . . . . — 5° „

Bei kontinuierlichem Heizbetriebe und 1° Differenz zwischen der Außen- und Innenluft ist für 1 qm Fläche ein stündlicher Wärmeverlust in Rechnung zu stellen:

bei 0,12 m starkem Ziegelmauerwerk von 2,40 W.-E.	
„ 0,25 „ „ „ „ „	1,70 „
„ 0,38 „ „ „ „ „	1,30 „
„ 0,51 „ „ „ „ „	1,10 „
„ 0,64 „ „ „ „ „	0,90 „
„ 0,77 „ „ „ „ „	0,80 „
„ 0,90 „ „ „ „ „	0,65 „
„ 1,03 „ „ „ „ „	0,60 „
„ 1,16 „ „ „ „ „	0,55 „

Bei Frontwänden mit Quaderverblendung ist vorstehenden Zahlenwerten ein Zuschlag von 15 Proz. hinzuzufügen.

<sup>1)</sup> Hierzu die auf Seite 256 u. 257 befindliche tabellarische Anweisung zur Berechnung der Wärmeverluste (Tabelle A).

Bei vollem Mauerwerk aus Sandstein (Quadern oder Bruchstein) ist der stündliche Wärmeverlust anzunehmen:

bei 0,30 cm Wandstärke zu . . . . .	2,20 W.-E.
" 0,40 " " " " . . . . .	1,90 "
" 0,50 " " " " . . . . .	1,70 "
" 0,60 " " " " . . . . .	1,55 "
" 0,70 " " " " . . . . .	1,40 "
" 0,80 " " " " . . . . .	1,30 "
" 0,90 " " " " . . . . .	1,20 "
" 1,00 " " " " . . . . .	1,10 "
" 1,10 " " " " . . . . .	1,00 "
" 1,20 " " " " . . . . .	0,95 "

Bei Kalksteinmauerwerk sind vorstehende Werte um 10 Proz. zu erhöhen.

Bei Ritzwänden von 4 bis 6 cm Stärke	3,00 W.-E.
" " " " 6 bis 8 " " "	2,40 "
" Balkenlagen mit halbem Windelboden als Decke . . . . .	0,50 "
" Balkenlagen mit halbem Windelboden als Fußboden . . . . .	0,35 "
" Gewölben mit massivem Fußboden . . . . .	1,00 "
" Gewölben mit Dielung darüber, und zwar als Fußboden . . . . .	0,45 "
" Gewölben mit Dielung darüber, und zwar als Decke . . . . .	0,70 "
" hölzernem Fußboden, hohl über der Erdschle verlegt . . . . .	0,80 "
" hölzernem Fußboden, auf Asphalt verlegt . . . . .	1,00 "
" massiven Fußböden über dem Erdreich . . . . .	1,40 "
" einfachen Fenstern . . . . .	5,00 "
" Doppelfenstern . . . . .	2,30 "
" einfachen Oberlichtern . . . . .	5,30 "
" doppelten " . . . . .	2,40 "
" Türen . . . . .	2,00 "

Da ein kontinuierlicher Heizbetrieb nur selten stattfindet, müssen obige Werte meist noch erhöht werden, und zwar:

- um 10 Proz., wenn nur bei Tage geheizt wird, aber die Lage eine geschützte ist;
- um 30 Proz., wenn bei Tagesbetrieb die Lage exponiert ist;
- um 50 Proz. bei längeren Unterbrechungen des Betriebes.

Bei Kirchenschiffen und mit großen Abkühlungsflächen versehenen Räumen, welche nicht täglich geheizt werden, ist von der Berechnung der Wärmeverluste Abstand zu nehmen. Es soll vielmehr bei den für solche Räume zu entwerfenden

Centralheizungen den Bewerbern überlassen bleiben, durch Erfahrungssätze nachzuweisen, daß eine angemessene Erwärmung programmäßig gesichert ist.

### 3. Berechnung des Luftwechsels.

Die Wahl der höchsten und niedrigsten Außentemperatur, bei welcher der erforderliche Luftwechsel erzielt werden soll, hat unter Berücksichtigung der Bestimmung der Räume zu erfolgen.

