

bäudes abhängig. In allen Gebäuden ist die Anlage in der Regel mit haultichen Schwierigkeiten verbunden.

II. Warmwasserheizung mit Niederdruck.

Durch Regulirbarkeit und Absperrbarkeit der Heizkörper ist dies System das vollkommenste, indem es zugleich die relativ größte Ausnutzung des Brennstoffes gestattet; dagegen sind die Anlagekosten bedeutend. — Die Bedienung ist einfach, erfordert aber Verständniß, und Ventilation ist leicht damit zu verbinden. Das System ist gefahrlos (wegen des geringen Druckes, der darin herrscht) und bei solider Ausführung fast gar nicht reparaturbedürftig. — Die Reservation der Wärme ist zwar bedeutend, aber die Erwärmung tritt erst nach längerem Feuern ein. — Nur ganz große Gebäude verlangen die Herrichtung mehrerer Feuerstellen.

III. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

Regulirbarkeit des Effektes, Ausnutzung des Brennstoffes und Ausdehnbarkeit in horizontaler Richtung hat dieses System mit der Niederdruckheizung gemein; auch die Ventilation ist damit bequem zu verbinden. — Die Heizkörper sind kleiner, stärker strahlend, aber weniger zur Reservation geeignet. — Die Anlagekosten sind geringere als bei II.

IV. Heißwasserheizung.

Auch in alten Gebäuden ist dies System leicht und schnell zu installiren. Die Anlagekosten sind gering; der Betrieb ist einfach und im Preise gleich demjenigen der Luftheizung. Der Effekt tritt schnell ein.

Dagegen ist eine ausreichende Ventilation nicht leicht mit der Perkinsheizung zu verbinden; wird solche zur Bedingung, so ist Heißwasserluftheizung vorzuziehen. Der Effekt ist schwer nach der Außentemperatur regulirbar. Wärmerevoration ist wenig vorhanden, daher die Gefahr des Einfrierens nicht ausgeschlossen.

V. Die Dampfheizung.

1) Dies System gestattet die größte Ausdehnung in horizontaler wie in vertikaler Richtung: es können sogar eine Anzahl von Gebäuden von einer Feuerstelle aus geheizt werden, die außerhalb ihrer Umfassungen liegt (vergl. Schluß d. §. 71).

2) Die Wirkung tritt schnell und intensiv ein.

3) Ventilation durch Pulsion kann leicht mit der Dampfheizung verbunden werden, da der Dampf den Betrieb von Maschinenventilatoren gestattet.

4) Wo abgehende Dämpfe verwendet werden, ist der Betrieb sehr billig; dient dagegen der Dampf nur

Heizzwecken, so wird die Anlage theuer durch Beschaffung der Kessel. Letztere unterliegt polizeilicher Concession.

5) Reservationsvermögen ist fast gar nicht vorhanden, wenn nicht Wasser in den Condensationsgefäßen stehen bleibt, was wieder die Anlage vertheuert.

6) Zur Bedienung ist ein geübter Heizer erforderlich, dem das Verständniß der Kesselheizung nicht mangelt.

Achstes Kapitel.

Ventilation der Gebäude.

§. 77.

Die Ventilation.

Die Ventilation der Gebäude bezweckt die Lufterneuerung der Wohnräume, d. h. die regelrechte Abführung der verdorbenen Luft und der in ihr enthaltenen schädlichen Gase, und die Zuführung eines, den Prinzipien der Gesundheitspflege entsprechenden Quantums frischer Luft. Denn die Existenz der organischen Wesen verlangt als das dringendste Bedürfniß: „reine Luft zum Athmen“. Wer, wie der Städtebewohner, selten nur in den Genuß einer ganz reinen Luft gelangt, weiß ihren Werth für das Wohlbefinden zu schätzen!

Erst in neuerer Zeit hat man — in Beobachtung der hohen Sterblichkeitsziffer einer auf engen Raum in großen Städten zusammengedrängten Bevölkerung — es als ein Bedürfniß anerkannt: Arbeitsräume, Bureau, Schul- und Versammlungssäle, Schlaf- und Krankensäle, Gefängnisse und Kasernen zc. mit rationellen Lüftungsanlagen zu versehen. — Erst spät hat sich die öffentliche Aufmerksamkeit und die Gesetzgebung mit diesem wichtigen Erforderniß des Wohlbefindens und Gedeihens der Menschen beschäftigt. England und Frankreich waren auch hierin um Decennien voraus.

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

Als theoretischer Begründer der Ventilation kann der französische Gelehrte R. Gauger angesehen werden, der 1714 eine Abhandlung über die Mechanik des Feuers schrieb; wenigstens gab er dem bekannten Physiker Déa-gulier, einem Refugié, die Anregung, auf diesen Prinzipien weiter zu bauen. Dieser übersezte das Werk Gauger's ins Englische und brachte im Jahre 1723 dessen Erfindung im Hause der Gemeinen zur Anwendung, indem er in der Decke mehrere Luftschächte anlegte und diesen um 1736 noch 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 J. 1750 auf Veranlassung der englischen Regierung durch den Dr. Hales getroffen wurden, um der Sterblichkeit im Gefängniß 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 erlag, während das Gefängnißfieber vorher täglich ein Opfer gefordert hatte.

Diese wichtigen Erfahrungen blieben indessen Jahrzehnte hindurch unbeachtet, bis die Anwendung des Dampfes zu Heizwecken (vergl. die Einleit. zu §. 70) und die Heizung mit erwärmter Luft nach dem System des Prof. Meißner in Wien*) (1823) die Frage der Ventilation aufs Neue in den Vordergrund stellten. — St. Whitwell**) und namentlich Tredgold behandelten diesen Gegenstand eingehend und stellten die Theorie der Ventilation fest. Des Letztern Werk führt den Titel: Grundsätze der Dampfheizung und Lüftung aller Arten von Gebäuden. (Aus dem Englischen von Kühn 1837). Im großen Maßstabe aber kam die künstliche Ventilation erst beim Bau des Parlamentshauses in den Jahren 1845—47 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 gewaltig, daß Dr. Reid in Folge vieler Beschwerden die Ventilatoren beseitigte und durch ein System der „Aspiration“ ersetzte, welches sich auch in der Folge durchaus bewährt hat.

Als Folge der, in den Jahren 1857 und 1860 vom Parlament veranstalteten Enquêtes, welche sich mit der Ventilation und den hygienischen Einrichtungen der Kaser-

*) Meißner's System wurde in Deutschland vielfach angefeindet, in England dagegen sind seine Prinzipien in Armenhäusern und Gefängnissen vielfach verwerthet worden. Vergl. auch §. 54 des Werkes.

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

nen und Militärhospitäler beschäftigten, kamen die höchst mangelhaften sanitären Zustände dieser Gebäude zur Sprache, und müssen fortan — durch Parlamentsbeschluß — alle öffentlichen Gebäude Englands ventilirt werden. Der Krystallpalast zu Sydenham, das Guy-Hospital, das Thomas-Hospital zu London, viele Concertsäle und Theater wurden nun in rascher Aufeinanderfolge zu ebenjovielen Objekten, an denen das neue System in mancherlei Modifikationen zur Anwendung kam.

In Frankreich sind die umfassendsten Versuche über Lüftung und Heizung durch den bekannten Artilleriegeneral Arthur Morin*) gemacht und bei den großartigen Anlagen der Pariser Hospitäler Lariboisière, Necker und Beaujon zur Anwendung gebracht. Letztere sind nach den Systemen der französischen Ingenieure Léon Duvoir und Thomas & Laurens resp. Grouvelle und van Hecke ausgeführt und 1854 in Thätigkeit gesetzt worden**). Das Conservatoire des arts et métiers, die Deputirtenkammer, der Palast des Senats, ferner das théâtre lyrique und du Châtelet wurden in den Jahren 1854—62 ebenfalls nach Morin's Angaben geheizt und ventilirt, und die Methode so vervollkommenet, daß deren Anwendung sich schnell in die Nachbarstaaten verbreitete.

Eine wahrhaft wissenschaftliche Basis erhielt die Ventilationsfrage 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 erst Hilfsmittel an die Hand, um exakte Erhebungen über den Grad der Luftverderbnis anstellen zu können, wie sie Grassi für die oben genannten Pariser Hospitäler und Prof. Dr. Carl Böhm am Garnisonshospital in Wien anstellte und 1862 veröffentlichte.

Während aber auf dem von Prof. 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 Theil in einer Reihe von Broschüren und Abhandlungen niedergelegt, von

*) Morin. Etudes sur la ventilation. 2 vol. Paris 1863.

**) Sorgfältige, vergleichende Versuche mit den beiden, in diesem Hospital eingerichteten Systemen der Ventilation in Verbindung mit Heizung, nämlich Léon Duvoir (Aspiration) und Thomas u. 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.

Von großer Tragweite für die Wissenschaft war auch das im Vorhergehenden vielfach citirte Werk Péclét's, Traité de la chaleur etc. 1860—1861.

denen wir untenstehend*) die wichtigeren und neuesten mittheilen.

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 Commission der Münchener Akademie der Wissenschaften;
- Landwirthschaftliche Jahrbücher; endlich die
- Zeitschriften der Architekten- und Ingenieurvereine zu Hannover und Wien; „Zeitschrift für Bauwesen“ und „Allgemeine Bauzeitung“, Wien.

§. 78.

Prinzipien der Ventilation.

Nothwendigkeit der Ventilation. Keine atmosphärische Luft ist bekanntlich — wo immer man sie auch untersuchen möge — in der Zusammensetzung fast überall gleich, nämlich ein Gemenge von 21 % Sauerstoff und 79 % Stickstoff, mit einer variablen Quantität Wasserdampf. (S. 121.) Außerdem enthält sie stets eine gleichmäßige**) Beimischung von Kohlensäure (0,0004

*) D. B. Reid. On ventilation in american dwellings. New-York 1873.

Lewis W. Leeds. A Treatise on ventilation. II. edit. New-York 1876.

Sulla ventilazione naturale delle caserne per B. de Benedictis, maggiore del Genio, Roma 1875.

Wolffshügel. Ueber die Prüfung von Ventilationsapparaten. 1876.

G. Lunge. Zur Frage der natürlichen Ventilation mit Beschreibung des minimetrischen Apparates zur Bestimmung der Luftverunreinigung. Zürich 1877.

C. Lang. Ueber natürliche Ventilation und die Porosität der Baumaterialien. Stuttgart 1877.

C. Häsecke. Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Luftheizung. Berlin 1877.

M. A. Wazon. Rapports sur l'exposition universelle de 1878; VI. Chauffage et ventilation des édifices publics et privés. Paris 1879.

Dr. A. Wolpert. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1879. Zweite Auflage der Prinzipien der Ventilation und Luftheizung. I. Hälfte.

Anmerkung. Die größeren Werke von Ferrini und Valerius, welche die ganze Wärmetechnik behandeln, sind bereits im VI. und VII. Kapitel angeführt worden; ebenso Morin's Manuel du chauffage et de la ventilation. In deutscher Bearbeitung von Degen.

**) Durch Mr. Thomas Walter, Professor Henry und Dr. Wheterell wurden dem Congreß der amerikanischen Freistaaten Tabellen überreicht, welche Luftanalysen aus allen Theilen der Erde enthalten, angestellt zu allen Tages- und Jahreszeiten, innerhalb und außerhalb der Häuser. Als Mittel der Schätzung galt (nach Pettenkofers Vorgang) der Gehalt an Kohlensäure. — Die Luft wurde

bis 0,0006 vom Volum der Luft), geringe Quantitäten von Ammoniak, Salpetersäure und Spuren von Jod. — Keine Luft enthält auch zuweilen Ozon*), wie es scheint eine Modifikation des durch chemische Aktion erregten Sauerstoffs, welcher eine Rolle in der Zerstörung der Miasmen spielt. Endlich sind in der Luft Myriaden kleiner Organismen, Gährungserreger, sogenannte Vibrionen, enthalten und Bakterien, Pilze, welche wahrscheinlich bei der Uebertragung contagióser Krankheiten einen wichtigen Einfluß ausüben. Auch die Sumpfluft der Niederungen (Malaria) enthält gewisse, krankheitserregende Ursachen, deren Uebertragung sich zur Zeit der Kenntniß entzieht.

Gewöhnlich wird nun angenommen, daß die Zimmerluft um so reiner und athembarer sei, je weniger Kohlensäure sie enthält, weil mit der letzteren im gleichen Verhältniß auch die übrigen Ausathmungsprodukte, d. h. Wasserdampf und organische Bestandtheile, welche sich chemisch nicht nachweisen lassen, zunehmen. Diese werden durch Schweiß und Exhalation aus dem Körper ausgeschieden und tragen zur Verderbniß der Zimmerluft bei. Dr. med. Carl Munde**) in seiner Abhandlung über Zimmerluft sagt darüber etwa Folgendes: „Bringen drei Personen acht Stunden in einem gänzlich unventilirten Schlafzimmer zu, so wird die Luft am Morgen 1,25 Kilogramm ausgedünsteter Auswurfstoffe und 0,5 cbm Kohlensäure enthalten, und solche Luft hat unsre Jugend Tag für Tag in den Schlaf-, Schul- und Wohnzimmern während fünfzehn Stunden einzuathmen!“ Aber selbst tödtlich kann die vergiftete Luft eines kleinen Raumes wirken, wenn viele Personen in ihm zusammengedrängt sind. Außer älteren, bekannten Thatfachen aus dem Kriege der Engländer in Indien und den 300 gefangenen Oestreichern nach der Schlacht bei Austerlitz, von denen in einer einzigen Nacht

in der Zusammensetzung gleichmäßig befunden, selbst in Manchester, wo jährlich 2 Millionen Tons Kohlen verbrannt werden, deren Rauch die Luft erfüllt. Hier glaubte daher die Gesundheitskommission den Factor zu finden, der die Luft verschlechtert. Aber man war enttäuscht: der Kohlensäuregehalt betrug zwar an einigen Stellen 10,12 bis 15 Theile auf 10000, im Durchschnitt aber nur 0,00075 (während reine Luft 0,0004—0,00045 Kohlensäure enthält). Dieser Kohlensäuregehalt der Luft ist äquivalent demjenigen eines Zimmers von 75 cbm Inhalt, in welchem sich eine Familie von 5 Personen und 1 Gasflamme während 7 Minuten ohne Lufterneuerung befanden. Die übrigen Luftanalysen von London, Paris, Madrid, Genf, Washington und vom atlantischen Ocean zc. ergaben den gleichmäßigen Kohlensäuregehalt von 0,0004—0,0006. Als Basis für die Rechnung kann 0,0005 für alle Fälle als ausreichender Mittelwerth angesehen werden.

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

**) Zimmerluft, Ventilation und Heizung von Dr. Carl Munde. Leipzig 1876.

260 an Luftmangel starben, sei folgende Mittheilung von Henry Lewis*) erwähnt.

Am 2. December 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 Fuß lang, 11 Fuß breit und 7 Fuß hoch. Der Kapitän ließ die Luken schließen und die unglücklichen Passagiere waren verurtheilt, die Luft immer aufs Neue zu athmen. Als es endlich vor Tagesanbruch einem der Passagiere gelang, sich mit Gewalt einen Weg auf das Verdeck zu bahnen, um den Steuermann zu alarmiren, waren bereits 72 Passagiere todt, viele im Sterben, ihre Körper krampfhaft gewunden, das Blut war ihnen aus Augen, Nasen und Ohren getreten. Es läßt sich rechnerisch nachweisen, daß bei einem Lustringraum von 40 cbm Inhalt abzüglich 10 cbm für das gesammte Körpervolum der 150 Passagiere auf eine Person nur

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

entfielen. Nach untenstehender Tabelle werden erzeugt pro Person stündlich im Mittel 20 Liter oder 0,02 cbm Kohlenensäure, d. h. es war nach einständigem Athmen der Gehalt von Kohlenensäure auf

$$\frac{0,02}{0,2} = 0,1 = 10 \text{ Procent}$$

gestiegen, bei welcher Luftmischung der Mensch nicht leben kann.

Die durch den Lebensproceß erzeugte Kohlenensäure ist zum Theil der ausgeathmeten Luft beigemischt, zum Theil wird sie durch die Hautporen ausgeschieden. Die Menge, welche die Individuen ausathmen, ist nicht immer dieselbe, sondern wechselt je nach der Individualität, dem Alter, der Art der Thätigkeit und der Beschaffenheit der Nahrung. In 1000 Athemzügen werden stündlich etwa 500 Liter Kohlenensäure exhalirt. Die Kohlenensäureausscheidung durch die Hautporen beträgt nur $\frac{1}{100}$ der ausgeathmeten Kohlenensäuremenge.

Wir wollen nun untersuchen, wie sich die stündliche Kohlenensäureproduktion der Individuen unter verschiedenen Verhältnissen stellt.

Ältere Arbeiten über diesen Gegenstand rühren von Andral und Gavaret her; neuere Versuche sind v. Pettenkofer und Voit mit Respirationsapparaten angestellt worden**). Sie constatirten eine größere stündliche Kohlenensäureausscheidung bei Tage, als während der Nacht, und bedeutend höhere Ausgabe dieses Gases bei stattfindender Muskelarbeit und zwar in folgenden Verhältnissen:

bei Ruhe	bei Arbeit	Nachts
22,6 Liter.	36,3 Liter.	16,7 Liter.

Aus Scharlings*) Beobachtungen ergaben sich folgende Zahlen*:

Individuen.	Alter.	Körpergewicht.	Stündliche Kohlenensäure-Abgabe. Liter.
	Jahre.		
Knabe	9 $\frac{1}{4}$	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**) fand gelegentlich seiner Untersuchungen der Luft in Schulzimmern folgende stündliche Kohlenensäureausgabe:

Bei Mädchen von 7—8 Jahren	10,5 %	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 Athmungsproceß ausüben ist hier zu erwähnen, denn er steht in direktem Verhältniß zu dem Lustringraum, welches in Krankenhäusern für die Ventilation verlangt wird. Leyden und Ziebermeister constatirten, daß alle Fieberzustände eine stärkere Kohlenensäureentwicklung hervorrufen, deren Quantität sich zu derjenigen des gesunden Menschen verhält wie 1,5 : 1. — Im Hospital von Vincennes wurde das Ventilationsquantum im Saal der Fieberkranken auf 60 cbm pro Bett und Stunde erhöht, obwohl in den übrigen Krankenzimmern nur 30 cbm pro Kopf vorhanden sind.

Im Allgemeinen ist also die Größe der Kohlenensäureproduktion durch vorstehende Bestimmungen gegeben. Um sicher zu gehen, wird man aber nach C. Lang gut thun, in Anstalten für Schüler über 13 Jahre die Kohlenensäureausscheidung 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 Liter), weil ein auf diese Rechnung basirter, mäßiger Ueberschuß stets willkommen sein wird. Für Turnhallen, Fechtböden und Tanzsäle ist die Ausscheidung kräftiger Männer bei starker Muskelarbeit = 36,3 Liter anzunehmen***).

*) G. Lehmann, Handbuch der physiologischen Chemie. Bd. III, S. 320.

**) C. Lang. Ueber natürliche Ventilation. S. 27.

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

*) Physiologie des täglichen Lebens.

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

Schon in den Vorbemerkungen über Ventilation (S. 45, S. 102) wurde gezeigt, wie der stündliche Ventilationsbedarf C aus der Kohlen säureproduktion I, dem Grenzwert h der Verunreinigung p und dem Kohlen säuregehalt der frischen Luft theoretisch entwickelt werden kann. Hierbei wurde der Kohlen säuregehalt a der frischen Luft als constant angenommen.

Einfluß der Beleuchtung. Der Betrag von p ist nach v. Pettenkofer auch für größere Räume 0,0007 bis 0,0010. Für beleuchtete Räume ist ein sicherer Grenzwert noch nicht festgestellt*); es bleibt also kein anderer Ausweg, als die Kohlen säureproduktion der gegebenen Anzahl Flammen von bestimmter Luftstärke zu berechnen und diesen Betrag mit dem durch die Bewohner erzeugten Grenzwert in Verbindung zu bringen. Um in der Praxis einen Uberschlag zu machen, kann nachstehende, aus den Versuchen von Grisman*) herrührende Tabelle dienen:

Tabelle

über die Entwicklung von Kohlen säure durch verschiedene Beleuchtungsmaterialien (nach Grisman).

Beleuchtungs-Modus.	Materialverbrauch für 1 Stunde.	Lichtstärke in Normalkerzen.	Kohlen säureproduktion per Stunde in Litern.
Petroleum-Spaltbrenner	35,5 g = 0,0451	10	56,8
Petroleum-Rundbrenner	50,5 g = 0,0641	7,6	61,6
DeLampe	22,4 g = 0,025	ca. 4	31,2
Kerze	20,7 g	1	11,3
Steinkohlengas schnittbrenner	1401	7,8	92,8
Steinkohlengas flachbrenner .	1271	10	86,0

Ein Gas schnittbrenner, der stündlich 140 Liter Gas verbraucht, erzeugt also in dieser Zeit 92,8 Liter Kohlen säure, d. h. etwa soviel als 4 erwachsene Personen.

Der Kohlen säuregehalt a der einströmenden Luft ist zwar etwas verschieden, kann jedoch in Städten nach der Ansicht von Lang und Wolffhügel zu 0,0005 angenommen werden, wodurch sich der Ventilationsbedarf bei Aufstellung des Programms eher zu groß als zu klein ergibt.

Bei Berechnung von C aus der Formel $C = \frac{I}{p-a}$ ist nun nach Anleitung des §. 45, III zu verfahren. Als Beispiel für derartige Berechnungen diene folgender Fall, den Lang**) behandelt.

*) v. Pettenkofer hält es für zulässig, einen Zuschlag zum Grenzwert p in die Formel einzuführen, welcher bis 1% betragen darf, während Grisman 0,7% als Maximum gestattet.

**) Ueber natürliche Ventilation. S. 31 u. 32.

Ein Zimmer, welches durch zwei Gas schnittbrenner von je 7,8 Normalkerzen-Lichtstärke beleuchtet ist, wird bewohnt von einem Mann, zwei Frauen, einem Jüngling, 16 Jahr alt, einem Mädchen von 9 Jahren. Es ist die stündliche Kohlen säureabgabe bei sitzender Tätigkeit und daraus der Ventilationsbedarf zu bestimmen. Nun beträgt die stündliche Kohlen säureabgabe

des Mannes	22,6 Liter,
der 2 Frauen à 17 l	34,0 "
des Jünglings	17,4 "
des Mädchens	12,0 "

Zusammen 86,0 Liter.