Die höchste äußere Temperatur ist im allgemeinen anzunehmen zu:

- + 25°, wenn der Luftwechsel auch im Sommer erzielt werden soll (Krankenhäuser, Geschäftsräume für parlamentarische Versammlungen);
- + 10°, wenn nur während der Heizperiode volle Lüftung verlangt wird (Schulen, Gerichtsgebäude und dergl.);
- 0 bis + 5°, wenn im Winter die volle Lüftung nur durchschnittlich erzielt zu werden braucht (Wohnräume und dergl.).

Der für die höchste Außentemperatur ermittelte Luftwechsel ist, sofern die Räume nicht gleichzeitig durch die einzuführende Luft erwärmt werden (Luftheizung), der Berechnung der Kanalquerschnitte zu Grunde zu legen.

Die niedrigste Außentemperatur ist für die Größenverhältnisse des Heizapparates zur Erwärmung der frischen Luft maßgebend. Soll der volle Luftwechsel auch an den kältesten Wintertagen erzielt werden oder wird die Erwärmung der Räume an den Luftwechsel geknüpft, so ist die Temperatur gleich der niedrigsten Außentemperatur, für welche die Heizanlage bestimmt ist, anzunehmen.

Eine Beschränkung des Luftwechsels bei niedrigen Kältegraden ist im allgemeinen zulässig und daher für die Lüftungsanlage eine niedrigste Außentemperatur von etwa -5° bis -10° anzunehmen.

### 4. Allgemeine Forderungen für alle Heizungsarten.

a) Räume, welche nach entgegengesetzten Himmelsrichtungen liegen oder den herrschenden Winden besonders ausgesetzt sind, müssen in der Regel an getrennte Heizsysteme bzw. Rohrstränge angeschlossen werden.

b) Um Rauchbelästigung zu verhüten, müssen Einrichtungen zur möglichst vollständigen Verbrennung des Rauches vorgesehen werden.

c) Für die Kessel und Heizkammern sind zweckmäßige Vorkehrungen zum Reinigen zu treffen, auch geeignete Apparate anzuordnen, durch welche die Temperatur des

Wassers, der Heizluft, sowie der Druck des hochgespannten Dampfes von außen sicher ersehen werden kann. Um die Temperatur der abziehenden Rauchgase messen zu können, sind Hülsen zum Einsetzen von Hygrometern oder hochgradigen Thermometern vorzusehen.

d) Kessel und Luftheizöfen müssen zur Vornahme von Ausbesserungen oder zur Erneuerung möglichst bequem aus der Ummantelung und aus dem Gebäude entfernt werden können.

e) Die nicht zur unmittelbaren Wärmeabgabe bestimmten Leitungsröhren sind zur Verhütung von Wärmeverlusten oder Frostschäden mit schlechten Wärmeleitern zu umkleiden. Über die Einzelheiten dieser Umkleidungen ist in den Erläuterungen und in der Kostenberechnung das Nähere anzugeben.

f) Bei Führung der Röhren durch Decken und Wände sind Vorkehrungen zu treffen, welche verhüten, daß an diesen Stellen durch die Bewegung der Röhren der dichte Schluß beeinträchtigt und der anstoßende Mörtelputz gelöst wird. Verbindungsstellen dürfen nicht im Innern von Mauern oder Decken liegen.

### 5. Besondere Forderungen für die einzelnen Heizungsarten.

#### Luftheizung.

a) Bei der Konstruktion der Luftheizöfen ist Wert auf die Möglichkeit des Auswechslens einzelner Teile zu legen.

Die Öfen müssen eine Heizfläche von solcher Größe erhalten und so konstruiert werden, daß bei vorchriftsmäßigem Betriebe das Erglühen der Eisenteile nicht eintritt bezw. das Verbrennen der in der Luft enthaltenen Staubteile an den Heizflächen ausgeschlossen ist.

Sämtliche Verbindungsstellen müssen so dicht schließen, daß ein Austreten des Rauches oder schädlicher Gase in die Heizkammer nicht möglich ist. Ferner ist darauf zu achten, daß die Eisenteile sich unbeschadet der Dichtigkeit des Verschlusses ausdehnen können und daß die Reinigung der Heizflächen von Staub mit Leichtigkeit von der Heizkammer aus erfolgen kann. Die Reinigung der Rauchzüge muß sich dagegen von einem Raum außerhalb der Heizkammer, welcher mit der Zuführung frischer Luft in keinem Zusammenhange steht, bewirken lassen. Die Einsteigethür zur Heizkammer ist doppelt aus Eisen herzustellen.

b) Die Lage und Verteilung der Ausströmungsöffnungen sowie ihrer Höhe über dem Fußboden ist seitens der Bewerber so zu wählen, daß bei gleichmäßiger Erwärmung des Raumes eine Belästigung der Ansassen durch

Luftbewegungen nicht eintreten kann. An den Ausströmungsöffnungen sind Leitbleche so anzubringen, daß das Schwärzen der Wände thunlichst verhindert wird. Die Kanäle zur Abführung verbrauchter Luft erhalten in der Regel je eine Öffnung in der Nähe des Fußbodens bezw. der Decke. Die oberen Öffnungen sind namentlich dann erforderlich, wenn Gasbeleuchtung vorgezogen oder die Entwicklung zu hoher Wärmegrade zu befürchten ist. Für die Handhabung dieser Abluftöffnungen sind in der Betriebsvorschrift (IV. 2) besondere Bestimmungen zu treffen.

c) Die Temperatur der in die Räume eintretenden Luft darf 45° nicht überschreiten. Die Bestimmung der Geschwindigkeit und die genauere Ermittlung der Temperatur der einströmenden Luft bleibt der Berechnung des Bewerbers vorbehalten.

Bei großen Räumen empfiehlt es sich, mehrere Zu- und Abführungskanäle anzulegen, und, sofern thunlich, ihren Anschluß an getrennte Heizsysteme vorzusehen.

d) Bei der Einführung der frischen Luft in die Heizkammern sind die unterirdischen Kanäle auf möglichst geringe Längen zu beschränken. Um Störungen durch Wind thunlichst vorzubeugen, empfiehlt es sich, die Luftentnahme an zwei entgegengesetzten Stellen derart anzuordnen, daß je nach der Windrichtung die Luft von der einen oder anderen Seite den Luftheizöfen zugeführt werden kann.

e) Zur Reinigung der frischen kalten Luft von Staub sind, wenn irgend möglich, genügend große Staubkammern vorzusehen und Gitter aus Drahtgaze, Filter oder Staubfänger aufzustellen. Diese Vorrichtungen müssen bequem zugänglich sein und behufs Reinigung leicht entfernt werden können.

f) Die Luft in den Räumen soll vor der Benutzung bei vollem Lüftungsbetriebe auf einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 50 Proz. gesättigt werden können. Die hierzu erforderlichen Einrichtungen sind von den Bewerbern durch Zeichnungen und Beschreibung zu erläutern.

#### Heißwasserheizung.

a) Die Heizanlage ist so zu berechnen, daß zur Erzielung der vorgeschriebenen Wirkung das Wasser nicht über 130° C. erwärmt wird.

b) Die Heizöfen sind so herzustellen, daß die Feuer- und Rauchschlangen zur Ausbesserung oder Erneuerung ohne wesentliche Beschädigung des Mauerwerkes herausgenommen werden können.

c) Die Röhren müssen überall leicht zugänglich sein und sollen, soweit thunlich, nicht in die Fußböden verlegt werden.

d) Rohrsysteme, welche zur Erwärmung kalt liegender Lüftungschlote dienen oder sonst der Gefahr des Einfrierens ausgesetzt sind, müssen statt mit Wasser mit einer anderen geeigneten, schwer gefrierbaren Flüssigkeit gefüllt werden. Derartige Flüssigkeiten dürfen die Rohrwandungen nicht angreifen und keine Krystalle absetzen.

e) Bei Biegung der Röhren um  $180^\circ$  müssen schleifenförmige Erweiterungen vorgesehen werden, wenn die parallel laufenden Röhren weniger als 8 cm von einander entfernt sind.

f) Die ganze Anlage muß einschließlich der Feuer- schlangen im kalten Zustande einen Probdruck von 150 Atmosphären aushalten können, ohne Undichtigkeiten zu zeigen.