Dazu die Kohlen säureproduktion von zwei Schnittbrennern à 92,8 l 185,6 Liter.

Die gesammte im Raume bei Gaslicht erzeugte Kohlen säuremenge beträgt daher . . . 271,6 Liter = 0,2716 cbm.

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

$$\frac{0,2716}{0,0007 - 0,0005} = 1358 \text{ cbm frische Luft;}$$

I^a und wenn man die Zahl a = 0,0010 als Grenzwert dulden will, so sind nur erforderlich:

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

II. Läßt man die Beleuchtung fort, so ergibt sich der Lüftungsbedarf bei Tage für den Grenzwert a = 0,0007

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

II^a für den Grenzwert 1,0 pro Mille oder a = 0,001 aber nur

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

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

nach v. Pettenkofer

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

nach Grisman

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

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

nach v. Pettenkofer

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

nach Crisman

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

Rechnet man aber getrennt mit dem Pettenkofer'schen Grenzwerthe, so erfordern die 5 Personen ohne Rücksicht auf Beleuchtung nach II^a für den Grenzwert 1 pro 1 Mille 172 Cubikmeter, und für die Beleuchtung allein:

$$\frac{0,186}{0,0020 - 0,0005} = \dots \frac{120}{292} \text{ "}$$

292 Cubikmeter.

Die für verschiedene Beleuchtungsarten erforderlichen Luftmengen stellen sich nun wie folgt:

1) Für Kerzenbeleuchtung. Eine Stearinkerze, welche stündlich 11 Gramm consumirt und 15 Liter Kohlen-säure entwickelt (vergl. die Tabelle), bedarf, wenn der Grenzwert 1 pro Mille nicht überschritten werden soll, eine stündliche Zuführung von

$$\frac{0,015}{0,001 - 0,0005} = 30 \text{ Cubikmeter.}$$

Ein Kilogramm Stearinsäure gibt bei der Verbrennung 9715 Calorien und daher werden bei 11 Gramm Consum pro Stunde entwickelt: 106,5 Cal. (Andral und Gavaret fanden 108 Calorien).

Diese 106 Calorien genügen, um das stündlich erforderliche Ventilationsquantum von 30 cbm zu erwärmen, um

$$\frac{106}{30 \times 1,2 \times 0,237} = 12,4 \text{ Grad.}$$

2) Gasbeleuchtung. Ein Steinkohlengasflachbrenner von 10 Normalkerzen Lichtstärke absorbirt stündlich 127 Liter Gas und producirt stündlich 86 Liter Kohlen-säure (vergl. Tabelle S. 214). Diese 86 Liter erfordern, wenn der Grenzwert p=1 pro Mille nicht überschritten werden soll, eine Zuführung pro Stunde von

$$\frac{0,086}{0,0005} = 172 \text{ cbm Luft.}$$

Die Verbrennung von 1 Cubikmeter Leuchtgas erzeugt 6814 Calorien (ohne Condensation); ein Schnittbrenner, der 127 Liter Gas per Stunde consumirt, producirt daher stündlich 865 Calorien, welche die einzuführende Luftmenge erwärmen um:

$$\frac{865}{172 \times 0,237 \times 1,2} = 17,9 \text{ Grad.}$$

3) Elektrische Beleuchtung. Nach den Versuchen des Ingenieur Fontaine *) gibt eine elektrische Lampe ein gleich-mäßiges Licht von der Stärke von 100 Schnittbrenner und verbrennt stündlich 5 Centimeter Kohlenstäbe von 1 qcm Querschnitt. Die Dichtigkeit der Kohle ist ungefähr 2,35,

man verbraucht also stündlich im Maximum 12 Gramm, welche 44 Gramm oder nahezu 22 Liter Kohlen-säure geben.

Um die Kohlen-säure auf das zulässige Maß zu redu-ciren, sind stündlich nöthig nur

$$\frac{0,022}{0,0005} = 44 \text{ cbm Luft}$$

für 100 Flammen Lichtstärke! Vergleicht man dies geringe zur Verbrennung erforderliche Luftvolum mit dem für ge-wöhnliches Leuchtgas zu beschaffenden, welches sich auf 172 cbm pro Flamme berechnet, also für 100 Flammen = 17200 cbm, so ergibt sich: daß die Gasbeleuch-tung ein Luftvolum verlangt, welches $\frac{17200}{44} =$

380 Mal so beträchtlich ist, als das zur elektrischen Beleuchtung erforderliche.

Diese ungeheure Zahl führt uns mit Nothwendigkeit dahin, im Sinne der Zimmerhygiene überall elektrische Be-leuchtung anstatt der Gasbeleuchtung einzuführen, weil letz-tere gefahr-voll, übermäßig hitzend und total ungesund ist.

Wärmeproduktion durch Menschen.

Der Athmungsproceß ist nichts anderes, als die lang-same Verbrennung (Oxydation) des kohlenstoffreichen benö-theten Blutes in den Lungen, wobei eine, im Verhältniß zu seiner Intensität gesteigerte Wärmemenge frei wird. Diese Wärmemenge beträgt nach Gavaret's Versuchen 2,3 Ca-lorien pro Kilogramm und Stunde, und da das Gewicht des Menschen im Mittel 65 kg ist, so resultirt daraus eine mittlere Wärmeproduktion von 169,5 Calorien. M. G. A. Hirn fand die mittlere stündliche Wärmeproduktion nach direkten Versuchen:

bei einem sitzenden Manne = 170 Cal.;
 „ starker Muskelarbeit = 255 Cal.;

Ein Fieberkranker von 65 kg Körpergewicht
 verlor 308 Cal.

Bei sitzendem, ruhigem Verhalten werden aber nach dem Früheren 60 Gramm Wasserdampf erzeugt, zu deren Ver-dampfung 37 Calorien erforderlich sind. Zieht man davon die durch Abkühlung des Dampfes von 37° auf 20° frei gewordene Wärme ab mit $17° \times 0,47 = 8$ Calorien, so findet man die ganze producirt Wärme eines sitzenden Mannes $170 - (37 + 8) = 141$ oder rot. 140 Cal.

Mit diesen 140 Calorien per Stunde werden erwärmt 40 cbm Ventilationsluft um

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

wobei der Factor 0,237 die spezifische Wärme der Luft und 1,2 das Gewicht eines Cubikmeters Luft bei 20° bezeichnet.

Aus diesen numerischen Resultaten ersieht man, daß trotz

*) Eclairage à l'électricité. 1877. p. 63.

als der günstigere angesehen werden kann. — Bei längerer Benützung und Anwendung künstlicher Ventilationseinrichtungen kann der Luftkubus ganz außer Betracht bleiben.

Verschiedene Arten der Ventilation.

§. 79.

Man unterscheidet in der Heiztechnik zwei Hauptarten der Ventilation, die natürliche und die künstliche, und versteht unter der ersteren jeden Luftaustausch zwischen der atmosphärischen und der im Innern des Gebäudes eingeschlossenen Luft, soweit derselbe nur in Folge der Temperaturdifferenz zwischen diesen beiden oder in Folge der Kraft des Windes und zwar durch mehr oder weniger direkte Oeffnungen stattfindet. — Wird die Bewegung der verunreinigten Luft durch erwärmte Ventilations-schächte oder durch Maschinen hervorgebracht, so spricht man dagegen von künstlicher Ventilation. Die dazu verwendeten Maschinen nennt man „Ventilatoren“ und zwar Saugventilatoren, wenn die verbrauchte Zimmerluft durch Maschinenkraft abgesaugt (aspirirt) wird und Druckventilatoren, wenn die frische Luft in gleicher Art in die Räume hineingepreßt wird. Danach unterscheiden sich die, im VII. Abschnitt dieses Werkes schon mehrfach erwähnten Systeme der Aspiration und Pulsion oder Insufflation.

Während obige Definition das Wesen der natürlichen Ventilation nur auf die Motoren, d. h. die Temperaturdifferenz und die saugende Kraft des Windes im Freien zurückführt und von den Wegen ganz absteht, welche die Luft einschlägt, um ins Freie zu entweichen: muß im Sinne einer wissenschaftlicheren Nomenklatur noch unterschieden werden die natürliche Ventilation im engeren Verständnis, wobei der Luftaustausch nur durch die Poren, Fugen und Ritzen der Bautheile stattfindet. Im Gegensatz hierzu würde jede, mittelst künstlicher Luftleitungen hervorgebrachte Lufterneuerung als künstliche Ventilation aufzufassen sein, gleichgültig, ob die Luftbewegung durch zufällige oder eigens herbeigeführte Temperaturdifferenzen, durch die Wirkung des Windes oder durch Maschinen veranlaßt wird.

A. Natürliche Ventilation.

§. 80.

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 Thüren und Fenster erwartet.

Es ist v. Pettenkofer's Verdienst, in seiner „Abhandlung über den Luftwechsel in Wohngebäuden“ auch diese Hauptmomente hervorgehoben und die Direktive für weitere Arbeiten gegeben zu haben.

Hiernach können wir als **Motoren** der natürlichen Ventilation folgende Bewegungsursachen auffassen:

Die Temperaturdifferenz innerhalb und außerhalb des zu ventilirenden Raumes;

die Stärke und Richtung des Windes im Freien;

das Diffusionsbestreben der zwei durch die Wände des Hauses getrennten Luftmischungen.

Während nun in den meisten Fällen diese 3 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.

a) Die Temperaturdifferenz erzeugt einen Druck auf die Flächeneinheit der Wand und zwar von Außen nach Innen, welcher in gewissem Grade die Ventilationsgröße beeinflusst. So betrug nach v. Pettenkofer das Ventilationsquantum seines Zimmers

bei 20° Temperaturdifferenz	. . .	95 cbm,
„ 19°	„	75 „
„ 4°	„	22 „

Diese Schwankungen sind aber offenbar noch von anderen Bewegungsursachen abhängig gewesen. Noch unklarer stellt sich das Verhältniß bei den Beobachtungen von Märcker*).

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

c) Bei weitem wichtiger ist dagegen der Einfluß der Luftbewegung im Freien. Während Geschwindigkeiten bis 3m im Freien nicht unangenehm empfunden werden, resultirt aus derartigen Windströmungen ein zwar unbeständiger aber nicht zu unterschätzender Motor der spontanen Ventilation. 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.

*) Journal für Landwirtschaft. 19. Jahrgang.

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

Bei 1 Meter Geschwindigkeit	0,13 .	1 ² =	0,13 Kilogr.,
" 2 "	" 0,13 .	4 =	0,52 "
" 3 "	" 0,13 .	9 =	1,17 "
" 4 "	" 0,13 .	16 =	2,08 "
" 5 "	" 0,13 .	25 =	3,25 "
" 10 "	" 0,13 .	100 =	13,00 "
" 20 "	" 0,13 .	400 =	52,00 "
" 40 "	" 0,13 .	1600 =	208,00 "

Größere Geschwindigkeiten als $v = 30$ Meter kommen in Mitteleuropa, wenigstens in offener Gegend, nur selten vor. Da Apparate zur Messung der Stärke des Windes verhältnißmäßig 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, gibt 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	eben fühlbar.
4	1,790	0,4672	
5	2,236	0,7274	angenehmer Wind.
10	4,474	2,9096	
15	6,710	6,5467	frischer Wind.
20	8,949	11,6387	
25	11,184	18,1854	sehr frisch.
30	13,423	26,1930	
35	15,659	35,6435	starker Wind.
40	17,287	46,5607	
45	20,133	58,9204	sehr starker Wind.
50	22,372	72,7419	
60	26,846	104,7661	Sturm. großer Sturm.
80	35,795	186,2548	
			Orkan.

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

*) Bei den meteorologischen Stationen des Binnenlandes pflegt die Aufzeichnung der Windstärken anemometrisch nicht gemessen zu werden. Man bestimmt hier für gewöhnlich außer Windstille nur 3 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 Normal-Beobachtungsstationen der deutschen Küste. So betrug das Tagesmittel der Windgeschwindigkeit am 1., 2. und 3. April 1878 zu Hamburg 11,0, resp. 12,2 und 11,6 Meter per Sekunde.

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

An einem windfreien Tage zu 1635 Kubikmeter,

Bei Südwestwind 1. Stärke " 2439 "

per Sekunde mehr 804 Kubikmeter;

wie viel auf zufällige Spalten und Ritzen entfiel, ist nicht angegeben.

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

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

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

Einfluß der Wärmedurchlässigkeit der Wände.

Die Permeabilität ganzer Wände ist in überraschender Weise durch v. Pettenkofer auf dem Wege des Versuches veranschaulicht*) und dadurch außer Zweifel ge-

*) Eine Ziegelsteinwand von 1/4 qm Oberfläche wird in Kalkmörtel auf luftdichter Unterlage aufgeführt. Die schmalen Stirnseiten sind mit Gyps und Harzfirniß bezogen, die breiten Wandflächen dagegen mit Metallplatten bekleidet und letztere beiden in der Mitte mit einem Rohrstopfen versehen. Die Wände schließen luftdicht an den Firniß an. Verbindet man mit dem einen Rohrstück einen Kautschuckschlauch, den man in Wasser leitet, mit dem anderen Rohrstück ein Glasrohr, so erfolgt — wenn 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 2) das zwischen den Metallplatten liegende Mauerwerk stark

stellt worden. Aus den Resultaten dieser Untersuchungen zog dann Oberbaudirektor v. Pauki 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 Kubikmeter,
„ 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 $\frac{1}{3}$, bei Tuffstein zu $\frac{1}{4}$, bei Backstein zu $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ und bei Quaderbau in Sandstein zu $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$ 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 citirten Broschüre beschrieben*). Es ergaben sich dabei folgende Hauptsätze:

1) Die, durch poröses Material gehende Luftmenge ist direkt proportional der Druckdifferenz auf der einen und der anderen Seite der porösen Wand und umgekehrt proportional der Dicke dieser Wand.

2) Die verschiedenen Baumaterialien ordnen sich rückwärts ihrer Permeabilität nach einer Reihe**). Am Durchlässigsten ist Kalktuffstein.

3) Jede Mauerbekleidung vermindert die Permeabilität. Wände mit Luftmörtel verputzt, lassen viel Luft hindurch-

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 $\frac{1}{10}$ Atmosphäre. Die Erklärung des Experimentes und der in unzählige Fäden zerlegten, durch die Poren gedrückten und wieder vereinigten Lufttheile ist in klarer Weise gegeben in seiner oben citirten „Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung“. Braunschweig 1879.

*) C. Lang. Ueber natürliche Ventilation etc. Stuttgart 1877.

**) Bei einem konstant gehaltenen Ueberdruck von 0,0108 kg pro Quadratcentimeter wurden auf jeden Quadratmeter Fläche des 30 mm dicken Versuchstückes stündlich diffundirt (vgl. Lang S. 81):

durch Kalktuffstein	28728 Liter Luft,
„ Grünsandstein (bairischen)	468 „ „
Künstliche Steine.	
durch Schlackenstein (Hardt)	27348 Liter Luft,
„ Ziegel, Hartbrand, Sandstein	732 „ „
„ „ Schwachbrand „	312 „ „
„ „ Maschinenstein	474 „ „

Bindemittel.

durch Luftmörtel	3264 Liter Luft,
„ Beton	930 „ „
„ Portland-Cement, erhärtet	492 „ „
„ Gyps gegossen	146 „ „

bringen, um so weniger die mit Gypsmörtel geputzten Flächen. — Anstriche und sonstige Bekleidungen verhalten sich in der Art, daß Kalkfarben-Anstrich am wenigsten, Leinfarbe mehr, und Tapeten in noch höherem Maße die Durchlässigkeit vermindern. — Mehrmaliger Oelfarbenanstrich verhindert die Durchlässigkeit vollständig. — Wasser-glasanstrich wird im Laufe der Zeit dichter und bildet einen völligen Verschuß der Poren.

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

5) Cement wird nach längerem Aufbewahren im Wasser bleibend undurchlässig.

Resumé. Aus diesen Sätzen ergeben sich folgende Regeln für Erreichung einer natürlichen Ventilation mittelst direkten Luftdurchgangs:

Man baue mit porösem Material und nicht zu dicken Frontmauern, verhindere das Aufsteigen der Feuchtigkeit und Sorge für gutes Austrocknen der Wände vor deren Benützung. Bei freier Lage des Gebäudes gegen die Windrichtungen und starker Temperaturdifferenz kann dann eine natürliche Luftverbesserung der Räume erwartet werden. Ob diese nur auf Permeabilität der Wände beruhende, natürliche Ventilation einen ausreichenden Luftwechsel im Sinne der Hygiene hervor-rufen könne, muß zunächst durch Erfahrungen und Versuche festgestellt werden: bei unserer gegenwärtigen 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 Oeffnungen oder Röhren angebracht werden, durch welche die Luft des Raumes mit der äußeren Luft communicirt.

B. Lüftung mit Hülfe von Luftleitungen oder Ventilationskanälen.

§. 81.

a) Anlage der Luftleitungen.

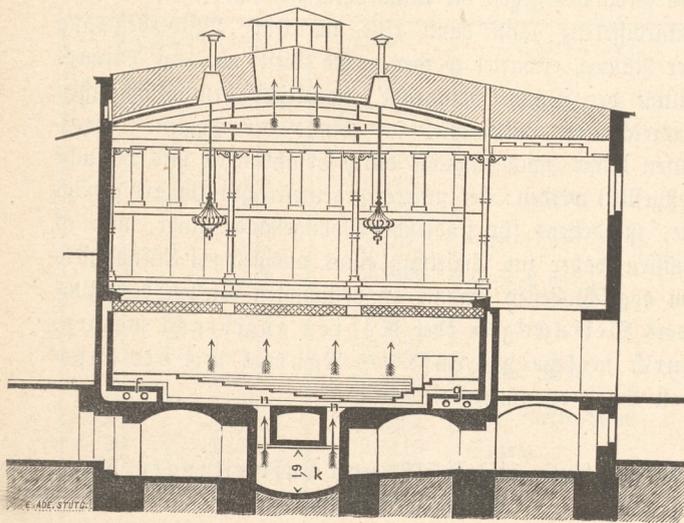
Abzug der verdorbenen Luft. Der Hauptzweck der Ventilation ist regelrechte Abführung der verdorbenen Luft; es ist also wünschenswerth, sie da abzuleiten, wo sie am stärksten verunreinigt ist. Diese Zone befindet sich nach den Beobachtungen des Prof. Coulier*) im Allge-

*) Annales d'hygiène 1873. Er sagt: „die ausgeathmete Luft wird allerdings schwerer durch die Kohlen-säure, aber dieser Effekt wird mehr als ausgeglichen durch ihre Temperatur von 37° C. und den in ihr suspendirten Wasserdampf. Die algebräusche Summe dieser Gewichtsquantitäten ist eine verminderte Dichte.“

meinen in der Nähe des Zimmerplafonds. Aber solcher Abzug der Zimmerluft ist nicht überall angänglich, namentlich nicht bei gewöhnlichen Luftheizungsanlagen, weil in der kalten Jahreszeit auch die Heizluft direkt nach den Abzugöffnungen 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 durch Gasflammen (865 Calorien pro Flachbrenner) und zwar zum größten Theil erst oberhalb des Auditoriums statt: die Produkte des Verbrennungsprozesses müssen daher schnell nach oben abgeführt werden, damit sie nicht in die Sphäre der Zuhörer gelangen und diesen lästig fallen.

Ein Beispiel dieser Art ist die Ventilationseinrichtung im Abgeordnetenhaus zu Berlin, Fig. 241*). Die Luft wird durch aërostatischen Druck in die seitlich liegende

Fig. 241.



Dampfluftheizkammer, aus dieser in den Gang k, dann in der Richtung der Pfeile durch eine Anzahl kleiner Schächte n, n unter den hohlen Saalfußboden getrieben und strömt von hier durch zahlreiche Oeffnungen in den Futterbrettern der Stufenabfälle unmittelbar in den Saal. Die in den Schächten aufgehängten Thermometer zeigen dabei eine sehr gleichmäßige Temperatur (16–18° R.), die warme Luft steigt im Saal senkrecht auf und entweicht durch die Scheiben im Deckenoberlicht in den Zwischenraum zwischen den beiden Glasdecken; von da gelangt sie durch die Register der Laterne ins Freie.

*) Entnommen aus E. Häsecke, Ventilations in Verbindung mit Heizung.

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 sehr bedeutend nähert.

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 sorgt man also dafür, daß dieselbe möglichst aus Gärten entnommen werde und läßt sie in dem großen Hauptkanal einen feinen Regen passieren, um sie gleichzeitig abzukühlen. — Im Trocaderopalast zu Paris wird die Luft zum größten Theil aus der Höhe, d. h. über den Dächern entnommen, kann aber auch aus den Steinbrüchen, unterhalb des Gebäudekellers, zugeleitet werden. Diese letztere Entnahme gewährt den Vortheil, daß die Temperatur der Luft hier eine sehr constante, 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 Räume befindlichen Personen nicht direkt treffen kann. Wie unbequem partielle Luftströme sind, beweist die Thatsache, daß Einstromungsöffnungen im Fußboden der Theater in der Regel vom Publikum verdeckt werden; doch kann diesem Uebelstande durch einen Teppich, welcher den Luftstrom bricht und zertheilt, abgeholfen werden (Parlamentshaus in London).

4) Man bringe daher die Einstromungsöffnungen in solcher Höhe an, daß der schräg nach oben geleitete Strom an der Decke fortgleitend, seine Geschwindigkeit verliert und nun langsam an der gegenüberliegenden Wand hinabsinkt*). Auch bei Anwendung der Registerbekleidungen, auf Taf. 53, tritt der Strom schräg nach oben gerichtet aus.

5) Um eine recht gleichmäßige Vertheilung der reinen Luft nach sämtlichen Theilen des Lokals zu er-

*) 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. Commissions-Verlag von Beckh. Die Commission, welche mit der Untersuchung betraut war, konnte durch kleine, freischwebende Ballons nachweisen, daß der Strom bei großer Anfangsgeschwindigkeit sich verbreitert und allmählig langsam werdend in einer parabolischen Linie zur Decke steigt, sich bis zur gegenüberliegenden Wand fortsetzt, hier sich bricht, im untern Raum vertheilt und mit zunehmender Geschwindigkeit seinen Lauf nach der Abzugsöffnung richtet.

reichen, schlägt Morin vor, möglichst viele Austrittsöffnungen anzulegen. Es hat aber bei mehrgeschossigen Gebäuden schon seine technischen Schwierigkeiten, nur zwei Ab- und Zuführungskanäle für jeden Raum anzulegen. Noch kolossaler sind die Hindernisse bei einer größeren Anzahl von Luftkanälen oder bei Einführung der sogenannten „Porenventilation“ nach Scharath's System. Bei dieser Einrichtung tritt die Luft nicht in geschlossenen Strömen aus einzelnen Oeffnungen, sondern in möglichst feiner Zerteilung durch größere Felder in den Wänden in die zu ventilirenden Räume ein. Die Porenfelder werden aus Segeltuch ähnlichem Baumwollstoff hergestellt, der über Holzrahmen gespannt und fensterartig in die zugehörigen Wandnischen eingefügt ist, eine Methode, die früher schon von Dr. Reid für das englische Parlamentsgebäude (unter Verwendung von Haarsieben oder Canevas für die Porenfelder) angewendet wurde. Wegen der starken Reibungswiderstände, welche die Luft beim Passiren der Poren zu überwinden hat, ist dabei eine starke Triebkraft (Aspiration oder besser mechanische Pulsion) zur Bedingung gemacht. Vergl. die näheren Details auf S. 228.

Will man daher Unzuträglichkeiten aus dem Wege gehen, so mache man die Zuleitungskanäle und deren Mündungen möglichst groß und lege letztere wenigstens 2 m hoch über dem Fußboden an. Die Abzugsöffnungen für kalte Luft kommen dann dicht an den Fußboden zu liegen und, soweit angänglich, entfernt von den Sitzen der Personen.

6) Die Einführungsöffnungen oder die zu denselben führenden Luftleitungskanäle müssen Abschlußvorrichtungen haben, mittelst deren man die Ventilation nach Bedürfnis reguliren oder ganz unterbrechen kann. Derartige Regulirungsvorrichtungen sind in §. 59 dargestellt und besprochen worden. Eine stellbare Klappeneinrichtung für Dampfregister mit Ventilation enthält Tafel 53.

7) Die Geschwindigkeit der Luft in den Abzugskanälen und das Quantum der zugeführten Luft müssen stets mit einander in solchem Verhältniß stehen, daß die stündlich eingeführte Luftmenge mindestens gleich der, in derselben Zeit dem Lokal entzogenen ist. Major v. Benedictis*) verlangt sogar eine bedeutend stärkere Luftzuführung, um den lästigen Zug durch die Fensterritzen zu vermeiden. Bei einem Lokal, welches guten Abzug im Aspirationsfach hat, führt nämlich die Druckdifferenz, gegenüber der äußeren Luft, leicht einen Neben- und zufluß von letzterer herbei in der Weise, daß dieselbe durch alle vorhandenen Ritzen und Fugen eintritt, wenn reguläre Zustromung durch die Kanäle nicht reichlich stattfindet**). Es

*) Sulla ventilazione naturale etc. pag. 17.

***) Morin constatirt, daß bei den besseren Pulsionseinrichtungen in der Regel nur 30 % der eingetriebenen frischen Luft am Bestimmungsorte ankamen. Etudes sur la Ventilation. I. p. 369.

ist andererseits denkbar, daß in Folge des aërostatifchen Druckes die verdorbene Luft theilweise 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 conträre Strömungen stattfinden können und 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 Aufsteig- und Ausflußöffnungen, von den Temperaturen T und t an der unteren resp. oberen Ausflußöffnung und den gesammten Bewegungswiderständen. Die theoretische Ausströmungsgeschwindigkeit drückt sich nach §. 58 aus durch die Wolpert'sche Formel:

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

Von dem gefundenen Werth ist (wegen Stauung und Reibung in den Röhren) nur die Hälfte und bei kurzen Kanälen $\frac{3}{4}$ zu nehmen.

Ist die Geschwindigkeit in jedem besondern Fall ermittelt, so findet man den Querschnitt der Kanäle in Quadratmetern, indem man das den betreffenden Räumen stündlich zuzuführende Luftquantum Q durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeitdauer dividirt, d. h. es ist der Querschnitt

$$F = \frac{Q}{3600 v} \text{ *)}$$

Näherungsformeln. Für geringe Temperaturdifferenzen kann die Formel

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

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

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

also für kurze Kanäle:

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

oder unter günstigen Verhältnissen:

$$v = \frac{1}{5} \sqrt{H} = 0,2 \sqrt{H}.$$

Beispiel. Der zu ventilirende Raum hat 120 cbm Inhalt; ein Kanal dicht unter der Decke dient zur Zuführung frischer Luft und ein Kanal dicht am Fußboden führt direkt ins Freie. Wegen der kurzen Kanäle ist $v = 0,2 \sqrt{H}$

*) Diese Regel würde gütig sein für die gewöhnliche Luftheizung und für die in §. 75 abgehandelten, combinirten Heizsysteme (Wasser- oder Dampfheizung). Man berechnet dann auf Grund der an die Luft abgegebenen Wärmemenge deren mittlere Temperatur.

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

und für einen vertikalen Abstand der Ausströmungsöffnungen von 4 m ist $H = 4$, also

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

Da die Luftgeschwindigkeiten unter sonst gleichen Verhältnissen wachsen, wie die Quadratwurzeln aus den Temperaturdifferenzen, so hat man nur für 4° , 9° , 16° , 25° Temperaturdifferenz die Geschwindigkeit $v = 0,4$ m zu multipliciren 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) des §. 58,

$$z = \frac{Q}{v \cdot F}, \text{ also im vorliegenden Beispiel } z = \frac{120}{0,4 \cdot F}$$

F der Durchschnitt der Ventilationskanäle sei 0,12 qm, man hat daher

$$z = \frac{120}{0,4 \cdot 0,12} = 2500 \text{ Sekunden} = 41 \text{ Min. } 40 \text{ Sek.}$$

für 1° Temperaturdifferenz. Für 16° Temperaturdifferenz findet man:

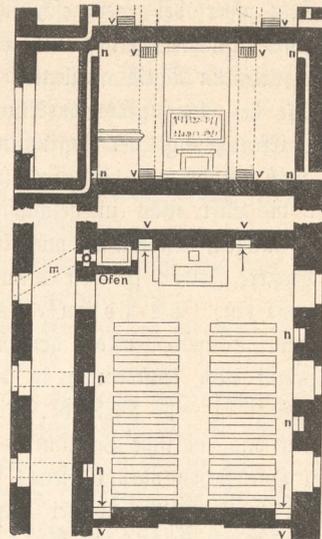
$$z = \frac{2500}{4} = 625 \text{ Sek.} = 10 \text{ Minuten } 25 \text{ Sek.,}$$

d. h. es kann die Luft des Raumes in der Stunde 6mal erneuert werden, wenn bei 20° Innentemperatur die äußere Luft $+ 4^\circ$ C. hat. Die Ausströmungsöffnungen erhalten 30 und 40 cm Seite. Als Druckhöhe H ist die vertikale Entfernung der Mittelpunkte beider Kanalöffnungen anzunehmen.

Der Luftwechsel kann erheblich beschleunigt werden, wenn man die reine Luft von größerer Höhe (etwa vom Dach) herabführt und die verunreinigte Luft des Raumes bis zur Terrainhöhe 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 Ventilation. Fig. 242 zeigt in Grundriß und Durchschnitt die Anordnung eines Schulsaales für 90 Knaben. 4 Kanäle v, v , welche sowohl am Fußboden als an der Decke Einstromungsöffnungen haben, dienen zur Abführung der verdorbenen Luft und sind zu diesem Zweck bis über Dachhöhe hinausgeführt. Ist dann die Luft im Schulzimmer wärmer als die äußere Atmosphäre, so strömt dieselbe 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 communiciren, eingeführt. Gewöhnlich sind die Deckenöffnungen 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.

Fig. 242.



Wenn der Winddruck auf der einen Umfassungsmauer steht, dann wird die frische Luft in die Deckenöffnungen eingeblasen und die entgegengesetzten Kanäle wirken dann saugend, d. h. als Abströmungskanäle. Richtung und Stärke der Luftströmung werden durch, in den Kanälen eingesetzte Anemometer angezeigt. Die Zeiger derselben sind innerhalb des zu ventilirenden Raumes sichtbar und je nach der Richtung der Strömungen werden die Ventilationsklappen geöffnet oder geschlossen. Im Winter strömt die Zimmerluft, durch die starke Temperaturdifferenz veranlaßt, sehr schnell durch die Kanäle v, v ab, die frische Luft würde daher erheblichen Zug verursachen, wenn man sie durch die Kanäle n, n eintreten lassen wollte. Zu diesem Zweck ist der Kanal m angelegt, der die frische Luft nach dem Mantelofen führt, von wo aus sie erwärmt ins Zimmer tritt.

Anm. In allen derartigen Fällen muß man die Luftströmungen benützen, wie sie sich eben, durch Temperatur und Wind veranlaßt, gestalten: Ventilationsströme künstlich hervorrufen kann man bei dieser Methode nicht, aber man kann sie mildern resp. reguliren.

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

Wie im eben besprochenen Falle durch Temperaturdifferenzen, so kann man auch durch die Benützung des Windes Ventilation erzeugen und zwar entweder von der saugenden oder der pressenden Kraft des Windes Gebrauch machen. Apparate, welche zu ersterem Zweck benützt werden, sind:

Der Wolpert'sche Rauch- und Luftsauger (§. 13, Fig. 18, 19) und ähnliche, auf demselben Prinzip beruhende Hüte oder „Deflektoren“ von viereckiger, achteckiger oder runder Form. Der, zwischen Deckplatte und Sauggefäß

(Fig. 19^b) hindurchströmende Wind reißt Luft aus dem Saugkessel an sich, bewirkt also Luftverdünnung und daher Abzug der Ventilationsluft aus dem Rohre resp. dem damit communicirenden Wohnraume. Der Austritt der verbrauchten Luft aus dem Lokale findet in diesem Falle ebenfalls von unten statt und wird zu diesem Zwecke der Kanal in allen Fällen bis zum Fußboden des Zimmers hinabgeführt. Es ist jedoch rathsam, auch oberhalb, d. h. nahe der Decke eine Abzugsöffnung (für Sommerventilation) anzulegen. Taf. 39 zeigt ein Beispiel, wie die **saugende Kraft** von Luftströmungen — unterstützt durch Deflektoren, welche auf dem First des Daches aufgesetzt sind — zur Abführung der Ventilationsluft aus dem Bodenraum des Hauses mit Vortheil benützt werden kann.

Firstventilation. Bei den, nach dem Prinzip der Baracken angelegten Krankenpavillons bedient man sich einer ähnlichen und sehr wirksamen *) natürlichen Ventilation, der sog. Firstventilation. Zu dem Ende wird ein in der ganzen Länge des Daches hinlaufender Dachreiter durch seitliche Klappen nach außen abschließbar gemacht. Im Pavillon des Stadtkrankenhauses zu Dresden sind Gallerien in dieser Höhe entlang geführt, um von hier aus die Regulirung dieser Klappen zu bewirken, und bei der heizbaren Baracke in der Königl. Charité zu Berlin liegen zu diesem Zweck Laufbretter außerhalb auf dem Dache. Dadurch ist man im Stande, unter gleichzeitigem Oeffnen 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 Oeffnungen der Laterne hindurchbläst und die Saalluft mit sich fortführt.

Bei Beginn der Heizperiode hört die Firstventilation auf und werden dann die Klappen des Dachreiters geschlossen.

Will man andererseits die pressende Wirkung des Windes benützen, so ist der obere Hut ähnlich der Fig. 23 dieses Werkes, d. h. um eine vertikale Achse drehbar zu gestalten, damit er sich selbst mittelst einer Fahne in die Windrichtung einstellt, die Luftströme aufsaugt und diese abwärts leitet, um sie (nach einigem Verlust an lebendiger Kraft) in den Raum an geeigneter Stelle eintreten zu lassen. Leider ist der Wind kein constanter Motor, so daß man nur in bestimmten Fällen die Ventilation ausschließlich von ihm abhängig machen kann: aber er kann fast immer zur Unterstützung der Ventilation durch Temperaturdifferenz dienen, weil nur an wenigen Tagen des Jahres eine effektive Windstille herrscht und selbst in unseren Breiten gewisse vorherrschende Windrichtungen und Windstärken mit großer Regelmäßigkeit auftreten, wie nachstehende Beobachtungen, die ich der Güte des Herrn Prof. Joh. Albert Arndt hier selbst verdanke, 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. Decbr. 76 bis 30. Novbr. 77 . .	87	15	2	59	15	1	56	28	2	112	23	1	Süd.
	30	10	0	43	7	0	25	34	9	30	13	5	Süd-West.
Vom 1. Decbr. 77 bis 30. Novbr. 78 . .	85	14	2	63	9	1	69	11	0	97	36	0	Süd.
	31	11	4	23	21	2	38	15	1	28	1	0	Süd-West.
Im Jahre 1878 überhaupt haben geweht .	213	50	7	191	77	8	213	62	1	216	56	1	

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

C. Künstliche Ventilation.

§. 82.

Ventilation durch die Wärme.

Bei diesem System findet der Abzug der zu evacuiren=den Luft durch die saugende Wirkung eines Ventila-

*) Als schlagender Beweis für die Wirksamkeit ist die Thatsache anzuführen: daß die auf dem Dache der Baracke beschäftigten Arbeiter

lationschlozes (cheminée d'appel) statt. — In diesem wird die verdorbene Luft künstlich erwärmt und dadurch eine starke Temperaturdifferenz geschaffen, welche die Luftbewegung mehr fördert, als es bei natürlichem Luftaustausch geschehen konnte. Um dies mit möglichst geringen Kosten zu bewerkstelligen, sucht man im Winter die anderweitig nicht nutzbare Wärme der Verbrennungsprodukte zu sammeln und zur Erwärmung des Aspirationschachtes zu verwenden, so die abgehende Wärme des Rauches von Defen, Calorifären, Kesseln. Man läßt dann gewöhnlich den Rauch durch ein, in der Mitte des Schlozes

in der Königl. Charité den, aus den Firstöffnungen abströmenden Geruch nicht zu ertragen vermochten. (Nach Mittheilungen des — nun verstorbenen — Geh. Reg.-Rath Dr. Esfe.)

aufsteigendes Metallrohr (wie Taf. 52 zeigt) entweichen; dieses gibt erhitzt seine Wärme an die Luft im Aspirationschlote ab und wirkt dadurch luftverdünnend, also saugend. 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. dgl. m. Fig. 243 stellt eine zu diesem Zweck dienende Heißwasser-Spirale dar, bei welcher die Ventilationsluft in der Richtung

Fig. 243.

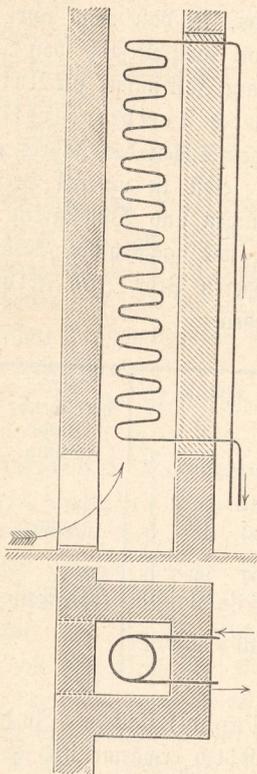
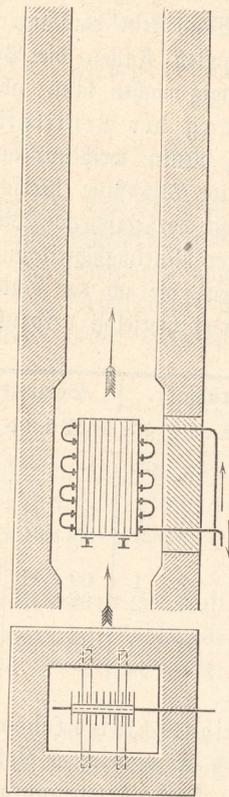


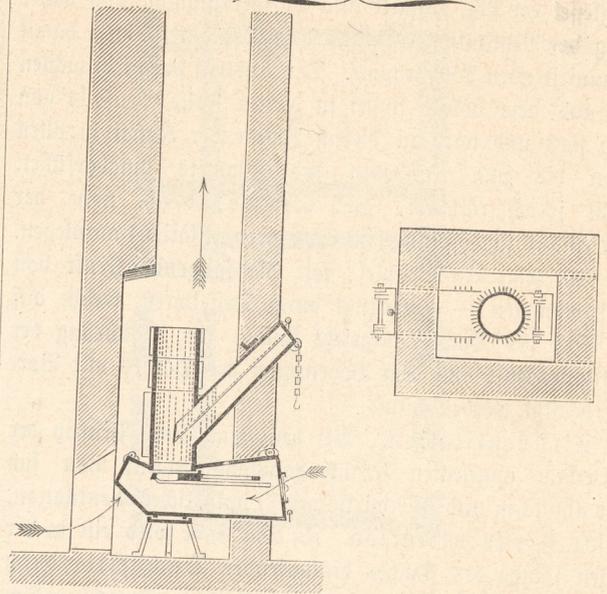
Fig. 244.



des Pfeiles eintritt. — In Fig. 244 ist ein durch Wasser oder Dampf erwärmtes Rippenregister, wie solches in Ventilationschlotten Aufstellung findet, gegeben.

Wenn endlich im Sommer jede Heizung ruht, kann für Tage gänzlicher Windstille der Luftaustausch durch Aufstellung eines Goksschütt-Ofens im Heizraum gesorgt werden (Fig. 245); das 6–8 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

Fig. 245.



constant in der Abzugsleitung brennen. Man benötigt dazu meistens einige **Bunsen'sche** Brenner.

Ähnlich wie der Schüttofen wirken offene Heizkamine. Bei träger Luftbewegung und an nebligen Tagen bewirken dieselben eine sehr energische Ventilation und bieten im Herbst und Frühjahr die große Annehmlichkeit der strahlenden Wärme. Besondere **Lochfeuer**, wie wir dieselben in §. 62 kennen lernten, und welche für einzelne Tagesstunden in Brand gehalten werden, gehören endlich ebenfalls unter die Zug erzeugenden Mittel.

Verschiedene Arten des Luftabzuges. Die zur Erwärmung des Aspirationschlotes benötigte Wärmequelle kann sich nun entweder über, im Niveau, oder unter den Luftabzugsmündungen des zu ventilirenden Raumes befinden und darnach unterscheidet man 3 Arten des Luftabzuges.

1) Liegt die Wärmequelle im höchsten Theile des Gebäudes, steigen die Abzugskanäle vertikal bis zum horizontalen Sammelkanal empor, der sie in den Aspirationschlote einführt und befindet sich auf dieser Höhe die Wärmequelle (sei es nun ein Lochfeuer, 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 Aspirationschlote gezogen oder ins Freie geleitet, so nennt man dies „Abzug à niveau“.

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

Resumé. Vergleicht man diese drei Abzugsmethoden, so ergibt sich schon durch Betrachtung der Formel für die Abzugsgeschwindigkeit, 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 Vortheile auf Seite des Abzugs von unten, denn er erzeugt zunächst in allen Theilen des Gebäudes eine gleichmäßigere Ventilation, was bei den andern beiden Systemen nur zum Theil möglich ist. Auch ist die Anlage von Ventilationsröhren (Aufleitungen) leichter in den dicken Mauern der untern Geschosse zu realisiren, als wenn die schwachen Mauern der Obergeschosse dazu benützt werden sollen. Bei der Absaugung von unten kann die Erwärmung der Ventilationsluft durch direktes Feuer stattfinden (und dazu alle etwa überschüssige Wärme benützt werden), was bei Abzug von oben schon der Feuergefahr wegen nicht statthaft ist. Im letztern Falle kann man die Luft in der Regel nur durch Wasser- oder Dampfrohre erhitzen, d. h. auf Kosten der Wärmeproduktion des Systems. Jedenfalls ist daher die letztere Methode kostspieliger in der Anlage und theurer in der Bedienung.

Nur da, wo Lokale durch eine große Menge Gasflammen erleuchtet werden, muß man den Abzug von oben jedem anderen vorziehen, weil es nicht angänglich ist, die durch Flammen verunreinigte und stark erhitzte Luft nach unten, d. h. in die Sphäre der Menschen hinabzuführen. Der Motor der Ventilation ist in diesem Falle bereits in der durch Flammen erzeugten Wärmemenge gegeben.

Aspirirende Wirkung durch Gasflammen.

Bei kleineren Ventilationsanlagen erreicht man einen nennenswerthen Effekt schon durch einige Gasflammen (Bunsen'sche Brenner), welche constant in der Abzugsleitung oder dem Aspirationschlott brennen. So kann man Räume, welche nur zeitweise und dann nicht von zu vielen Menschen benützt werden, während des Sommers durch 1 bis 2 Flammen, welche im Ventilationsrohr brennen, ausreichend und ohne erhebliche Kosten ventiliren. Soll z. B. in einem Raume für 15 Personen à 20 cbm stündl. Luftbedarf, die Luft erneuert werden, so sind stündlich 300 cbm Luft zu evacuiren. Da jedes Liter Leuchtgas bei der Verbrennung etwa 68 Calorien erzeugt, so kommen auf einen Cubikmeter Leuchtgas also 6800 Calorien.

Um aber einen Cubikmeter Luft in der Temperatur um 10° zu erhöhen, sind, wenn von der durch die 15 Personen erzeugten Wärme abgesehen wird, nöthig:

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

In der Regel genügt schon eine Temperaturerhöhung von

10° im Aspirationschlott vollständig zur Evacuation der Zimmerluft. Zur Erwärmung der 300 cbm Luft von 10° sind erforderlich:

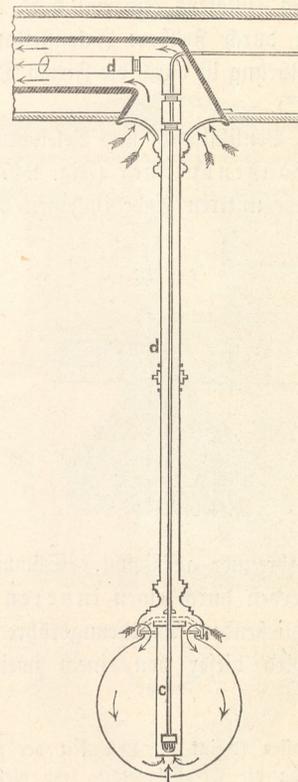
$$\frac{300 \cdot 2,96}{6800} = 0,130 \text{ cbm Gas,}$$

welches der stündliche Gasconsum eines Brenners mit 20–30 Löchern ist.