#### Warmwasserheizung und Dampf-Warmwasser- heizung.

a) Die Konstruktion der Kessel muß unter Angabe der wichtigsten Blechstärken in allen Einzelheiten durch Zeichnungen dargestellt werden, welche zugleich die Einmauerung, die Anordnung des Kofes, der Feuerzüge u. s. w. ersehen lassen.

Das Rücklaufrohr der Leitung darf an keiner Stelle von der Stichflamme der Feuerung getroffen werden.

b) Die Heizanlage ist so zu berechnen, daß zur Erzielung der vorgeschriebenen Wirkung das Wasser im Kessel nicht über  $80^\circ$  C. erwärmt wird.

c) In den Bauzeichnungen ist die Lage der Röhren und der Kompensationen anzugeben, während in besonderen Einzelzeichnungen die Verbindung der Röhren, die Konstruktion der Kompensationen und Ventile, sowie die Art der Führung der Röhren durch Wände und Decken darzustellen sind.

d) Von den Heizkörpern müssen Zeichnungen beigelegt werden, aus denen unter Angabe der Materialien und der Blechstärken die Verbindungen und Anschlüsse an die Rohrleitungen ersichtlich sind.

Die Heizkörper sind so herzustellen, daß sie ohne Beschädigung der Rohrleitungen und Wände abgenommen werden können.

Die Ventile sind in der Regel nicht mit festen Handrädern oder Griffen, sondern mit Aufsteckschlüsseln zu versehen.

Die Ventile derjenigen Heizkörper, welche bei zeitweiligem Abschluß der Gefahr des Einfrierens ausgesetzt werden, sind so zu konstruieren, daß eine völlige Unterbrechung des Wasserumlaufes nicht eintreten kann. Um eine Verunreinigung der Wände über den Heizkörpern zu verhüten, sind Vorkehrungen zur Ablenkung der Luft zu treffen.

e) Die Expansionsgefäße, welche mit Signal- und Überlaufrohren auszustatten sind, müssen gegen Einfrieren durch Verkleidungen geschützt werden. Unter jedem Expansionsgefäß ist ein Sicherheitsboden mit Wasserableitung vorzusehen.

f) Ob Reservekessel erforderlich sind, ist in jedem Falle besonders zu erwägen. Im allgemeinen kann bei Anlage mehrerer Kessel von der Beschaffung eines Reservekessels abgesehen werden. Die gesamte Kesselfläche ist alsdann so zu bemessen, daß bei der Ausschaltung eines schadhafte Kessels mit den übrigen der Wärmebedarf durch Verlängerung der Heizzeit ohne Schwierigkeit erzielt werden kann.

g) Die gesamte Anlage ist so herzustellen, daß sie nach der Vollenbung, ohne Undichtigkeiten zu zeigen, einer Druckprobe mit kaltem Wasser unterworfen werden kann. Bei dieser Probe ist ein Druck anzuwenden, welcher den im gefüllten System vorhandenen Druck der Wasserfäule in der Regel um  $2\frac{1}{2}$  Atmosphären übersteigt.

#### Dampfheizung und Dampfwasserheizung.

a) Die Konstruktion der Kessel muß unter Angabe der wichtigsten Blechstärken in allen Einzelheiten durch Zeichnungen dargestellt werden, welche zugleich die Einmauerung sowie die Anordnung der Kofe und der Feuerzüge, die Vorkehrungen zur selbstthätigen Regelung der Feuerung, die Speisevorrichtungen, die Standrohre und sonstige Konstruktionsteile ersehen lassen.

b) Die Dampfspannung innerhalb der Verteilungsleitung soll 1 Atmosphäre Überdruck nicht übersteigen. Vom Dampfessel bis zur Verteilungsleitung kann eine Dampfspannung bis zu 5 Atmosphären Überdruck gestattet werden. Die alsdann erforderlichen Reduktionsventile sind in jedem Falle mit dahinter liegenden Sicherheitsventilen auszustatten.