Beleuchtung öffentlicher Lokale. In den meisten öffentlichen Lokalen wird diese für die Ventilation häufig mehr als genügende Wärmequelle leider ganz vernachlässigt. Die, in großer Anzahl vorhandenen Gasflammen erhöhen hier nicht nur die Temperatur in unerträglicher Weise, sondern verbreiten auch in Folge der immer etwas unvollkommenen Verbrennung einen unangenehmen Geruch. Wenn man nun dafür sorgt, daß diese Verbrennungsprodukte, ehe sie sich mit der Zimmerluft mischen, durch besondere Kanäle abgeführt werden, so mäßigt man die Temperatur des Lokales und hat den Vortheil, die lästige und schädliche Wärme zur Absaugung der verdorbenen Zimmerluft benützen zu können.

Derartige, die Ventilation stark befördernde Beleuchtungskörper sind die sogenannten „Ventilation-Globes“, welche nachstehende Figur 246 im Durch-

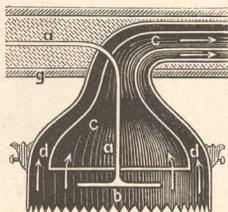
Fig. 246.



schnitt darstellt. Aus der Zimmerdecke tritt das Gasrohr c heraus, welches — eingeschlossen in eine 5—6 cm weite Röhre d — ziemlich tief in das Zimmer hinabreicht. Die Gasröhre endet in einem Argandbrenner, der von einem Glaszylinder und einer Glaskugel umschlossen ist. Letztere wird an der, oberhalb des Zylinders zu einem Halsstück erweiterten Röhre so eingehängt, daß die Zimmerluft in der Richtung der Pfeile in die Glaskugel gelangen und die Verbrennung des Gases unterhalten kann. Die heißen Verbrennungsgase strömen dann durch den Zylinder in das Metallrohr und in die obere horizontale Rohrfortsetzung, welche von einem entsprechend weiten Kanal von Zinkblech umgeben ist. Die, von den Flammen aufs Aeußerste erhitzte Luft strömt nun mit großer Geschwindigkeit durch ein verhältnißmäßig enges Rohr in den größeren Luftkanal ein, erhitzt denselben, erzeugt starke Luftverdünnung und in Folge dessen die heftige Absaugung der Zimmerluft durch die Oeffnungen der oberen Rosette in der Richtung der Pfeile. In der Regel münden die Evacuationskanäle direkt ins Freie. Gleichzeitig dient der Metallkanal zur Isolirung des Rohres d gegen das benachbarte Holzwerk der Deckenkonstruktion. — In Berlin ist das Siechen'sche Restaurations-Lokal mit den „Ventilation-Globes“ versehen. Zur Unterstützung der durch Flammen erzeugten Ventilation ist hier noch in jedem Zimmer ein Luftschlot vorhanden, der durch das Rauchrohr des Füllofens erwärmt wird und dessen Abzugsöffnung man durch stellbare Jalousieklappen reguliren kann. Die Ausführung ist durch die Firma David Grove in Berlin erfolgt*).

Ein anderer Ventilations- und Beleuchtungsapparat ist der sogenannte Sonnenbrenner (Fig. 247). Das Gasrohr a mündet am unteren Ende in einen Ring b, welcher

Fig. 247.



die einzelnen Gasbrenner aufnimmt. Sämmtliche Verbrennungsprodukte werden durch einen inneren Trichter c aus Metall mit anschließender Abführungsröhre aufgenommen, und äußerlich wird dieser von einem zweiten dekorativen

*) Dem Verfasser scheint die Helligkeit der Beleuchtung nicht ganz ausreichend, da die Milchglasglocke sehr viel Licht verschluckt (34%). Es dürfte jedoch nicht schwer halten, ein intensiveres Licht durch geeignete Brenner zu erzeugen.

Trichter d umschlossen, der die Aufgabe hat, ihn von dem Holzwerk zu isoliren. Der verbleibende Luftraum wird bald eine hohe Temperatur annehmen, und wie im vorigen Falle wird eine Luftverdünnung in dem weiteren Kanale vor sich gehen, wodurch die verdorbene Luft aus dem zu ventilirenden Raume angesaugt und abgeführt wird. Die Hitze im Luftkanal ist indessen so stark, daß ein Holzfußboden über demselben nicht anzubringen ist. Es empfiehlt sich daher ein massiver Plattenbeleg an dieser Stelle. Gewöhnlich befindet sich über Versammlungssälen nur der Dachboden, so daß hier die Anbringung der Kanäle keine Schwierigkeiten macht. Ein Nachtheil der Sonnenbrenner ist hier hervorzuheben; er besteht in dem starken Gasconsum, welcher durch die große Entfernung der Lichtquelle, die hier dicht an der Decke sitzt, veranlaßt wird.

Anm. Die saugende Wirkung des Sonnenbrenners läßt sich ohne Schwierigkeit bestimmen. Nach Morin's Versuchen kann man mit 1 cbm Gas 600 cbm Luft evacuiren; wenn daher der in Betracht gezogene Saal 1000 cbm enthält und stündlich 3mal ventilirt werden soll, dann werden $\frac{3000}{600} = 5$ cbm Gas per Stunde erforderlich sein. Der stündliche Gasconsum einer Normalgasflamme ist 0,15 cbm; es sind daher 33 Argandflammen nöthig, welche stündlich einen Kostenaufwand von 5×16 Pf. = 80 Pfennig verursachen. Wie viel angenehmer und gesünder könnte man also mit geringen Kosten den Aufenthalt in öffentlichen Lokalen, Bierhäusern, Cafés u. dgl. Räumen machen!

Welche ungeheure Wirkungen durch die Wärme der Gasflammen erzeugt werden können, wurde in der Großen Oper zu Paris festgestellt. Hier entweichen durch die Lüfteröffnung allein stündlich 100000 cbm Luft, wovon 95% von der Bühne und nur 5% aus dem Zuschauerraum zuströmen, weil für zweckmäßige Zuführung von Luft nicht gesorgt war. Morin schlug zur Abhilfe dieser Uebelstände vor, die Decke ganz zu schließen, sie durchsichtig zu machen und die Beleuchtung oberhalb anzubringen, um die Verunreinigung der Luft durch Kohlenäure zu beheben, und diese Grundsätze wurden bei Einrichtung der Ventilationsanlagen im Theater Lyrique zu Paris von ihm zur Anwendung gebracht. Die verdorbene Luft wird hier an den Stellen abgeführt, wo sie erzeugt wird, nämlich in der Nähe der Logen und des Parkets durch besondere, vergitterte, seitlich angebrachte Oeffnungen an den Parketlogen. Zur Einführung frischer Luft dienen die Deckengesimse und es findet also hier eine Bewegung von oben nach unten statt.

Aber die Erfahrung lehrte bald, daß der Beleuchtungsversuch für ein Theater ein unglücklicher war, denn 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 genügend wirksam. Besser hat sich diese Einrichtung in Versammlungssälen bewährt, welche die reine amphitheatralische Form haben, und wo die Logen sich hinreichend entfernt von dem Glasplafond befinden, so im provisorischen Reichstagsgebäude zu Berlin. (Taf. 55.) Vergl. „Anwendungen“.

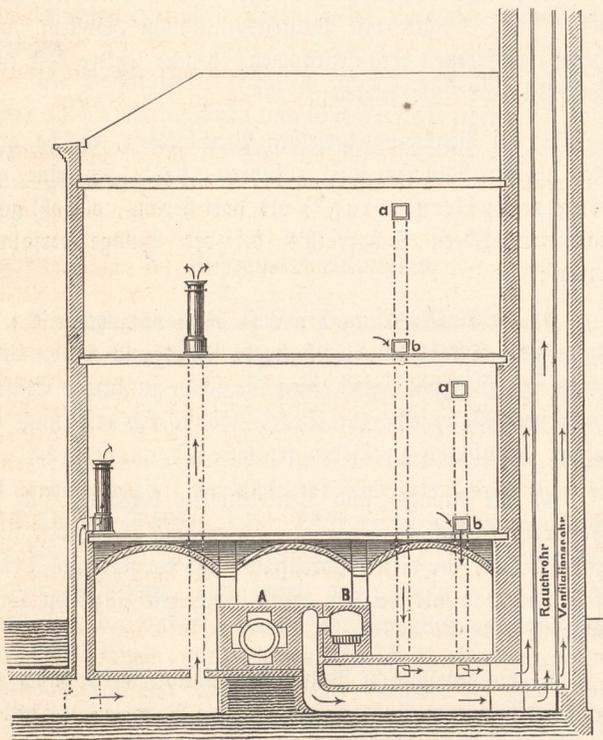
Auch der große Hörsaal des physiologischen Instituts zu Berlin, welcher auf Taf. 52 im Durchschnitt dargestellt ist, erhält Beleuchtung von oben und Abzug von unten (vergl. S. 73).

§. 83.

Nach Erörterung der verschiedenen Methoden, welche bei der Ventilation durch Wärme zur Anwendung kommen können, ist noch das Gesamtarrangement einer derartigen Anlage hier vorzuführen. Als geeignetes Beispiel geben wir das in Fig. 248 dargestellte System der Ventilationsanlage einer städtischen Schule in Berlin, bei welcher die Erwärmung der Klassenzimmer durch Niederdruckwasserheizung stattfindet. Der Abzug geschieht „von unten“.

Im Winter wird hier die frische Luft aus dem unter der Kellersohle eintretenden „Kanal für frische Luft“ angesaugt und strömt erwärmt in die Räume ein. Die Absaugung der verbrauchten Luft erfolgt dann durch die am Fußboden befindlichen Ventilationsöffnungen b, b abwärts in der Richtung der Pfeile, und nachdem der horizontale Kanal passiert worden ist, direkt in den vertikalen Ventila-

Fig. 248.



tionschacht, in dessen Mitte das eiserne Rauchrohr aufsteigt. Dieses nimmt die Verbrennungsprodukte der Kesselfeuerung A auf, verdünnt dadurch die zu evacuirende Luft und zwingt dieselbe zum Aufsteigen.

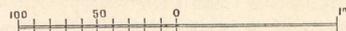
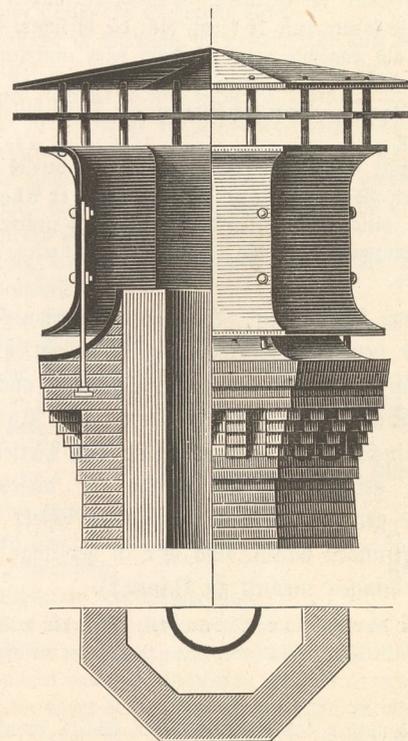
Im Sommer wird die Ventilation durch das Lockfeuer B neben dem Kessel bewerkstelligt. Von dem Rost desselben ziehen die Verbrennungsprodukte links abwärts in

den Fuchs der Kesselfeuerung und in das eiserne Rauchrohr, wobei der Effekt derselbe bleibt, wie im ersten Falle, nur mit dem Unterschiede, daß die verdorbene Luft nicht unten bei b, sondern oben bei a abgesaugt wird. Damit aber nicht beide Verschlußklappen gleichzeitig offen sein können, ist die Vorrichtung so konstruirt, daß die obere sich schließt, wenn die untere geöffnet wird und umgekehrt. Die frische Luft tritt im Sommer auf demselben Wege wie vorher — durch die nicht erwärmten Defen — in die Klassen ein. Im Untersatz der Defen sind Klappen angebracht (Fig. 226 und 226^a) durch welche die Zuströmung frischer Luft abgestellt werden kann. Diese Circulationsheizung tritt immer ein vor Beginn des Unterrichts, weil erst dann, wenn die Klassen gefüllt sind, Zuführung frischer Luft nöthig ist.

In Fig. 249 ist der Aspirationschacht nicht vollständig gegeben. Deutlicher ersehen wir das Gesamtarrangement aus Taf. 45 Fig. 1—5. In drei Grundrissen und zwei Durchschnitten ist hier einer der Pavillons des Städtischen Allgemeinen Krankenhauses zu Berlin dargestellt. Der Ventilationschlot liegt am hinteren Ende jedes Krankensaales. Für die einstöckigen Pavillons beträgt der Querschnitt desselben 1,12 qm; das eiserne Rauchrohr hat 0,60 m Durchmesser. Der Abzug der verdorbenen Luft erfolgt von unten.

Fig. 249 zeigt die Ausmündung des Aspirationschlotes mit seinem aus gußeisernen Platten zusammengeschaubten Aufsatz, welcher

Fig. 249.



sich auf Stechholzen über der im Viertelkreis geformten Grundplatte erhebt. Die Wirkung desselben ist eine über Erwarten günstige. (Vergl. den Bericht über die im Februar und März 1870 veranstalteten Heiz- und Ventilationsproben im berliner Communalblatt, Beilage XVII zu Nr. 28 vom Jahre 1870.) Die Ventilation ist eine so kräftige, daß zur Verminderung resp. Regulirung der abströmenden Luftmengen die Anbringung einer Drosselklappe vor der Schlotöffnung nothwendig wurde; die Stellung dieser Klappe erfolgt vom Saal aus. Zu dem Zweck ist im Schlot ein einfacher Indicator angebracht, dessen im Saal sichtbarer Zeiger den Grad der Luftgeschwindigkeit angibt und so den Anhalt für das Öffnen oder Schließen der Drosselklappe bietet. In der Periode, wo die Heizung ruht, wird an windstillen Tagen der im Heizraum angebrachte Schüttosen 6—8 Stunden geheizt und dadurch regelrechte Lufterneuerung bewirkt.

Während im unteren Krankenfaal der zweistöckigen Pavillons der Abzug von unten durch 16 Abströmungsöffnungen am Fußboden stattfindet, muß im oberen Saal die Abgang der verdorbenen Luft von der Mitte des Saales aus geschehen und zwar à niveau. — Zu diesem Zweck ist ein aus Holz und Blechtafeln construirter, säulenartiger Schlot aufgestellt, in welchen die schlechte Luft über dem Fußboden eintritt, um von hier aus in einem, innen mit Zink beschichteten Kanal von 0,75 qm Querschnitt über dem Dachboden hin nach dem Aspirationschornstein geleitet zu werden. In dem untern Theil des Schlotes, dicht über den Gitteröffnungen ist ein mit Lothbrennern versehenes Gasrohr schräg aufsteigend angebracht, und dadurch wird die saugende Wirkung im Schachte gesteigert. Ein Indicator zeigt die Stärke der im Schlot vorhandenen Luftbewegung jeder Zeit an. Wenn dann im Sommer alle sonstigen Wärmequellen unbemüht bleiben sollen (einschließlich des Coleschüttosens) so genügt ein Aufwand von höchstens 1 cbm Gas, um die Luft des Saales stündlich einmal zu erneuern. Sobald die äußere Luft jedoch + 8° und die innere Luft 19° hat, fällt die besondere Erwärmung des Schlotes als unnöthig fort. Dasselbe wird eintreten, wenn im Sommer die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen sehr gering ausfällt: d. h. wenn die Klappen der Firsventilation geöffnet werden können.

Ein Beispiel für den Abzug von oben ist bereits in Fig. 241 gegeben worden (Sitzungsfaal des Hauses der Abgeordneten zu Berlin), viele andre bieten die verschiedenen neueren Theater und Versammlungssäle, welche in den Anwendungen eingehend besprochen sind.

In dem schon oben, S. 208 erwähnten Krankenhaus des neuen Strafgefängnisses in Plözensee bei Berlin ist neben den bekannten Systemen auch das vielbesprochne Scharath'sche System der Porenventilation versuchsweise für zwei Säle des Mittelbaues zur Anwendung gekommen. Da gerade für dieses Gebäude vorzugsweise genaue Messungen über den Effekt der Ventilation stattgefunden haben, sind wir in der Lage, auch darüber Mittheilungen machen zu können*).

Anlage der Luftzuführungen. Nach den beiden Sälen im Erdgeschos (Mittelbau), welche mit Porenventilation versehen sind, wur-

*) Wir benützten dabei die durch das Königl. Preussische Justizministerium bei Gelegenheit der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege etc. etc. in Brüssel herausgegebenen „Erläuterungen.“ Berlin 1876. (H. v. Decker.)

den 2 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 an den Scheidewänden von je 85 cm Breite und 125 cm Höhe, welche an ihrer zimmerseitigen Begrenzung die sogenannten Porenfelder bilden und unmittelbar über dem Fußboden beginnen. Die Konstruktion der Porenfelder wurde bereits auf Seite 221 besprochen; die Zuleitung der Luft kann für jedes Porenfeld regulirt werden.

Die Luftabführung erfolgt durch den ca. 2,5 cm breiten Schlitz eines an der Decke befestigten hölzernen Kastens, welcher die verdorbene Luft den gemauerten Abzugschlotten zuführt. Die Breite des Schlitzes kann durch Schrauben regulirt werden. Die Abzugskanäle vereinigen sich im Dachboden in Zinkröhren, welche in gemauerte Kanäle übergeführt werden, die nur durch eine Blechwand von den Rauchröhren getrennt sind und mit diesen über Dach ausmünden.

Bei den vor den Porenfeldern angestellten anemometrischen Messungen und Temperaturbeobachtungen ergab sich:

1) daß die aus den Zweigkanälen der Porenfelder ausströmende Luft durchweg geringere Temperatur hatte als in den übrigen mit Pulsionsventilation (System „van Hecke“) versehenen Krankenzimmern, welche letztere fast constant 20—22° C. zeigten;

2) bei Benützung derselben Ventilatoren, welche auch den übrigen Räumen Luft zuführen, stellte sich eine geringere Lufterneuerung*) als dort heraus, obwohl ganz nach den Ideen Scharath's bei der Anlage verfahren wurde;

3) die Ausströmung der Luft fand vorzugsweise nur im obern Theil der Porengewebe statt und wegen ihrer geringeren Geschwindigkeit stieg sie schon in kurzer Entfernung vom Porenfelde zur Decke, wo sie sich erst nach erfolgter Abkühlung zu Boden senkte;

4) Die Anlage- und Betriebskosten berechnen sich bei der Porenventilation wegen der nothwendig werdenden stärkeren Wände, der vielen Porenfelder und der stärkeren Triebkraft theurer als bei der Luftheizung mit einzelnen Öffnungen;

5) die gewöhnliche Pulsionsventilation bietet daher bei erheblich billigeren Anlagelosten alle die Vorzüge dar, welche von dem Erfinder der Porenventilation in Aussicht gestellt wurden.

*) Die Widerstände der Luft werden durch das Gewebe der Porenfelder bei größerer Geschwindigkeit in hohem Grade verstärkt, da z. B. bei einer Vermehrung der Tourenzahl der Maschine zum Betrieb des Regulators um 17% nur eine Effektsteigerung von 6% erreicht wurde. Die starke Reibung in sehr verzweigten Kanälen ist ein zweites Hinderniß des unvollkommenen Effekts.

§. 84.

Künstliche Ventilation durch Maschinen.

Gewöhnlich wendet man Maschinen nur bei großartigen Ventilationsanlagen an, für Theater, große Versammlungssäle, Spitäler, Gefängnisse und Fabriken, in denen ungeheure Dämpfe und Ausdünstungen sich entwickeln, welche eine schnelle Beseitigung erfordern.

Auch in diesem Falle führt man die Abzugsleitungen zusammen in einen allgemeinen Abzugschlot. Man kann nun an dessen Mündung einen Saugventilator ansetzen, der durch Wasser- oder Dampfkraft bewegt wird. Nebenher läßt sich die Wirkung desselben durch Temperaturdifferenz oder die Kraft des Windes (Deflektoren) verstärken und an Tagen, wo die letzteren beiden Mittel allein genügen, kann der Saugventilator ganz außer Betrieb bleiben.

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

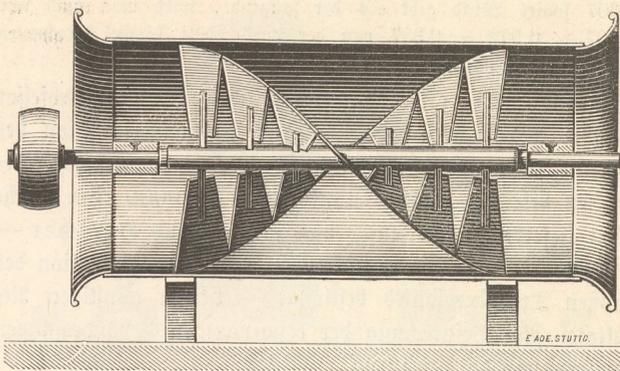
Die Ventilatoren zerfallen ihrer Konstruktion nach in Schraubenventilatoren und Schaufel- oder Centrifugalventilatoren; die letzteren sind entweder mit krummen Schaufeln oder mit ebenen Flügeln versehen.