Bei Dampfniiederdruckheizung darf die in den Kesseln und der Leitung vorhandene höchste Spannung während des Beharrungszustandes  $\frac{1}{3}$  Atmosphäre nicht übersteigen.

c) Die Heizung ist so zu konstruieren, daß störendes Geräusch, Pochen und Knallen in den Rohrleitungen und Heizkörpern nach dem Anheizen nicht vorkommt.

d) Die bei der Warmwasserheizung unter c), d) und f) aufgeführten Bestimmungen gelten auch hier. Im übrigen ist dafür zu sorgen, daß eine genügende Zahl von Kondens- töpfen aufgestellt wird und die Heizkörper in den Zimmern mit Vorkehrungen zum Entleeren und Nachfüllen versehen werden, sofern nicht durch geeignete Vorrichtungen der Wasserstand selbstthätig auf bestimmter Höhe gehalten wird.

e) Die Anlage ist so herzustellen, daß sie nach Vollenbung einer Druckprobe, und zwar bei Hochdruckdampf-

heizungen mit dem doppelten Betriebsdruck, mindestens aber mit einem Druck von 4 Atmosphären, bei Niederdruckheizungen von 3 Atmosphären Spannung, ohne Undichtigkeiten zu zeigen, unterworfen werden kann. Für die Druckprobe der Dampfkessel von Hochdruckheizungen gelten die gesetzlichen Bestimmungen.

#### IV. Allgemeines.

##### 1. Verfahren bei Vornahme von Druckproben und Probeheizungen.

a) Die erforderlichen Druckproben sollen im Beisein des Unternehmers oder seines Vertreters vorgenommen werden. Die hierzu nötigen Hilfskräfte, Pumpen, Manometer und dergleichen hat der Unternehmer auf seine Kosten zu beschaffen. Beteiligt sich der Unternehmer auf Einladung weder persönlich, noch durch einen Vertreter an der Druckprobe, so begiebt er sich jeden Einwandes gegen den seitens der Bauverwaltung festgestellten Befund.

b) Sobald die Heizung nach ihrem äußeren Ansehen von der Bauverwaltung für sachgemäß hergestellt erachtet wird, ist thunlichst bald festzustellen, ob die Anlage im allgemeinen den Vertragsbedingungen entspricht. Zu diesem Zwecke ist eine erste Probeheizung von genügender Dauer vorzunehmen. Zu dieser hat der Unternehmer unentgeltlich die nötigen Mannschaften zu stellen, während das zur Füllung des Kessels und der Leitungen erforderliche Wasser, sowie die Brennstoffe von der Bauverwaltung geliefert werden.

c) Um endgültig festzustellen, ob die vorgeschriebene Wirkung erzielt wird, soll innerhalb des ersten Winters,

nachdem das Gebäude in regelmäßige Benutzung genommen worden ist, eine zweite etwa achttägige Probeheizung vorgenommen werden. Erweist sich hierbei die Anlage den Bedingungen des Vertrages entsprechend, so soll die Gewährleistungszeit, deren Dauer in den besonderen Vertragsbedingungen vorzusehen, jedoch im allgemeinen nicht über drei Jahre auszuweihen ist, vom Tage der vorerwähnten ersten Probeheizung ab gerechnet werden. Innerhalb dieser Frist sind die zur Erzielung des vertragsmäßigen Zustandes etwa erforderlichen Nacharbeiten stets so schnell als möglich auszuführen und in ihrer Wirkung zu erproben, widrigenfalls die Gewährleistungsfrist so lange um je ein volles Jahr verlängert werden kann, bis der vertragsmäßige Zustand erreicht ist.

##### 2. Betriebsvorschrift.

Für die Bedienung der Heizung hat der Unternehmer im Einvernehmen mit der Bauverwaltung Vorschläge zu einer „Betriebsvorschrift“ auszuarbeiten. Hierbei sind zu berücksichtigen: Die Bedienung der Feuerungen und Rauchverbrennungsvorrichtungen, die Behandlung der Wärmeentwickler und ihrer Ausrüstung, sowie die Heizkörper, Luftfilter, Luftbefeuchtungsapparate, Kanalverschlüsse und dergleichen. Zugleich sind in die Betriebsvorschrift Anweisungen bezüglich der Reinigung aller Teile der Heizanlage und zur Verhütung von Frostschäden aufzunehmen. (Vergl. § 4 der Anweisung.)