A. Schraubenventilatoren.

Die erste Anwendung der pneumatischen Schraube zur Lüftung der Bergwerke rührt von dem belgischen Ingenieur Motte (1840) her. Er brachte seinen Apparat in einem vertikalen cylindrischen Schlot an, welcher unterhalb mit den Luftabfuhrschächten, und oberhalb mit der freien Luft communicirte; die Achse der Schraube befand sich in der Achse des Schlotes. Der Effekt wurde nicht unwesentlich vermindert durch das gleichzeitige Entstehen zweier entgegengesetzter Luftströme, von denen der eine in der Nähe der Triebachse, der andere dicht an der Umschließungswand sich entwickelt. Einen entschiedenen Fortschritt bezeichnet: der Schraubenventilator von Guérin, welcher in Fig. 250 dargestellt ist. Er besteht aus 14 trapezförmigen, in zwei Spirallinien um die Achse vertheilten Schaufeln, welche unter einem Winkel von 38° gegen die Rotationsebene und tangential zur Schraubenfläche gestellt sind, welche sich durch ihre Stiele legen läßt.

General Morin hat mit diesem Schraubenrade eine größere Anzahl von Versuchen im Conservatorium der Künste und Handwerke angestellt und die betreffenden Resultate in den Annales du Conservatoire (Tome II) veröffentlicht. Der 0,5 m weite Mantel des Ventilators ging durch einen konischen Stutzen in das 0,3 m weite

Fig. 250.



und 28,5 m lange blecherne Windrohr über, in welchem das Anemometer zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit angebracht wurde.

Man ließ den Ventilator saugend und blasend wirken und aus den angestellten 24 Versuchen, bei denen die Umdrehungen der Schraube von $n = 108$ bis $n = 822$ pro Minute variierten, ergab sich:

1) daß die geförderte Windmenge der Anzahl der Umdrehungen proportional ist und

2) daß sich die pro Sekunde geförderte Windmenge ausdrücken läßt durch die Formel:

$$Q = 0,000731 \cdot n \text{ Kubikmeter} \dots \dots \dots 1.)$$

Sobald der Ventilator nicht saugend, sondern „blasend“ wirkte, war die Bestimmung der wahren Geschwindigkeit des Luftstromes viel schwieriger, weil die vom Schraubenrade in das Windrohr geschobene Luftsäule eine schraubenförmig rotirende Bewegung annimmt, so daß nur Messungen in größerer Entfernung vom Ventilator genügende Sicherheit bieten.

Die Leistung ist übrigens in diesem Falle auch eine geringere, und zwar liefert der Ventilator nur 0,607 soviel Luft, als wenn er saugt, welchen Umstand Morin durch die Wirkung der Centrifugalkraft erklärt. An der Achse der Schraube findet nämlich ein Saugen statt, während die Luft gegen den Umfang hin gedrückt wird, und dort eine drehende, mit vielen Widerständen verbundene Bewegung annimmt, deren Vibrationen noch bis zu 14 und 15 m Abstand im Luftrohr merkbar sind.

Die Nutzleistung ist zu berechnen nach der der Luft mitgetheilten 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 wird diese

Nutzleistung ausgedrückt werden durch:

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

Morin fand im Mittel als besten Wirkungsgrad

für den saugenden Schraubenventilator . . . 0,0840,

„ „ blasenden „ . . . 0,0393,

welche Wirkungsgrade sehr geringe sind.

Der zum Experimentiren gewählte Ventilator hatte 0,48 m Durchmesser und 0,7 m Länge; der cylindrische Mantel war 0,50 m weit. Multiplicirt man die Projection des Guérin'schen Schraubenrades mit der Länge in der Richtung der Achse, so erhält man das Volumen 0,0777 cbm pro Umdrehung und dividirt man damit in die beobachtete Windmenge, so erhält man beim Saugen eine ziemlich konstante Verhältnißzahl für alle Geschwindigkeiten, nämlich im Mittel 0,572.

Für den blajenden Ventilator, welcher, wie erwähnt, nur 0,607 soviel Wind gibt als der saugende, wird man auch nur $0,607 \times 0,572 = 0,337$ von der durch obige Formel berechneten Windmenge erhalten.

Die neueren Schraubenventilatoren von Professor Heger in Wien (angewendet zur Pulsionsventilation des neuen Opernhauses und durch eine Maschine von 12 Pferdekraften betrieben, welche stündlich 40—120000 cbm frische Luft liefert) und derjenige von Genest und Herscher — letzterer 1878 in Paris ausgestellt und zur Ventilation des großen Trocaderoalles bestimmt — liefern günstigere Resultate. Bei Besprechung der erstgenannten Gebäudeanlagen kommen wir darauf zurück.

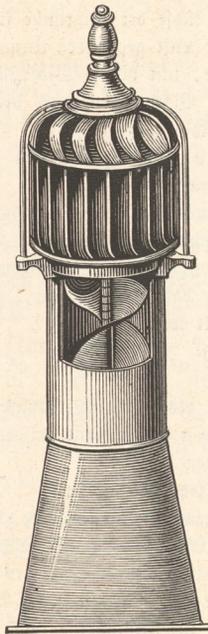
Automatischer Ventilator mit archimedischer Schraube von James Howorth. Diese, auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitslehre und Krankenpflege zu Brüssel 1876 prämiirten Ventilatoren bestehen aus unoxydirbarem, galvanisirtem Eisen mit Firnisüberzug, und funktionieren geräuschlos und mit großer Regelmäßigkeit.

Sie werden über runder, viereckiger und oblonger Basis konstruirt, als Aufsätze für Ventilationslöcher von dieser Grundfläche, aber auch in Laternenform für tramways und Eisenbahnwagen, und kommen in 18 verschiedenen Dimensionen in den Handel (von 15 bis 1,22 m Durchm.).

Die integrierenden Theile dieses Apparates (Fig. 251) sind:

a) Die obere rotirende Kappe, welche mit gebogenen Schaufeln versehen ist und durch den leisesten Wind-

Fig. 251.



strom in drehende Bewegung versetzt wird. Durch die Oeffnungen zwischen den Schaufeln findet bei jeder Nota-

tion ein Ausströmen der verdorbenen Luft im Ventilationslöcher statt.

b) Die archimedische Schraube, mit der Kappe durch eine Spindel verbunden, bewirkt bei der Drehung einen starken, ununterbrochenen, nach oben gehenden Luftstrom, verhindert das Eindringen kalter Luft und macht eine nach unten gehende Luftbewegung unmöglich.

c) Die innerhalb angebrachte Schmiervorrichtung bewirkt einen vollkommen geräuschlosen Gang derselben, wenn sie jährlich ein- bis zweimal mit Del versehen wird.

B. Centrifugal-Ventilatoren.

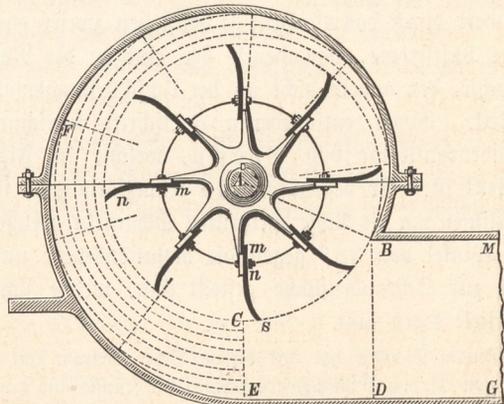
Das System der Schaufelventilatoren — als dessen Begründer der französische Gelehrte Désagulier gilt, welcher der Royal-Society in London um 1734 ein Centrifugalwindrad eigener Konstruktion vorführte und dasselbe 1734 zur Aspiration des Hauses der Gemeinen in Anwendung brachte — hatte bis zum Jahre 1838 keine wesentlichen Verbesserungen erfahren. Erst Combes, dem Chef-Ingenieur der französischen Bergwerke, verdanken wir eingehende Studien über diesen Gegenstand, welche ihn in den Stand setzten, die Theorie dieser Apparate wesentlich zu verbessern. Andere, zahlreiche Versuche rühren von E. Dollfus her und sind publicirt durch die industrielle Gesellschaft zu Mühlhausen in deren Bulletin XVII. S. 1.

Verhältnisse für die Konstruktion der Centrifugal-Ventilatoren.

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

1) Die Excentricität des Gehäuses CE soll nach Dollfus mit der Peripheriegeschwindigkeit der Flügel zunehmen und, bei Geschwindigkeiten von 700 bis 1000 Touren pro Minute, bis $\frac{2}{3}$ von dem Radius R des Schaufelrades betragen. Zur Beschreibung der Abwicklungskurve, Fig. 252, theile man CE und den Bogen BFC

Fig. 252.



des Radiuses in dieselbe Anzahl Theile, schlage durch die Theilpunkte der Strecke CE concentrische Kreise aus der Achse A und die

auf einander folgenden Schnittpunkte der correspondirenden Kreise mit den zugehörigen Radien sind Punkte der Abwickelungskurve, deren tangentielle Fortsetzung die Basis des Windrohres bildet, dessen Breite gleich der Gehäuseweite zu machen ist. Die Höhe dieser Deffnung BD soll genommen werden = $\frac{3}{5} r + CE$ und BM parallel ED.

2) Den Radius R findet man nach Voileau*) aus der Anzahl der Umdrehungen pro Minute und dem Volum Q (in cbm), welches pro Sekunde aspirirt werden soll, mittelst 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 Lambours, durch welche die Luft angeaugt und in Folge der Centrifugalkraft an die Peripherie des Flügelrades geschleudert wird, ist nach Dollfus) gleich der Hälfte der äußeren Schauffellänge.

5) Ein Ventilator von 0,80 m Durchmesser und 0,1 m Flügelbreite kann bei 1500 bis 2000 Touren per Minute, die Luft verdichten bis zu einer Pressung von 20—25 Millimeter Quecksilbersäule. — Ventilatoren mit breiten und kurzen Flügeln liefern nur 10—15 mm Druckdifferenz.

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

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

Auf der ersten internationalen Ausstellung zu London waren die Lloyd'schen (als noiseless fans aufgeführten) Ventilatoren bemerkenswerth, weil sie bis zu 800 und 1000 Umgängen pro Minute frei von dem lästigen Geräusch der gewöhnlichen Ventilatoren blieben. Sie werden als „saugende“ nach Art der Fig. 253 oder als „blasende“ (soufflants) nach Fig. 254 konstruirt.

1) Bei dem saugenden Ventilator waren 6 gekrümmte trapezoidale Schauffeln vorhanden, welche nur bis an die Saugöffnung reichten und deren Schwerpunkt in 0,233 m Abstand von der Achse lag. Der blasende Ventilator hatte 0,77 m Durchmesser und bewegte sich in einem excentrischen Gehäuse von 0,901 zu 1,015 m Durchmesser. Das Metallgehäuse gestattete der Luft an seinem äußeren Kreisumfang den Austritt; auf einer der vertikalen Seiten (in beistehender Figur links) oder auch auf beiden war eine kreisrunde Deffnung angebracht, durch welche das Ansaugen der Luft erfolgte. In der Regel ist zu diesem Zweck, wie in Fig. 251, eine Luftleitungsröhre mit dem Gehäuse verbunden.

2) Der blasende Ventilator nach Lloyd'schem System (Fig. 253) — konstruirt von Gail — ist von dem vorigen etwas verschieden. Die beiden Grundflächen des konischen

Fig. 253.

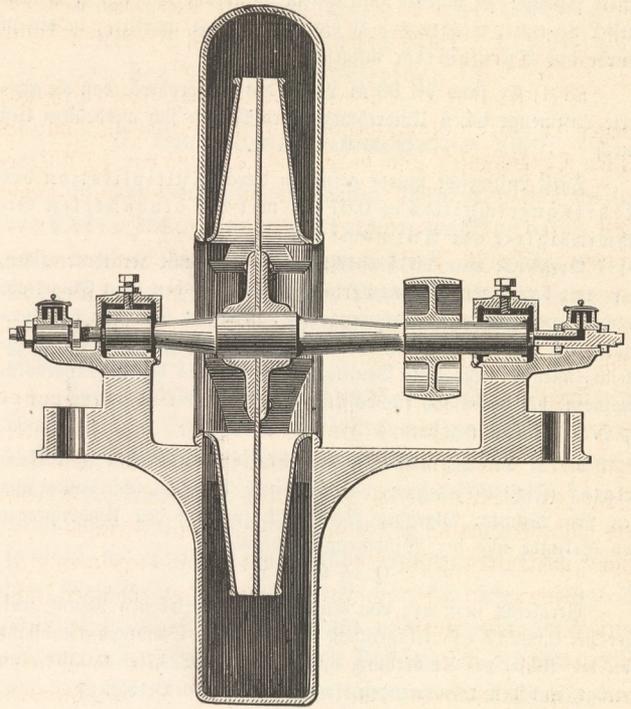
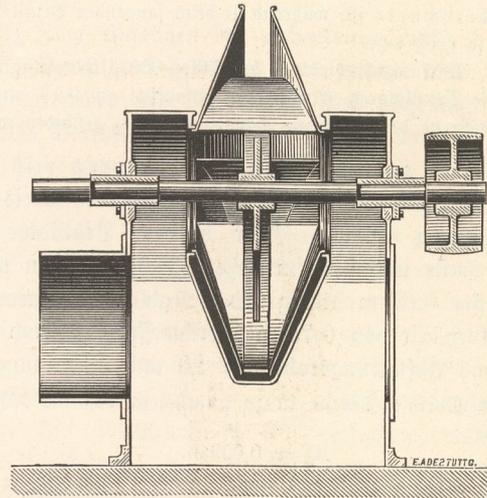


Fig. 254.



Doppelförpers, welcher auf der Radachse aufsitzt, sind durch eine gemeinsame Scheidewand getrennt; ihre Endabstumpfungen der Kegelflächen sind zum Zweck der Aspiration der Luft geöffnet. — Der Ventilator ist in ein eisernes Gehäuse eingeschlossen, in dem er excentrisch aufgehängt und durch zwei ringförmige Dichtungen hermetisch abgeschlossen ist. Die im Centrum angesaugte Luft wird durch die Centrifugalkraft in das ringförmige Gehäuse, welches das Rad umgibt, geschleudert, und entweicht durch eine rechteckige Deffnung, welche sich an das Gehäuse anschließt.

*) Dictionnaire des arts etc. par Laboulaie. 4^e édition.

Dimensionen. Gewöhnlich nimmt Guibal den Querschnitt S des Ventilationsklamins an der Austrittsstelle viermal so groß als an der engsten Stelle der Basis. Sind R und r die äußern und innern Radien der Ventilatorflügel, so macht er $R = 2r$ bis $3r$. R selbst ist $= 3$ bis 7 m; N die Anzahl der Umdrehungen pro Minute $= 40$ bis 90 . Die Breite l des Ventilators wechselt zwischen $1,5 - 2,5$ m.

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

und der theoretische Querschnitt $s' = \frac{V}{v}$. Die Erfahrung lehrt aber, daß, mit Rücksicht auf die Contraction des Stromes, der reine Querschnitt s des Kanales $= 2s'$ sein muß. Da nun die Breite des Querschnitts gleich der Flügelbreite l gemacht wird, so hat man für h die Höhe des Querschnitts den Ausdruck: $s = l \cdot h$.

Nutzeffekt. Die Arbeit in Kilogrammetern, welche ein Guibal'scher Ventilator hervorbringt, ist auszudrücken durch das Ergebnis der pro Sekunde geförderten Luft, multiplicirt mit der durch den Druck erzeugten Depression einer Wasser säule, ausgedrückt in Millimetern. Der Nutzeffekt variiert zwischen $0,30$ und $0,63$ *).

§. 85.

C. Saugende Wirkung eines Dampfstrahles.

In einigen Fällen, z. B. bei den Lokomotiven, wird der Zug dadurch hervorgebracht, daß der aus den Cylindern abgehende Dampf durch den Schornstein geleitet wird. Die saugende Wirkung eines Dampfstrahles, der in einen Aspirations schacht eingelassen wird, kann daher ebenfalls benützt werden, um die zu evacuirende Luft desselben mit sich fortzureißen. Bei den Locomotiven hängt insbesondere die Wirkung von der Druckabnahme ab, welche der ausströmende Dampf in der Rauchkiste hervorbringt. Weder Rauchinhalt der letzteren, noch Höhe des Schornsteins sind von merklichem Einfluß auf den Zug, wie Professor Dr. Zeuner experimentell an einem besondern Apparat erwiesen hat. Aus den Zeuner'schen Formeln folgt:

- 1) daß der Zug proportional ist dem zu seiner Erzeugung aufgewendeten Dampfgewicht und

- 2) daß die saugende Wirkung eines gegebenen Gewichtes Dampf, welcher aus einem gegebenen Schornstein ausströmt, unabhängig von der Spannung desselben ist.

D. Ventilation mit comprimierter Luft.

Zu den Ventilationsmethoden kann man endlich auch das System des Ingenieurs Piarron de Mondésir rechnen, welches derselbe in Gemeinschaft mit den Herren Lehaitre und Julienne in Paris in Versuchen erprobt und zuerst im Pariser Industrie-Ausstellungsgebäude zur Anwendung gebracht hat*).

Das System erklärt sich aus folgendem Experiment: Wird in der Achse eines Metallrohres ein schwaches Einblaserohr befestigt, welches mit einem Behälter für comprimirt Luft communicirt, während am andern Ende schwache Mundstücke von verschiedenem Durchmesser angeschraubt sind, so stößt die heftig ausströmende comprimirt Luft die in dem Metallrohr befindliche Luft vor sich her, zwingt die dahinter befindliche Luft zu folgen und erzeugt dadurch einen Strom, dessen Stärke von dem Durchmesser des Mundstücks und der Spannung der comprimirt Luft abhängt.

Das System kann angewendet werden:

- 1) Lediglich zur Einführung frischer Luft (Industrie-Palast 1867);
- 2) Zum Absaugen der verdorbenen Luft.
- 3) Durch zwei getrennte Kanalsysteme kann die frische Luft eingetrieben und die schlechte Luft abgesaugt werden.

Als Vortheile des Systems wurden vom Erfinder folgende hervorgehoben:

a) Die kräftig saugende Wirkung eines Stromes comprimirt Luft, der ohne Schwierigkeit in jedem beliebigen Raume und in jeder Etage des Gebäudes angebracht werden kann, macht das System leicht anwendbar.

b) Das Zurücktreten der Evacuationsluft aus einem Zimmer oder Saale in den anderen, ist wegen der kräftig saugenden Wirkung des Strahles nicht zu befürchten.

c) Die Zuführung ist eine einfachere, weil nur ein kleiner Theil (etwa $\frac{1}{20}$) des nöthigen Luftquantums auf größere Entfernung durch mechanische Kraft in Bewegung gesetzt zu werden braucht.

d) Als besonderer Vortheil wurde endlich die starke Abkühlung der Luft, in welche die comprimirt eintritt, hervorgehoben; man versprach sich davon gute Dienste während der heißen Jahreszeit.

Das „System Mondésir“ kam zunächst zur Anwendung im Ausstellungspalast zu Paris (1867) und zwar lediglich zum Eintreiben von frischer Luft in die

*) Dévillez. Ventilation des mines. pag. 244.

Brey mann, Bau-Constructiionslehre. IV. Zweite Auflage.

*) Beschrieben in: Communication relative à la ventilation par l'air comprimé par P. de Mondésir.

drei inneren Gallerien des Ausstellungsgebäudes. Es wurden stündlich 7000 cbm frische Luft eingeführt; als Motoren dienten vier Dampfmaschinen von zusammen 105 Pferdekraft. Zwei doppelte Ventilatoren, eine Compressionspumpe und eine Gebläsemaschine dienten zum Comprimiren und Eintreiben der Luft in die Hauptgallerie mit ihren verzweigten radialen und peripherischen Kanälen.

General Morin stellte im August 1857 Beobachtungen über die Wirksamkeit dieser Ventilationsmethode an und zwar in Bezug auf die Temperatur und den mechanischen Effekt (letzteren im Verhältniß zu demjenigen gewöhnlicher Ventilatoren). Er fand am 13. August Nachmittags bei 27° Außentemperatur an der Einmündung des Luftschachtes in die Gallerien des Souterrains:

Die mittlere Temperatur der mit natürlicher Ventilation versehenen Gänge = 28,50 %
 Die mittlere Temperatur der nicht ventilirten Gallerie = 29,62 "
 Die mittlere Temperatur der durch comprimirt Luft ventilirten Gallerien = 27,90 "

Die Temperaturdifferenz zwischen den nicht ventilirten und den mit comprimirt Luft ventilirten Gallerien erhob sich Mittags von 2—3 Uhr nicht über 1,72° C. An weniger heißen Tagen im September war diese Differenz noch geringer (0,25° bis 1,05° C.).

Die Abkühlung der Luft war also keine bedeutende: sie hatte bei 2 m und mehr Einstömungsgeschwindigkeit nicht Zeit, sich an den Wänden des Abkühlungsraumes in der Temperatur herabzumindern.

Die Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft stieg im Mittel auf 2,55 m, bei einer Geschwindigkeit des Injektionsstrahles von 71,02 m: der Wirkungseffekt betrug daher $\frac{2,55}{71,02} = 0,036$ oder $\frac{1}{28}$ der wirklichen Arbeitskraft des Strahles und da letztere nur bis zu $\frac{1}{2}$ der bewegenden Kraft sich steigert, so folgt, daß der Nutzeffekt des Apparates nur $\frac{1}{56}$ der aufgewendeten Bewegungskraft betrug. Nun geben aber die Comprimirungsapparate selbst höchstens 50 % Nutzeffekt, so daß also vom Standpunkt der Mechanik nur rot. $\frac{1}{100}$ der bewegenden Kraft zur Venützung kommt, während — wie wir gesehen haben — bei einem gewöhnlichen Ventilator doch der Nutzeffekt $\frac{12}{100}$ der Arbeitskraft beträgt.

Resumé. In Fällen, wo man zu mechanischen Apparaten keine Zuflucht nehmen muß, ist also ein gewöhnlicher Ventilator viel vortheilhafter.

Auch beim Théâtre Lyrique zu Paris ist die Ventilation mit comprimirt Luft zur Anwendung gekommen; in Betreff der näheren Details müssen wir jedoch auf das Werk von P. de Mondésir verweisen. — Eine durchgreifende Anwendung hat das neue System — wie erklärlich — bisher nicht errungen.

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

Die künstliche Ventilation von Gebäuden erfolgt ent-

weder durch Aspiration oder durch Pulsion, oder endlich durch eine Combination beider Systeme.

Die Aspirationsventilation beruht:

- a) auf dem Effect 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 Aspirations-schachtes im Sou-tterrain des Gebäudes oder im Raume selbst (Heizkamin); die Leuchtapparate (Gasflammen, Ventilationsgloben, Sonnenbrenner) oder die über dem Raume entwickelte Wärme (Beleuchtung über der Glasdecke);
- 2) Heißwasser-spiralen, Warmwasserrohre, Dampfregister, Bunsen'sche Brenner, welche in einem oberen Theile des Aspirations-schachtes aufgestellt werden;
- 3) Die beständige Erwärmung des Aspirations-schlotes mittelst eines, in seiner ganzen Höhe aufsteigenden Rauchrohres.

Durch sämmtliche vorgenannte Mittel wird die Luft des Schachtes — welche mit den zu evacuirenden Räumen communicirt — erwärmt und zum Aufsteigen gezwungen, weil der aërostatifche Druck die warme Luft nach oben treibt.

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

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

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

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

§. 86.

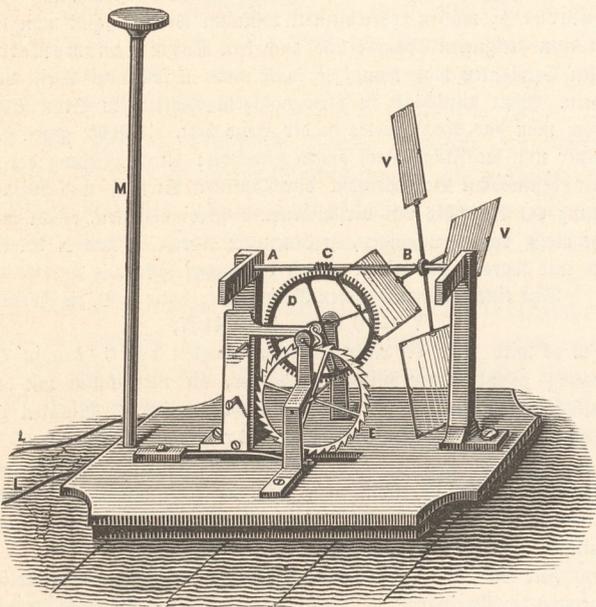
Ehe wir zur praktischen Anwendung der im vorstehenden Paragraphen gegebenen Methoden der Ventilation übergehen, haben wir der Mittel zu gedenken, durch welche die Geschwindigkeit und die Temperatur eines Luftstromes ge-

messen, der richtige Gang der Ventilationsanlage controlirt und die effektive Leistung derselben beurtheilt werden kann.

Die Instrumente, welche zur Messung der Geschwindigkeit eines Luftstromes dienen, in einem gegebenen Querschnitt, nennt man **Anemometer**. Die gebräuchlichsten sind die Anemometer von **Combes** und **Morin**.

1) Das Anemometer von Combes*) besteht aus einer dünnen Stahlachse AB (Fig. 256), welche in feine Zapfen endigt, die in Achslagern laufen. An dem einen Ende

Fig. 256.



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

*) Erfinden 1838 von Combes und in der Folge von Reumann konstruirt. Combes hat insbesondere das Verdienst, für das Instrument eine genaue Formel bestimmt zu haben. — Eine vervollkommnete Form hat der Mechaniker Clair dem Instrumente gegeben.

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 Hunderte abgelesen; man kann also von 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 mittelst 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 Ankers eines Elektromagneten geschehen.

Beim Gebrauch des Instrumentes werden zuerst die Nullpunkte der Räder den Indices gegenüber gestellt; dann bringt man bei eingerückter Schraube das Instrument in den Luftleitungskanal und befestigt es so, daß die Flügel vom Strome auf der äußeren Seite, parallel der Achse des Instrumentes, getroffen werden. Sobald die Flügel in gleichförmiger Drehung sind, rückt man das Rad D ein und liest gleichzeitig auf einer Sekundenuhr 50 Sekunden ab (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 50 Sekunden von den Flügeln gemachten Umdrehungen ab, woraus sich die Zahl der Touren pro Sekunde bestimmen läßt.

2) Das Anemometer von Morin (Fig. 257 und 258) unterscheidet sich von dem vorhergehenden dadurch, daß es mehrere Flügel von Aluminium statt der vier Glimmerflügel besitzt, daß dieselben größer und in Form der Schraubenflächen gestaltet und widerstandsfähiger für Messung starker Geschwindigkeiten sind. Auch der Zählapparat gestattet eine größere Anzahl von Touren abzulesen. Die Achse A, welche das Flügelrad trägt, ist bei B ausgebaucht und trägt, wie oben beschrieben, die Schraube ohne Ende, welche in ein Rad von 100 Zähnen eingreift. Auf der Achse dieses Rades befindet sich ebenfalls in der Mitte eine Schraube, welche die Bewegung auf ein zweites Rad überträgt, das ebenfalls 100 Zähne hat. Die Welle E dieses Rades trägt an ihrem vorderen Ende ein drittes Rad F, welches bei jeder Umdrehung von E um einen Zahn weiter rückt. Dieses Rad F hat 50 Zähne, man kann also bis zu $100 \times 100 \times 50 = 500,000$ Touren an dem Instrument ablesen. Zwei kreisförmige Zifferblätter, welche man bei Fig. 257 in der Horizontalprojektion sieht, sind nun in M resp. N befestigt, und vor ihnen drehen sich gleich-

Fig. 257.

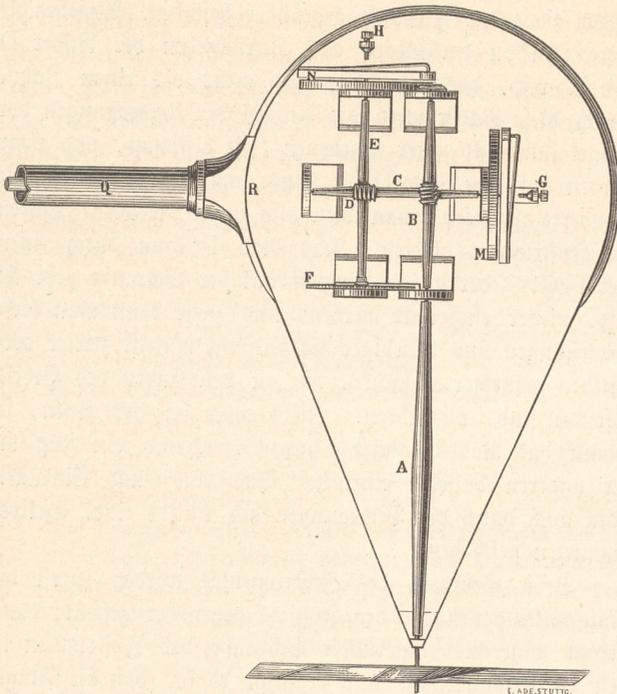
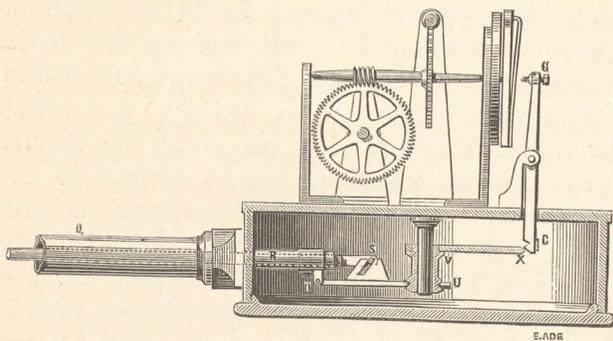


Fig. 258.



zeitig mit den Radachsen C und E Zeiger, welche rechtwinklig an der Radachse befestigt sind. Die Umfänge der Zifferblätter sind in 100 Theile getheilt und von 5 zu 5 Theilen numerirt. An jedem Zeiger geht ein dünner Draht entlang, der sich am Ende rechtwinklig umbiegt und mit einer in Druckerschwärze getauchten Spitze endigt, welche gegen das Zifferblatt gefehrt ist. Bei der Drehung der Zeiger streifen diese Spitzen dicht über den Zifferblättern hin, ohne Spuren zu hinterlassen. Drückt man aber gegen den Griff der Stange R, deren Fortsetzung innerhalb der Handhabe Q des Instruments punktiert ist, so wird die Gabel TU, und das damit in Verbindung stehende Hebelwerk UVX vorschoben und dadurch den Balancier G G' in Bewegung setzen, wobei der Punkt G die Spitze jedes Drahtes zwingt, sich für einen Moment gegen das Zifferblatt zu bewegen und dort einen Punkt zu markiren. Auf solche Art bezeichnet man auf beiden Zifferblättern den An-

fangs- und den Endmoment des Versuchs und hat dann nur zwischen den beiden Marken abzulesen.

Für die vorgenannten und alle ähnlichen Anemometer wird die Geschwindigkeit und die Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde in einer Formel zusammengefaßt analog der nachstehenden

$$V = a + b \cdot N.$$

In dieser Gleichung bezeichnet:

V die Geschwindigkeit in einer Sekunde,

a eine constante Zahl, welche die geringste Geschwindigkeit angibt, bei der das Anemometer sich in Bewegung setzt,

b einen constanten Coëfficienten,

N die Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde.

Die Zahlen a und b, die sogenannten Constanten des Instrumentes, müssen experimentell bestimmt werden. Hat man keinen dazu geeigneten Apparat und auch kein Normalanemometer, dessen Constanten man kennt, so kann man in folgender Weise verfahren. Man durchläuft in gleichmäßigem Schritt ein Stück Weg, indem man das Anemometer in der Hand hält, die Achse gegen den Körper und die Flügel nach außen gewendet; durch Messung der in einer bestimmten Sekundenzahl durchlaufenen Strecke, und Wiederholung des Versuches mit verschiedenen Geschwindigkeiten, erhält man eine Reihe von Gleichungen, in denen die Werthe V und N bekannt sind und woraus sich also a und b bestimmen lassen.

Das eine der Combes'schen Anemometer hatte z. B. die Formel:

$$V = 0,12 m + 0,141 N,$$

d. h. es wird schon bei einer Luftgeschwindigkeit von 0,12 m in Bewegung gesetzt, einer Luftgeschwindigkeit, die man kaum mit dem Gefühl wahrnehmen kann. Es dient während 2-3 Minuten zur Messung von Geschwindigkeiten bis zu 4 m in der Sekunde.

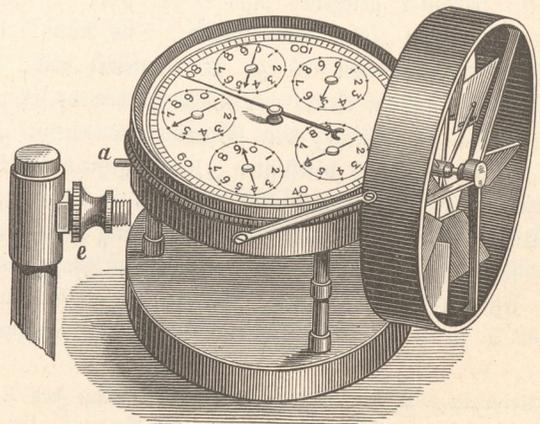
Mit dem Anemometer, welches nach Morin's Angabe von Bianchi construirt ist, kann man während einer bedeutend längeren Zeitdauer selbst bei einer Geschwindigkeit von 20 bis 30 m in einer Sekunde Beobachtungen machen.

Für das im Besitz des Conservatoriums zu Paris befindliche Anemometer Morin'scher Construction ist die Formel gefunden worden:

$$V = 0,40 m + 0,143 N.$$

3) Ein zu langwährenden Beobachtungen geeignetes Instrument ist das Anemometer von Regretti und Zambra in London, welches Fig. 259 darstellt. Dasselbe kann

Fig. 259.



auf den Schuh l aufgeschraubt und durch diesen ein Stock gesteckt werden, um Messungen an der Zimmerdecke, in

Kanälen zc. bequemer ausführen zu können. Das Konstruktionsprincip 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 Versuchs ist das Zählwerk, welches bequem, wie das Zifferblatt der Uhr, abgelesen werden kann, ausgerückt. Die durch die Zeiger gegebene Zahl wird notirt und das Instrument dann in den Luftstrom gebracht. — Sobald die Einrückung des Zählwerks bewirkt wird, beginnt die Messung, bei der man eine Sekundenuhr zu Hülfe 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 notirten, dividirt durch die Sekundenzahl, die während des Versuchs verflossen, ist die Luftgeschwindigkeit, welche noch mit der üblichen Correction nach der Formel oder der Anemometer-Tabelle zu versehen ist.

Ein anemomètre totalisateur mit elektrischem Zähler, welches 12—24 Stunden arbeitet, wurde nach Morin's Angaben von Hardy konstruirt. Dieses Anemometer ist besonders zur Controle eines regelmäßigen Ventilationsbetriebes geeignet. Der Zähler wird im Kabinet des Dirigenten angebracht und gestattet diesem sich zu jeder Stunde zu überzeugen, ob der Ventilationsapparat richtig arbeitet.

Das Instrument, welches zur Controle des Ganges der Ventilation im Conservatorium in Paris dient, arbeitet Monate lang. Zum Unterhalt dient eine kleine Säule von Quecksilbersulphat mit verdünnter Schwefelsäure.

Methode der Beobachtungen mit dem Anemometer.

Will man in einem Schornstein, Heißluftkanal oder Ventilationschlote Beobachtungen über die durchströmende Luftmenge anstellen, so hat man vor der Zuflussöffnung ein 0,60—0,80 m langes Rohr aus Zink anzusetzen, welches möglichst genau mittelst eines Kranzes an die Oeffnung anschließt*). Diese Röhre muß so groß sein, daß man in derselben das Anemometer auf eine Entfernung von 0,15 bis 0,20 m von der Mündung aufstellen kann, damit die Beobachtungen an einer Stelle gemacht werden, wo die Luftströmung nahezu regelmäßig ist. Die Art des

*) Bei den Ventilationsproben (mit dem Anemometer von Neumann in Paris), welche in den Pavillons VII und VIII des städtischen Krankenhauses angestellt wurden, wurde vor der Absaugöffnung ein hölzerner Kasten angebracht, in den sich das Anemometer seitlich einführen ließ. Vergl.: Erbka, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1875, S. 454.

normalen Luftzutrittes in den Apparat darf in keiner Weise geändert werden, und der Querschnitt des Zinkrohres muß genau mit dem der Zutrittsöffnung übereinstimmen. Für die Anemometer 1. und 2. genügt ein Durchmesser von 0,14 m für das Ansaugrohr.

Soll die Luftmenge gemessen werden, welche aus einem Heizkanal strömt, so bedient man sich ebenfalls eines Rohres von Zink, das an der Basis die Form der Austrittsöffnung hat. Das Anemometer vor die Vergitterung des Heizkanals anzubringen, genügt nicht, weil man auf diese Weise nur ungenaue Resultate erhält.

Ist der Querschnitt des Kanals sehr groß im Verhältniß 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 Ventilationschlotes oft sehr wechselt.

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 Querschnitts nöthig wurden, woraus sich bei oftmaliger Wiederholung Coëfficienten von genügender Genauigkeit feststellen ließen, mit welchen die im zugänglichen Punkt beobachteten Strömungen multiplicirt wurden, um eine mittlere Geschwindigkeit zu erhalten.

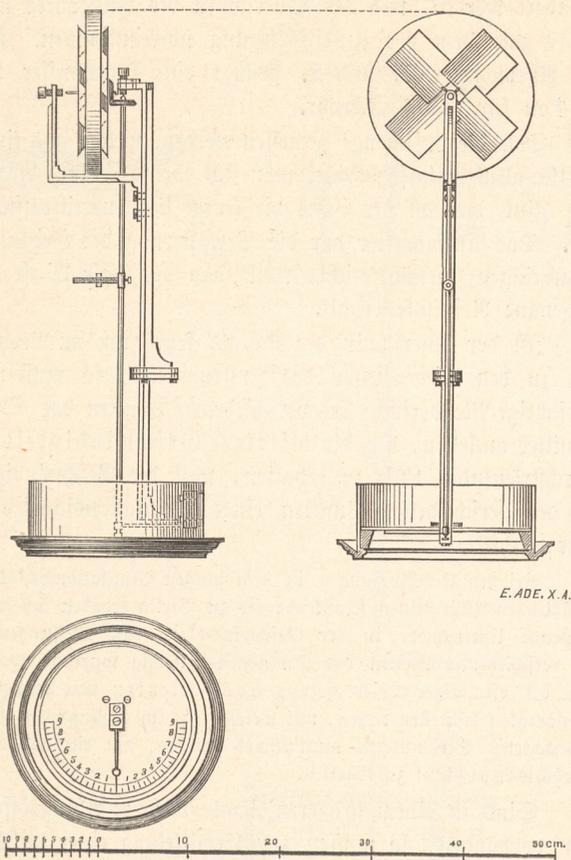
Sind in einem größeren Saale mehrere Abzugsöffnungen vorhanden, so müssen zur Ermittlung einer mittleren Geschwindigkeit stets mehrere Messungen, am Anfang und am Ende und zu beiden Seiten des Saales vorgenommen werden.

Indicatoren. So vortheilhaft 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 nöthig, 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 umstehenden Indicators eingerichtet werden, welcher in den Ventilationschlotten des Allgemeinen Krankenhauses in Berlin zur Anwendung gekommen ist. Nachdem durch Anemometermessungen festgestellt worden war, welche Geschwindigkeit die Luft im Schlot haben müsse, wenn die vorgeschriebene Lüfterneuerung eintreten soll, wurde in den Schlot ein einfach konstruirter Indicator, Fig. 260, eingeschaltet, der ebenfalls als Flügelrad hergestellt ist. Ein im Saal sichtbarer Zeiger gibt den Grad der Luftgeschwindigkeit im Abzugschlote an und so den Anhalt für das Öffnen oder Schließen der Drosselklappe, welche an der unteren Schachtmündung angebracht ist.

Die Messung der Temperaturen erfolgt durch Thermoskope und Thermometer. (Bei sehr hohen Tempera-

Fig. 260.



turen, beispielsweise zur Messung der Temperatur im Brennraum einer Feuerungsanlage, dienen Pyroskope und Pyrometer.)

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

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 Réaumur in	80,
„ Celsius in	100,
„ Fahrenheit in	180

theile getheilt ist. Der Gefrierpunkt befindet sich bei Réaumur und Celsius auf 0° , bei Fahrenheit auf $+32^\circ$; der Siedepunkt liegt demnach bei Réaumur auf 80° , bei Celsius auf 100° , bei Fahrenheit auf 324° .

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

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

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

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

Als thermometrische Flüssigkeit wird vorzugsweise Quecksilber angewendet. Gewöhnliche Weingeistthermometer sind nur für sehr niedrige Temperaturen geeignet; sie dürfen höchstens bis $+50^\circ$ gehen.

Zuweilen benützt man zur Temperaturmessung „Thermotelegraphen“, d. h. Instrumente, welche selbstthätig an einem beliebig gelegenen Orte durch zwei verschiedene Glockensignale anzeigen, daß der Raum, in dem sie sich befinden, entweder eine bestimmte höhere, oder daß derselbe eine bestimmte tiefere Temperatur angenommen hat.

Als thermometrische Substanz dient auch dann Alkohol als Isolator der Elektrizität und treibt bei seiner durch Erwärmung erfolgenden Ausdehnung in der Uförmig gebogenen Glasröhre einen Quecksilberfaden vor sich her. In den Apparat sind Platindrähte eingeschmolzen, von welchen aus Drahtleitungen an denjenigen Ort führen, der das Signal empfangen soll. Dasselbst sind zwei elektromagnetische Läutewerke angebracht, von welchen das eine zu läuten beginnt, wenn das Quecksilber die obere Grenze des gewünschten Temperaturintervalles erreicht hat, das andere, wenn es an der unteren Grenze angelangt ist.

Ähnlichen Zwecken dient das oben S. 203 erwähnte elektrische Metallthermometer mit variabler Kontaktvorrichtung von H. Köstke. Ausführliche Beschreibung und Abbildungen desselben findet man in Nr. 13 des „Rohrleger“ Jahrg. 1879, S. 207.

§. 87.

Praktische Anwendungen.

Die Anwendung der, in den Paragraphen 78—86 vorgeführten, Prinzipien und Methoden der Ventilation auf die rationelle Lüftung der verschiedenen Gebäude-Gattungen hier vorzuführen, würde bei weitem unser Ziel überschreiten; wir werden uns daher begnügen, nur solche Beispiele folgen zu lassen, welche in der Technik am Häufigsten zur Ausführung gelangen, als Wohnräume, Schulen, Auditorien, Sitzungssäle politischer Körperschaften, Theater, öffentliche Lokale und Versammlungssäle, Krankenhäuser, Gefangenenanstalten, Kasernen. Die Ventilation verschiedener Arten von Fabriken und Arbeitsräumen, in denen Dämpfe und der Gesundheit schädliche Gase erzeugt werden, liegt dagegen den Zielen dieses Buches fern.

I. Die Ventilation 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 keinerlei Rück-

sicht genommen. Für Abführung des Verbrauchswassers und der Excremente wird gesorgt, an die Entfernung der verbrauchten Luft denkt der Erbauer nur in den seltensten Fällen und nur, wenn sich ihm die Nothwendigkeit dazu aufdrängt.

Große Wohnungen, in denen 5—6 Familienglieder über ebensoviele Zimmer verfügen, bedürfen allerdings einer künstlichen Lüftungs-Einrichtung kaum: hier genügt in der Regel dasjenige Quantum Luft, welches durch natürliche Ventilation (Thüren, Fenster und Fugen der Baumaterialien) eindringt. Wo aber, wie in den Arbeiterwohnungen, kinderreiche Familien in einem kleinen Wohngefaß 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 Lüftungs-Anlagen versehen sein müßten.

Für diese kleinen Wohnungen der Arbeiterhäuser oder sogenannten Miethskasernen sind nun complicirte und theure Ventilations-Anlagen von französischen und englischen Philantropen zwar 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 Corridore durch angemessen vertheilte Schloten mit der äußeren Luft in Verbindung gebracht werden, wobei die Luftzuführung auch von oben her, unter Einfluß der pressenden Wirkung der Luftströme erfolgen kann, falls von der Straße oder den Höfen eine solche Zuleitung aus hygienischen Gründen — namentlich in sehr engen Höfen — unthunlich wäre.

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

Zur Abfugung der verbrauchten Luft können russische Röhren benützt 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 Abfugung der schlechten Luft durch die Wahl angemessener Oefen.