Mit allen diesen Obliegenheiten hat der Unternehmer das Bedienungspersonal während der Probeheizungen vertraut zu machen.

Tabelle A  
zur Berechnung der stündlichen Wärmeverluste  
bei Aufstellung der Entwürfe  
von Heizungs- und Lüftungsanlagen  
der unter Staatsverwaltung stehenden Gebäude.

---

Anhang zu § 90.

Tabelle A.

1.	2.					3.							4.	5.			6.	
	Raum					Abfühlungsfläche							Stärke der Wand m	Temperatur in Graden Celsius				Trans- mit- tions- koeff- fizient
	a.	b.	c.	d.	e.	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.		h.	a.	b.		
Bezeichnung und Nummer des Raumes	Län- ge m	Brei- te m	Höhe m	In- halt cbm	Be- zeich- nung	Hin- weis- rich- tung	Länge m	Höhe bezw. Breite m	Fläche qm	Anzahl	Ab- zu- ziehen qm	In- Rech- nung ge- stellt qm	Innen	Außen	Unter- schied			
<p><b>Vermutung:</b> Die Spalten 1 bis 7 sind von der Bauverwaltung, die übrigen Spalten von den Bewerbern auszufüllen. Die Zahl in Spalte 7 wird erhalten durch Multiplikation der Zahlen in Spalte 3. h, 5. c und 6.</p> <p><b>Beispiel</b> für die Ausfüllung der Spalten 1 bis 7.</p>																		
1.	Beratungs- zimmer (Gefzimmer)	5,00	6,00	4,00	120	E. F.	N.	2,1	1,4	2,94	2	—	5,88	—	+20	-30	+40	5,00
						E. F.	W.	2,1	1,4	2,94	2	—	5,88	—	+20	-20	+40	5,00
						J. T.	—	2,5	1,5	3,75	1	—	3,75	—	+20	+12	+8	2,00
						A. W.	N.	5,0	4,3	21,5	1	5,88	15,62	0,51	+20	-20	+40	1,10
						A. W.	W.	6,0	4,3	25,8	1	5,88	19,92	0,51	+20	-20	+40	1,10
						J. W.	—	5,0	4,3	21,5	1	3,75	17,75	0,38	+20	+12	+8	1,30
						F. B.	—	5,0	6,0	30,0	1	—	30,0	—	+20	± 0	+20	0,35
2.	Vorraum	5,0	2,5	4,0	50	E. F.	N.	2,1	1,4	2,94	1	—	2,94	—	+12	-20	+32	5,00
						J. T.	—	2,5	1,5	3,75	1	—	3,75	—	+12	+20	-8	2,00
						A. W.	N.	2,5	4,3	10,75	1	2,94	7,81	0,51	+12	-20	+32	1,10
						J. W.	—	5,0	4,3	21,5	1	3,75	17,75	0,38	+12	+20	-8	1,30
						J. W.	—	5,0	4,3	21,5	1	—	21,5	0,38	+12	+20	-8	1,30
						F. B.	—	5,0	2,5	12,5	1	—	12,5	—	+12	± 0	+12	0,35

7.			8.		9.	10.
Wärmeeinheiten ohne Zuschläge			Zuschläge		Gesamtsumme der Wärmeeinheiten einschl. der Zuschläge	
a.	b.	c.	a.	b.		Bemerkungen
Abgabe	Ge- winn	in ganzen (a-b)	für Himmels- richtung bezw. Wind- anfall	für Betriebs- unter- brechung		
1176						<p>Skizze zum Zahlenbeispiel. Grundriß.</p> <p>Querschnitt</p>
1176						
60						
687						
876						
185						
210		4370				
470	—					
—	60					
275	—					
—	185					
—	224					
53	—					
798	469					
		→ 329				

Es bedeutet:

E. F. Einfache Fenster.	A. W. Außenwände.
D. F. Doppelfenster.	F. B. Fußboden.
J. T. Zimmertüren.	D. Decken.
A. T. Außentüren.	E. O. Einfache Oberlichter.
J. W. Innenwände.	D. O. Doppelte Oberlichter.

Für die Höhe einer senkrechten Wand ist die ganze Geschosshöhe einzusetzen.