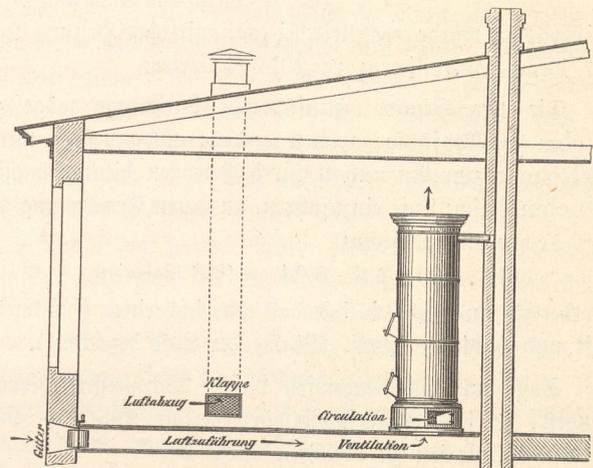
Zu diesen kann unter Anderen gerechnet werden:

Der Ventilations-Rachelofen des Ingenieur Born, Reichspatent Nr. 142, in der Ausführung von D. Titel in Berlin, mit eingelegtem Circulationsrohr, welches die schnelle Erwärmung des Raumes sichert. Die unter der Decke eintretende frische Luft mischt sich hier mit den heißesten Schichten am Plafond, sinkt temperirt hinab und wird am Sockel des Ofens abgefaugt, um von hier durch

ein erwärmtes Rohr in Höhe der Ofendecke in den Ventilationskanal zu gelangen.

Ähnliche Tendenz verfolgt der Rachelofen mit Ventilation von G. Romberg in Berlin, D. Reichspatent Nr. 18. Hier ist zwischen Ofen und Wand ein abgeschlossener und durch seine Lage starker Erhitzung ausgesetzter Raum hergestellt, durch welchen zwei Thonröhren geführt sind. Die Luft wird in denselben derart erwärmt, daß sie aufsteigt. Das eine Rohr communicirt mit der Außenluft durch einen Blechkanal im Fußboden, der nach der Außenwand geführt ist (oder mit einem Zuführungschanal in der Corridorwand) und mündet über der Ofendecke in das Zimmer ein: es wird also continuirlich frische und erwärmte Luft in das Zimmer geführt. Das zweite Rohr ist unterhalb des Ofenrostes durchgeführt und mündet am Ofenfuß in das Zimmer, während es oberhalb in ein dicht am Rauchrohr aufsteigendes Ventilationsrohr übergeführt ist. Endlich auch werden die in §. 38 besprochenen Circulations-Oefen mit doppeltem Mantel von Leras, Meidinger, Kustermann und Geiseler zur Einführung frischer und erwärmter Luft in Wohnräume mit großem Vortheil benützt. Für die Abführung eines gleichgroßen Quantums verbrauchter Zimmerluft muß alsdann durch Anlage eines günstig gelegenen Ventilationskanals gesorgt werden. Die Zuführung frischer Luft findet von unten her in den Zwischenraum zwischen Heizkörper und Mantel statt und kann demnach eine Höhlung des Fußbodens zur Luftzuführung dienen. Dieser Kanal wird dicht an der Frontwand

Fig. 261.

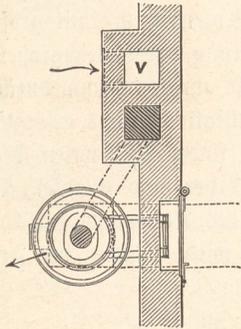
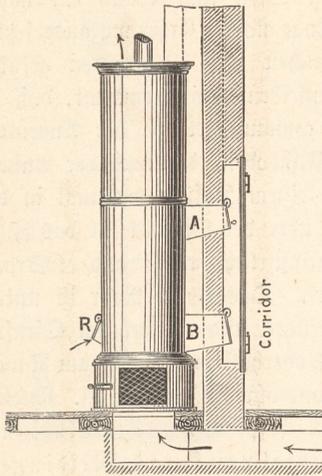


mittelft Drosselklappe regulirt, resp. geschlossen. (Vergl. Fig. 261, Ventilation eines Zimmers durch Circulations-Oefen.)

Auch der Ventilations-Ofen von Möhrlin in Stuttgart, Fig. 262, ist an dieser Stelle zu nennen. Die

Bedienung des Heizkörpers erfolgt im vorliegenden Falle vom Corridor her. A ist der Füllschacht, B der Aschkasten. Durch die Regulirthür 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 ist das Abzugsrohr für verbrauchte Zimmerluft.

Fig. 262.



Soll nun für einen bestimmten Fall ein Zimmerofen mit Rücksicht auf Ventilation gewählt werden, so ist wie in früheren Beispielen gezeigt wurde, der Wärmeverlust durch Transmission zu berechnen und diesem der Wärmeverbrauch für die Ventilation hinzuzufügen.

Hierzu mag das Zahlenbeispiel des §. 49, S. 114 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 2950 Calorien.

Die pro Stunde zuzuführende Luftmenge möge zu 20 cbm pro Kopf angenommen werden; alsdann sind, wenn das Zimmer zum Aufenthalt für 5 Personen dient, stündlich 100 cbm frische Luft einzuführen, zu deren Erwärmung bei 30° Temperatur-Differenz

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

erforderlich sind (wobei 1,3 das Gewicht eines Cubikmeter Luft und 0,24 die specif. Wärme der Luft bezeichnet).

Soll nun ein Kachelofen diesen Wärmeeffekt hervorbringen, so ist der Gesamtwärmeverlust $2950 + 936 = 3886$ Calorien zu dividiren durch 1600.

Es sind demnach erforderlich $\frac{3886}{1600} = \text{rot. } 2,43$ qm Kachelfläche; der Sockel wird nicht als Heizfläche gerechnet.

In der Regel findet nun kontinuierliche Beheizung in Wohngebäuden nie statt; wenn aber der Kachelofen nur während der Tagesstunden Wärme abgeben soll, so sind

obigen 2950 Calorien (nach Redtenbacher) noch 20% hinzuzufügen, so daß sich ergibt:

der Wärmeverlust durch Transmission . .	3540 Cal.,
" " " " Ventilation wie oben	936 "
Stündlicher Gesamt-Wärmeverlust	4476 Cal.

Hiernach vergrößert sich die Heizfläche auf $\frac{4476}{1600} = \text{rot. } 2,8$ Quadratmeter. Es genügt daher ein Ofen von 3 Rachel Länge, 2 Rachel Breite und — ohne Sockel — 7 Schichten Höhe; sein Flächeninhalt ist $(3 + 2) \cdot 2 \cdot 0,20 \times 7 \cdot 0,23 = 3,22$ Quadratmeter.

Ein gußeiserner Ofen von $\frac{4476}{4000} = 1,12$ qm würde denselben Effect liefern, und würde sich dazu wegen seiner gleichförmigen Wärmeabgabe ein Regulirofen von Geiseler, Nr. 4 des Fabrikverzeichnisses, eignen, welcher die gewünschte Heizfläche besitzt.

Der auf Taf. 21 dargestellte größere Ofen hat die Nr. 2^a und genügt bei starker Ventilation für ein Zimmer von 180 cbm.

In England und in Amerika ist die Kaminheizung bekanntlich von jeher ganz besonders beliebt und für Wohnungen kaum durch eine andere Heizmethode zu verdrängen; das mildere Klima Englands und sein Reichthum an guten Steinkohlen begünstigen eben diese Sitte in hohem Grade; auch ist der Comfort, den sie dem Raume verleihen, durch kein anderes Heizsystem zu erreichen, obwohl dabei thatsächlich nur 15% der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme durch Strahlung im Zimmer nutzbar gemacht werden. Die übrigen 85% entweichen mit den Verbrennungsprodukten in den Schornstein und liefern das Mittel, durch welches die verdorbene Luft der Wohnräume constant abgesaugt wird. Auch imitirt das offene Feuer am meisten die Wirkung der Sonnenstrahlen und alterirt die Beschaffenheit der Luft in keiner Weise. — Alles dies spricht also sehr zu Gunsten der Kaminheizung.

Was aber die allgemeinere Anwendung der Kamine verhindert, ist die ungleichmäßige Art der Wärmevertheilung*), welche nur die dem Feuer zugewendete Seite (d. h. Gesicht und Kopf) erwärmen, während ein Strom kalter Luft von den Fenstern her sich auf dem Fußboden hinzieht und Füße und Rücken durch Kälte belästigt, denn dieser kalte Luftstrom kann zuweilen eine Temperatur von nur wenigen Graden über Null haben.

In Amerika, wo die Kaminheizung ebenfalls sehr beliebt ist, pflegt man übrigens außer dem Heizkamin noch

*) Um Verbesserung der Kamine hat sich der Ingenieur-Kapitän Douglas Galton verdient gemacht. Den Ventilations-Kamin von Douglas Galton haben wir — für deutsche Verhältnisse umgeformt — in §. 32 beschrieben und auf Taf. 18 in Fig. 1—4 dargestellt.

irgend einen andern Heizkörper (Dampfregister, Schlangenhöhren oder dergl.) und zwar in der Fensterbrüstung aufzustellen. Alle in der Brüstung eintretende frische Luft wird dann an dieser Stelle nur angemessen vorgewärmt, man hat also eine kühle, belebende Luft zum Athmen, während der Körper durch direkte Strahlung des Heizkörpers erwärmt und jeder Zug verhindert wird. Die eintretende reine und vorgewärmte Luft steigt aber bei ihrem geringen Wärmegrade auch nicht sogleich nach oben, sie thut es nur nach und nach in dem Sinne, wie sie erwärmt wird: die obere Klappe des Ventilationskanals kann daher konstant offen bleiben. Die schlechte Luft am Fußboden wird durch Oeffnungen an der Schauerleiste, welche mit einem Kanal unter dem Fußboden correspondiren, abgesaugt, und letzterer mündet in den Ventilationskanal.

Im Ganzen legt der Amerikaner mit seinem auf das Praktische gerichteten Sinne mehr Werth auf die Vorzüge einer rationellen Lüftungsanlage als wir Deutschen. Es wird dies wesentlich begünstigt durch die Form des amerikanischen Wohnhauses, das nur eine Familie beherbergt, obwohl auch das Miethshaus nach deutschem Zuschnitt nebenbei zur Geltung kommt.

Wir entnehmen dem obengenannten Werke von L. W. Leeds den Plan für die Lüftung und Beheizung eines städtischen Wohnhauses, das in der 14. Straße, in der Nähe der V. Avenue liegt, und unter Leitung des Autors erbaut wurde. Fig. 263 stellt den Grundriß des „Basement“ und Fig. 264 denjenigen vom 1. Stock dar; über diesem befinden sich noch ein zweiter und dritter Stock, welche Schlafräume, Fremdenzimmer u. dgl. 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 Warmwasser-Heizapparat.

Die Zimmer werden sämmtlich mit direkter Strahlung geheizt, einige haben nämlich offene Kaminfeuer, andere werden durch Wasserspiralen erwärmt, an einzelnen Fenstern liegen Röhre 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 markirt. Die Abführung der Hitze von den Gasflammen wird durch Ventilationsrosetten bewirkt und ziehen die Verbrennungsprodukte auf kurzem Wege in Blechanälen innerhalb der Balken-Decke nach dem nächsten Rauchrohr. Die Kochküche (mit besonderem Vorflur) liegt im Basement. Damit der Haus-Flur und das Treppenhaus nicht durch die von der Küche ausgehenden Speisegerüche erfüllt, andererseits auch Küchenbunst und Wärme leicht aus der Küche abgeführt werden können, ist seitlich — in ziemlicher Entfernung vom Herde — ein Ventilationschlot V angebracht, welcher 0,80 zu 1,0 m Seiten-Abmessung enthält.

Fig. 263.

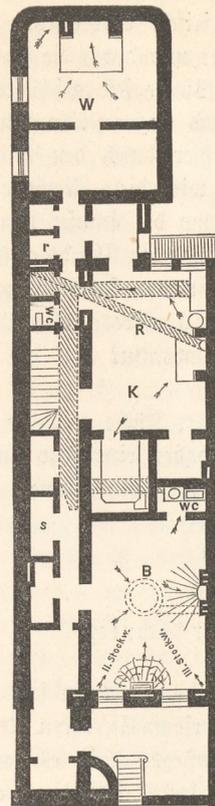
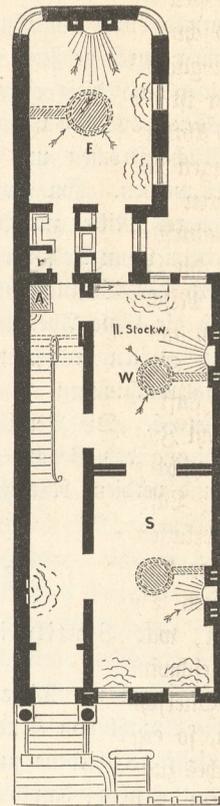


Fig. 264.



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; die abgehende Wärme der Verbrennungsprodukte wird daher eine konstante Luftverdünnung im Schlot hervorrufen. (Vortheilhafter wäre es, das Rauchrohr aus Eisen herzustellen und in Mitten desselben aufzurichten.) Beide Theile, Schlot und Rauchrohr sind 22 m hoch aufgeführt, wodurch ein starker, aufsteigender Luftstrom erzeugt wird.

Durch den großen Schlot werden nun im Basement der Küchenkorridor, die Spülküche S und zwei Closeträume (W, C), ferner die Kochküche ventilirt: in der letzteren befindet sich der Abzug direkt über dem Spülfaß, und die Dunsfleitung erfolgt überall durch, zwischen den Balken eingelegte, Blechanäle. Auch der offene Kamin im Billardzimmer dient in bekannter Weise zur Lüftung. — Im ersten Stock sind sämmtliche Zimmer zu gleichem Zweck 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 der Küchenkorridor und die Kochküche mit großen

Ventilationsregistern in der Decke versehen sind, so wird beiden 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 V abgeführt werden. Im Sommer wird diese Methode sogar als schätzbare Mittel zur Abkühlung des Hauses verwendet werden, denn wenn die unteren Räume des Abends geschlossen sind, wird der Ventilationschlot weiter funktionieren und demgemäß die kühle Abendluft durch obere Fensterflügel in die Räume treten und deren Temperatur für die Nacht wesentlich herabstimmen.

Resumé. Die Ventilation der Küche und die allgemeine Lüftung des Gebäudes ist daher eine sehr gute zu nennen und verdient Nachahmung in jedem Sinne.

§. 88.

II. Ventilation der Schulen.

Volksschulen. Diese Gebäude, in denen sich täglich eine große Anzahl von Kindern versammelt, deren Reinlichkeit eine sehr verschiedene zu sein pflegt, macht es ganz besonders notwendig, daß die Luft des Schulraumes allezeit reinlich und frisch, aber dennoch frei von Zugluft sei, weil die Kinder in der Regel im erhitzten Zustande daselbst anzulangen pflegen. Je schlechter nun hier die Luft, desto größer die Gefahr der Ansteckung, welchem 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 Uebelstände 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 aller Orten großartige Gebäude entstehen, welche der Jugendbildung gewidmet sind. In diesen Anstalten, welche den Kindern nur zu vorübergehendem (4—6stündigem) Aufenthalt dienen, pflegt erfahrungsmäßig 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 nöthigen Gänge, für den Tisch des Lehrers und sonstige Schulrequisiten erfordert, so daß auf jedes Kind 1,0—1,2 qm Grundfläche bei 4 m Höhe zu rechnen ist. Der für ein Kind erforderliche Luftcubus stellt sich daher auf 4—4,8 cbm.

Aber hiermit ist den Anforderungen an gute Luft im Schullokale noch keineswegs Genüge geschähen; dieselbe muß

vielmehr in der Stunde etwa 3—4 Mal erneuert werden, so daß für jedes Kind stündlich im Durchschnitt 15 bis 20 cbm frische Luft eingeführt und evacuiert werden müssen. Auf dieser Grundlage wird also die Berechnung der Ventilations-Vorrichtungen, der Querschnitt der Abzugskanäle und des Ventilationschlothes erfolgen müssen.

Auch die Stellung des Gebäudes zur Sonne kann 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 Corridore der Schulen sollen stets nur auf einer Seite mit Classen besetzt, auf der anderen mit Fenstern versehen und womöglich so eingerichtet sein, daß sie die Kleidungsstücke, welche die Kinder ablegen, aufnehmen können. In der Schweiz und in München hat man eigene Garderoben neben den Schullokalen angebracht, welche ebenfalls ventilirt werden können. Rasse Ueberkleider, Kopfbedeckungen, Schirme und Ueberschuhe müssen hier abgelegt werden, so daß im Schullokale von der Feuchtigkeit, die sich daraus entwickelt, nichts verspürt wird.

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

Ideale Forderungen in Bezug auf Heizung und Ventilation der Schule. Nach dem gegenwärtigen Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege und auf Grund fortgeschrittener wissenschaftlicher Erkenntniß kann die Praxis freilich nicht in allen Theilen den gestellten Anforderungen gerecht werden, gleichwohl ist es angemessen, auch diese idealen Forderungen hier zu präcisiren*).

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

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

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

4) Die Ventilation soll die Zufuhr einer Luft ermöglichen, welche in qualitativer Beziehung weder mit Staub, noch mit schädlichen Gasen oder Infektionsstoffen gemischt ist, noch in Betreff der Feuchtigkeit zu Ausstellungen Anlaß gibt und in Betreff der Quantität so oft erneuert werden kann, daß die Verunreinigung durch den Athmungsprozeß

*) Nach dem „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. Commissions-Verlag von C. Beelitz 1879. 5 Bogen Octav mit 11 Anlagen.

der Schüler nie eine die Gesundheit gefährdende Grenze erreicht.

Die Forderung ad 2) wird am leichtesten bei der Lokalheizung erreicht, denn der Vorzug des Kachelofens beruht auf der langsamen Wärmeabgabe bei starkem Reservations-Vermögen. Ein Zimmer mit starker Transmission kann also durch Lokalheizung diesen Verhältnissen entsprechend erwärmt werden.

Dagegen hat die Central-Luftheizung den Uebelstand, daß die Erwärmung eines Raumes von der Erwärmung der übrigen Räume, die von derselben Kammer versorgt werden, abhängig ist. Auch schafft die Verschiedenheit der Lage und die wechselnde Windrichtung schwerer zu beseitigende Uebelstände als bei Lokalheizung.

Während nun in Bezug der Wärme-Regulierung die Schwierigkeit auf Seiten der Luftheizung liegt, ist in Rücksicht der Ventilation die Lokalheizung in entschiedenem Nachtheil, weil mit der Luftheizung die Ventilation untrennbar verbunden ist, denn Heizluft ist Ventilationsluft.

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

Die Forderung ad 3) wird am zuverlässigsten von der Luftheizung erfüllt, denn die in den Berliner Schulen angestellten Beobachtungen haben ergeben, daß die Temperatur-Zunahme vom Fußboden nach der Decke pro Meter die Höhe, unter normalen Verhältnissen,

bei Kachelofen-Heizung	1,30° C.,
bei Circulations-Heizung	0,80—1,15° C.,
und bei gleichzeitiger Ventilation nur	0,42—0,62° C.

betragen hat.

Ueber die Bewegungsrichtung der ausströmenden Luft sind schon oben Mittheilungen 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 diese erreicht durch Wasserheizung mit Pulsionsventilation, welche den Klassen durch Filter oder Dampfstrahlen gereinigte, im Winter angemessen erwärmte, Luft zuführt. Eine derartige Schule, von der man sich sehr befriedigende Resultate verspricht, ist zur Zeit im Bau.

Während sich in Deutschland die Ventilation 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 Mischkammern zur Anwendung gebracht. Dieses System ist auch von Morin für die Ventilation der beiden Amphitheater im Conservatoire des arts et métiers zur Anwendung gebracht und im nächsten Paragraphen zu besprechen.

Eine andere Konstruktions-Methode eigenthümlicher Art ist die von dem Amerikaner Lewis W. Veeds erfundene*).

Er sucht die Mittel, durch welche die Natur eine Bewegung 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 den Oberflächen derselben hervorrufen. Hieraus wird gefolgert, daß die Hauptaufgabe der künstlichen Ventilation darin bestehen sollte, die Umfassungen eines Raumes zu erhitzen und hierdurch eine analoge Wirkung in Betreff der neu eingeführten Luft zu erzielen. Er schlägt zu diesem Zweck vor, die Wände und den Fußboden so hoch zu erwärmen als dies durch die Sonne geschieht, (auf 30 bis 32° C. und die Wände auf 43°—46° C.).

Um dem Fußboden dies Wärmequantum zuzuführen, leitet Veeds die verbrauchte Luft durch zahlreiche horizontale Kanäle im Fußboden ab und legt zur Unterstüzung in einzelne derselben Dampfrohren. Die Erwärmung der Wände erfolgt ebenfalls mittelst Dampfrohren, welche hinter einer Verkleidung von Schiefer-, Eisen- oder Thonplatten gelagert sind. In den Fensternischen befinden sich wegen des dort stattfindenden großen Wärmeverlustes besondere Dampfheizkörper aufgestellt. Die frische Luft wird durch die Fensterbrüstungen eingelassen mit nach oben gerichteter Strömung; hier mischt sie sich sofort mit der bereits vorgewärmten Zimmerluft. Zur Abführung der verbrauchten Luft sind in Mitten des Gebäudes große Ventilationschloten aufgeführt, welche von den Rauchröhren der Heizapparate durchzogen werden. Zur Sicherung der Saugwirkung werden außerdem noch Heizschlangen im Schlot angebracht.

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

Ausgeführte Beispiele.

Die Ventilations-Anlagen einiger neu erbauten Schulgebäude sind schon bei den Heizungen in dem vorhergehenden VIII. Kapitel gegeben worden und zwar im Zusammenhange mit den damit verbundenen Heizungs-Vorrichtungen.

A. Volksschulen.

a) Eine Anwendung der Luftheizung nach Kelling'schem System zeigt die Heizungs-Anlage der Volksschule am Albanithor in Göttingen, Taf. 37—39, S. 61

*) Nach Spon's Dictionary of engineering etc. London 1874. Div. VIII. In deutscher Uebersetzung im I. Jahrgang des „Nochleger“ Nr. 3 u. f.

im Text. Die verschiedenen Modificationen der Winter-, Frühjahr- und Herbst-, sowie der Sommerventilation sind speciell durchgeführt. Die Abführung der verbrauchten Luft wird durch Deflektoren unterstützt.

b) Taf. 46 gibt in Fig. 1—5 die Einrichtung einer Warmwasser-Niederdruckheizung im Schulhause zu Westervik in Schweden. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt durch einen Aspirationschacht, welcher von dem Rauchrohr der Kesselfeuerung erwärmt wird.

c) Die Ventilations-Anlage einer durch Niederdruck-heizung erwärmten Berliner Communalsschule ist in Fig. 249 des Textes dargestellt. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt in derselben Art wie bei b.

B. Höhere Lehr-Anstalten.

d) Auf Taf. 46^a und S. 181 im Text haben wir endlich die Anlage der Warmwasser-Mitteldruck-heizung in der neuen Realschule zu Darmstadt gegeben. Der Ventilationsbedarf ist pro Kopf und Stunde auf 11 cbm festgesetzt; die Erwärmung der Ventilationsluft erfolgt hier durch eine besondere Heißwasser-Heizung und nur bis zu dem Wärmegrade der Zimmerluft (20° C.): die Ventilation ist daher vollständig von der Heizung getrennt. Hiermit ist gleichzeitig der Vortheil verbunden, daß jedes Zimmer sein wohl bemessenes Quantum frischer Luft empfängt und daß diese in Folge geringer Erwärmung ihre ursprüngliche Reinheit behält. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt in gemauerten Kanälen bis über Dach und wird deren Abzug durch Deflektoren unterstützt.

Anm. Eine zweckmäßige Ventilations-Anlage hat der Ingenieur Johannes Haag in Augsburg für die neu eröffnete höhere Töchtersschule am Schletterplatz in Leipzig eingerichtet. Auch hier ist die Heizung (Mitteldruck-Wasserheizung) von der Ventilation getrennt. Die Zimmer, welche nach einer und derselben Himmelsrichtung liegen, haben je für sich ihre getrennte Feuerung erhalten.

Die Einrichtung ist nun so getroffen, daß die Klassenzimmer des Morgens direkt angeheizt werden und die Ventilation erst in Gang gesetzt wird, wenn die Klassen gefüllt sind. Die Erwärmung der Ventilationsluft erfolgt durch Warmwasser-Heizröhren nur bis zum Wärmegrade der Zimmerluft, dieselbe tritt über Kopfhöhe in die Zimmer ein, und die verbrauchte Luft wird im Winter durch Oeffnungen im Fußboden in vertikal absteigende Kanäle geleitet, welche in den Sammelkanal münden, der sie zum Aspirationschlot leitet. Letzterer ist in ähnlicher Weise, wie Taf. 46 zeigt, durch den eisernen Schornstein des Heizapparates erwärmt. Im Sommer dagegen zieht die verbrauchte Luft durch Oeffnungen unter der Zimmerdecke in gemauerten Kanälen bis nach dem Dachraum (vergl. d. ähnliche Anlage Taf. 39) und von dort durch Deflektoren über Dach. Die Regulirung des zu- und abströmenden Luftquantums kann vom Souterrain aus durch den Heizer geschehen. Hier befindet sich auch die Lufterwärmungs-Kammer für die Ventilationsluft; an einem Winkelthermometer kann der Heizer stets die Temperatur der Ventilationsluft ablesen, während die Temperatur der Schulräume vom Corridor aus durch Wandschlitze controlirt wird, in denen innerhalb des Zimmers Thermometer hängen.

Dasselbe System ist auch in der Kunstgewerbeschule zu Pforzheim, im neuen Schulgebäude zu Fürth und in der Staats-Realschule zu Wien (Bezirk II) zur Ausführung gelangt.

C. Zeichen-Säle für Tages- und Abend-Benützung.

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 nöthig erhöhen, so muß durch zweckmäßig angebrachte Zug-Oeffnungen, verbunden mit reichlicher Luftzufuhr, die Wirkung der Verbrennungswärme des Gases paralyfirt werden.

Wollte man hier die Abzugs-Oeffnungen 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, bringe man die verstellbaren Abzugsgitter möglichst in der Decke — und wo dies nicht angänglich, unter derselben — an und Sorge für Zuführung frischer Luft in Höhe von mindestens 2—3 m über dem Fußboden.

Wird derselbe Saal jedoch vorwiegend bei Tage benützt und ist er dennoch mit „Abzug von unten“ versehen, so thut man gut, auch für den Abendunterricht diesen Weg der Circulation beizubehalten, um die Vertheilung der eingeströmten frischen Luft zu erleichtern. Man erhält dadurch eine doppelt wirkende Ventilation, eine solche für die leichten Verbrennungsgase der Beleuchtung, die nach oben steigen und dort entweichen, und eine zweite zur Luftreinigung der unteren Schichten.

Der Querschnitt der Abzugs-Oeffnungen ist zu bestimmen unter der Annahme, daß die Temperatur der Verbrennungsluft 35° beträgt. Das frisch eintretende Luftvolum bestimmt sich aus der Menge der stündlich durch die Flammen erzeugten Wärme (vergl. §. 78 Nr. 2) und aus der Temperatur der Luft bei ihrem Eintritt in den Saal. Diese letztere darf nicht höher als 15° sein, und die von den Schülern erzeugte Wärme darf die Temperatur des Saales nicht über 20° bringen. Auf solche Art kann man die Temperatur der Saalluft in die Rechnung mit 20° und diejenige des Ventilationskanales mit 35° einführen; kennt man noch die Temperatur der Außenluft und die Höhe H^1 des Kamins, so ist nach dem Früheren der Querschnitt des Abzugschlotes bestimmt.

§. 89.

III. Auditorien und amphitheatralische Hörsäle.

Im Allgemeinen bleiben auch bei den Schulen für Erwachsene, den Hörsälen der technischen Hoch-

schulen und Universitäten alle in §. 88 aufgestellten Con-
 struktions-Prinzipien maßgebend, mit dem Unterschiede, daß
 Luftkubus und Ventilationsbedarf nach den Zahlen der
 Morin'schen Tabelle — soweit sie nicht etwa durch das
 specielle Bedürfniß zu modificiren sind — festgestellt
 werden.

Beim Bau der beiden Amphitheater des Con-
 servatoriums in Paris wurde das stündlich pro Zu-
 hörer erforderliche Luftquantum auf circa 25 cbm festge-
 setzt; Zu- und Abführung der Luft sollte lediglich durch
 Aspiration erfolgen. — Die im Jahre 1862—1863 beob-
 achteten und publicirten Resultate dieser nach Morin's An-
 gaben ausgeführten Heizungs- und Ventilations-Anlage er-
 gaben eine große Regelmäßigkeit der inneren Luft-Tempe-
 raturen und eine Evacuationsgröße von mehr als 3000 cbm
 pro Stunde bei einer auf beide Auditorien vertheilten Zahl
 von 1000 Zuhörern.

Wir geben Beschreibung der Einrichtung dieses großen
 Amphitheaters, da es das früheste Beispiel einer wohl
 funktionirenden Ventilations-Anlage bei beträchtlicher Luft-
 erneuerung (1800 cbm pro Stunde) darbietet*). Zwei Luftheizkam-
 mern dienen zur Erwärmung des Hörsaales und seiner Nebenräume.
 Die größere Kammer befindet sich unterhalb des Experimenten-Tisches
 des Professors.

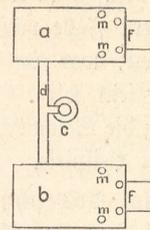
Vor Eintritt der Zuhörer findet die Erwärmung des Audito-
 riums durch 4 Ausströmungs-Öffnungen m in den Winkeln des
 polygonen Saal-Abschlusses statt; diese werden bei Beginn der Sitzung
 geschlossen. Vier weitere Austritts-Öffnungen erwärmen die beiden
 Seitencabinete und das Laboratorium, welche unmittelbar an die
 Saalwand grenzen. Damit Zugluft beim Öffnen der Thüren und
 des Schalters vermieden werde, hält man diese Nebenräume etwas
 höher in der Temperatur als den Hörsaal. Die kleinere Luftheizkam-
 mer dient zur Erwärmung des Vestibuls und Treppenhanges, welches
 zum Conservatorium emporführt. Um Zug beim Öffnen der Haupt-
 Eingangsthür zu vermeiden, hält man auch diese oberen Vorräume
 höher in der Temperatur als den Saal. Die Thüren schlagen nach
 der Saalseite hin auf und schließen sich von selbst.

Der größeren Luftkammer wird die zur Erwärmung bestimmte
 Luft durch einen gewölbten Kanal aus dem Hofe zugeführt. Zur
 Abführung der verbrauchten Luft dienen 82 Öffnungen in den Futter-
 stufen der terrassenförmigen Sitzreihen, welche ursprünglich zusammen
 einen freien Abzugsquerschnitt von 6,022 qm darbieten und nachträg-
 lich etwas vergrößert worden sind.

Für die beiden Amphitheater a und b Fig. 265a ist in der
 Mitte des Hofes ein gemeinschaftlicher Evacuations-schlot
 c errichtet. Derselbe ist nach oben verzüngt, hat 18 m Höhe, 2,6 m
 untern und 2,1 m obern Durchmesser. An seinem Fuße münden
 die beiden Kanäle ein, welche die verdorbene Luft aus den beiden
 Auditorien abführen; sie haben bei 2,48 m Höhe einen freien Quer-
 schnitt von je 2,59 qm und communiciren mit den Abzugsöffnungen
 in den Terrassen der Sitzreihen. Zwei Thüren an der Einmündung
 des Kanales in den Schornstein dienen — je nach Bedürfniß — zur
 Regulirung des Zuges im Aspirations-schlot. In 1,6 m Höhe über

*) Ausführliche Zeichnungen gibt Morin in seinen Études etc. und Wazon, Rappports etc. Taf. V.

Fig. 265 a.



der Sohle des Schlotes liegt der Kofel für die Aspirationsfeuerung; seine totale Fläche beträgt 1,502 qm.

Die frische Luft wird (nach Morin's Grundsätzen) möglichst ent-
 fernt von den Zuhörern in den Saal eingeführt, d. h. durch die
 Decke, und die Einrichtungen sind so getroffen, daß sie mit einer
 Temperatur eintritt, die nur wenig höher als diejenige des Saales
 ist. — Die Dachsparren sind verschalt und gepußt und ist dadurch
 eine Luftkammer geschaffen, in welcher die Mischung der warmen und
 der oberhalb Zutretenden kalten Luft vor sich geht. Dieser Raum ist
 in zwei Abtheilungen gebracht, eine größere für den Saal und eine
 kleinere für die Vorräume. Die erstere erhält die warme Luft aus
 der Heizkammer f durch den Heizungs-kanal g von 1 qm Querschnitt,
 der sich in Höhe des Bodenraumes horizontal fortsetzt und endlich bis
 zur vollen Breite der Luftkammer erweitert. Um nun die Temperatur
 der Heizluft nach Maßgabe der Außentemperatur zu moderiren, ist
 eine breite mittelst Klappen verstellbare Öffnung von 5,95 qm Quer-
 schnitt im Dachwerk angebracht, durch welche mit Hilfe des Registers
 ein größeres oder geringeres Quantum frischer Luft eintreten kann.
 Die Summe der Zuströmungs-Querschnitte für die warme und kalte
 Luft ist also 6,95 m und diese Luft wird lediglich durch die aspirirende
 Wirkung des Schachtes angelockt, hat sich in der Luftkammer zu
 mischen und mit einer mittleren Temperatur in den Saal einzutreten.

Der Kanal für warme Luft, welcher die kleinere Kammer ver-
 sorgt, hat 0,48 qm Querschnitt und die Registeröffnung der kalten
 Luft 2,25 qm, zusammen 2,73 qm, so daß überhaupt der Einstrom-
 mungs-Querschnitt der beiden Mischkammern

$$6,95 + 2,73 = 9,68 \text{ qm}$$

beträgt. Das Volum der stündlich eingeführten Luft betrug circa
 18,000 cbm, oder pro Stunde 5 cbm. Die mittlere Durch-
 gangsgeschwindigkeit in den Eintritts-Öffnungen ist daher:

$$\frac{5,00}{9,68} = 0,51 \text{ m in der Sekunde, also eine außerordentlich mäßige.}$$

Die warme Luft der Mischkammer tritt durch 11, im Plafond
 gleichmäßig vertheilte Kassetten ein, welche zusammen 11,737 qm
 freien Durchgangs-Querschnitt darbieten. Da nun pro Sekunde
 5 cbm debütiert werden, so beträgt die mittlere Einstromungs-Ge-
 schwindigkeit der warmen Luft 0,42 m, welche um so weniger lästig
 werden kann, als die neu eintretende Luft nur wenig höher erwärmt
 ist, als die Luft im Saal. —

Mit dieser Methode der Zuführung ist gleichzeitig das Pro-
 blem gelöst, welches wir als „Abzug von unten“ bezeichneten.

Resumé. Obwohl der Effekt der Anlage ein relativ
 recht guter ist, dürfte doch die Anordnung nicht in allen
 Stücken nachahmenswerth sein, weil man nicht im Stande
 ist, den Zuhörern während der Sommermonate auch eine
 kühle Luft zuzuführen. Der Bodenraum ist nämlich im
 Sommer sehr heiß und empfiehlt sich daher für diese Jahres-

zeit eine entgegengesetzte Luftbewegung, d. h. Eintritt der Luft durch die Stufen vom Souterrain her und „Abzug von oben“. Im andern Falle müßte für Kühlung durch Maschinen gesorgt werden, was im Dachraum nur in seltenen Fällen angänglich sein wird. Vortheilhafter gestaltet sich nach dieser Richtung die Sommerventilation in dem auf Taf. 49—52 gegebenen Beispiele.

Der große Hörsaal des physiologischen Instituts zu Berlin (vergl. den Durchschnitt Taf. 52) wird ebenfalls mit erwärmter Luft geheizt, welche in halber Höhe, d. h. unter dem Fußboden der Gallerie durch 14 kleinere und 2 größere Ausströmungs-Öffnungen mit zusammen 1,559 m Querschnitt eingeführt wird. Die frische Luft wird mittelst zweier Einfall-Schächte aus dem geräumigen, gartenähnlichen Hofe der Anstalt entnommen (vergl. S. 73), und zwar wird sie beim Betrieb der Heizung durch Aspiration in die Luftkammern gesogen — wie im Amphitheater des Conservatoriums — und durch die Futterstufen der Terrassen abgesaugt. Wenn die Heizung ruht, erfolgt die Luftzuführung auf demselben Wege, aber mit Hülfe des Ventilators, d. h. durch Pulsion. Das stündlich zu evacuirende Luftquantum beträgt 4000 cbm. Die Einströmungs-Geschwindigkeit ist demnach $\frac{4000}{3600 \cdot 1,55} = 0,77 \text{ qm.}$

Die Regulirung der Temperatur des Saales erfolgt (unter Mitwirkung von Contactthermometern) vom Souterrain aus durch Einstellung der Mischklappen. — Die Konstruktion der Heizungsanlage ist im VII. Abschnitt detaillirt beschrieben.

IV. Die amphitheatralisch gebauten Sitzungssäle der Parlamente

sind bisher nach zwei verschiedenen Prinzipien ventilirt worden, entweder mit „Abzug von unten“ oder mit Zuströmung von unten und „Abzug von oben“. Bis zum Ausgang der fünfziger Jahre galt es als unumstößliches Dogma, daß die frische Luft von unten zuströmen müsse und dies Prinzip wurde denn auch beim Bau des Parlamentshauses in London mit allen damals bekannten Mitteln zur Anwendung gebracht.

Anm. Die frische Luft wird in diesem Gebäude von der Themseseite her entnommen, tritt in die geräumige Mischkammer, passiert — je nach der Jahreszeit oder dem Bedürfnis — einen Sprühregen und erwärmt sich dann an Gournev'schen Dampfbatterien. Durch eine Klappenvorrichtung kann das Verhältniß zwischen erwärmter und kalter Luft beliebig geändert werden.

Nachdem alle Staubtheile und Unreinlichkeiten in einem Gasfilter zurückgeblieben sind, steigt die Luft gereinigt und auf einen angemessenen Grad erwärmt, aufwärts nach dem Sitzungssaale. Die Einlaß-Öffnungen 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 Spre-

cher und Heizer ist eine telegraphische Verbindung hergestellt, denn da die Zahl der anwesenden Mitglieder fortwährend wechselt, muß die Regulirung der Temperatur und der Ventilation unter dessen unmittelbarer Controle gehalten werden. Ist das Haus leer, so werden Reserve-Heizapparate in Thätigkeit gesetzt.

Die verdorbene Luft wird durch die Kassetten in der Decke mittelst Absaugen entfernt, außerdem leistet die Gasbeleuchtung, welche in beiden Häusern unter der Decke angebracht ist, wirksame Dienste für Entfernung der verdorbenen Luft.

In den letzten beiden Decennien hat man sich dagegen mit Entschiedenheit für den „Abzug von unten“ ausgesprochen, um die Verunreinigung der Saal-Luft durch das Aufwirbeln des hineingetragenen Staubes zu verhindern. Die Schwierigkeit der Abführung von Verbrennungs-Produkten der Gasbeleuchtung wird dann (wie auf Taf. 52) durch die Verlegung der Gasbrenner oberhalb der transparenten Saaldecke umgangen. Ein noch günstigeres Mittel aber ist geboten durch die Anwendung elektrischer Beleuchtung (vergl. S. 78, S. 215), deren Wärmeentwicklung eine höchst unerhebliche im Verhältniß zur Leuchtkraft ist.

Als Beispiele neuerer Anlagen nennen wir:

I. Das Palais de la Nation zu Brüssel*.) Die Heizungs- und Ventilations-Anlagen desselben sind nach dem Plane des Professor Pauli zu Gent ausgeführt. Die Heizung geschieht durch Warmwasser-Cirkulation und die Ventilation wird durch einen Ventilator von Guibal (S. 84 d) mittelst Pulsion bewirkt. Taf. 54 gibt einen Theil vom Querschnitt und Längenschnitt des Gebäudes. In diesem erkennen wir bei d den Guibal'schen Ventilator, b und b' sind Theile des Ventilator-Schachtes, der sich bis unter das Dach hinaufzieht. E ist das Expansionsgefäß der Wasserheizung. Zum Betriebe des Ventilators dient eine Lenoir'sche Maschine von drei Pferdekraft. Das Wasser wird mit Hülfe zweier Kessel erwärmt und die Cirkulationsrohre befinden sich zum Theil in dem vertikalen Ventilator'schlot b und zum Theil in dessen horizontaler gewölbter Fortsetzung m. In dieser letzteren mischt sich die aufgestiegene Heizluft mit der bei s eintretenden kalten Luft des Schachtes b': der Kanal m ist also als Mischkammer zu bezeichnen.

Der Sitzungssaal wird nun in seinem ganzen Umfange von einem ringförmigen Kanal o umgeben. Durch die Öffnungen q, welche das Deckengesims in kurzen Abständen durchbringen, tritt aus dem Sammelkanal o die angemessen erwärmte Luft mit einer Geschwindigkeit von höchstens 0,70 m in den Saal ein. Durch Schieberverschlüsse ist für gleichmäßige Vertheilung und Mischung der warmen und kalten Luft derart gesorgt, daß eine vorgeschriebene Normaltemperatur innegehalten werden kann.

*) Nach Mittheilungen des Prof. S. Valerius zu Gent in dessen „Applications de la Chaleur.“ III. Edition. Paris 1879.

Die verbrauchte Luft entweicht wiederum durch Öffnungen q in den Stufenabfäken der Sitzreihen, und der Raum unterhalb des terrassenförmigen Podiums communicirt mit zwei vertikalen Schächten h , welche in die Kanäle g eingeleitet sind und die schlechte Luft nach dem Aspirations-schacht e' führen, dessen Zug durch das eiserne Schornsteinrohr der Kesselanlage wesentlich erhöht wird.

Berechnung der Ventilations-Kanäle. Die Querschnitte der Evacuationsröhren sind so gewählt, daß die Luftgeschwindigkeit pro Sekunde folgende Zahlen nicht überschreitet:

Für die Öffnungen q^1	0,70 m,
„ „ vertikalen Kanäle h	1,60 m,
„ „ horizontalen Leitungen g	1,50 m,
„ den Aspirations-schlot e	2,00 m.

Die Ventilation des Sitzungs-saales wurde berechnet zu 400 Personen und zwar zu 30 cbm pro Kopf und Stunde; das stündlich einzuführende Quantum frischer Luft ist also 12,000 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 Einströmungs-Öffnungen ist demnach $3,33 : 0,70 = 4,75$ 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 Ventilations-schacht h ist 1 m per Sekunde, der Querschnitt dieses Schachtes ist daher 3,33 qm.

Die verbrauchte Luft bewegt sich mit 0,70 m Geschwindigkeit in der Sekunde, der gesammte Abzugsquerschnitt der Evacuations-Öffnungen beträgt demnach $3,33 : 0,70 = 4,75$ qm, so daß jede der 104 Öffnungen bei oblongem Querschnitt 0,14 zu 0,30 Seitenabmessung erhält.

Die Geschwindigkeit in den horizontalen Leitungen war = 1,50 m per Sekunde festgesetzt, wonach die Summe ihrer Querschnitte $3,33 \cdot 1,50 = 2,25$ qm beträgt.

In gleicher Art findet sich der Querschnitt des Evacuations-Kamines zu $3,33 \cdot 2,00 = 1,66$ qm.

Bestimmung der Heizflächen. Es wurde im Programm festgestellt, daß die Temperatur des Saales constant auf 18° bei -5° Außentemperatur gehalten werden sollte (welches nahezu die in Belgien beobachtete niedrigste Wintertemperatur bezeichnet). Hiernach wird bei einer stündlichen Luftzuführung von 12,000 cbm der Wärmeverlust sich beziffern auf:

$$12,000 \cdot 1,30 \cdot 23 \cdot 0,237 = 85,000 \text{ Calorien,}$$

und wenn man in den Leitungen vom Ventilator bis zur Ausströmung einen Wärmeverlust von 25 % oder 21,000 Cal. rot. annimmt, wird der stündliche Gesamt-Wärmebedarf $85,000 + 21,000 = 106,000$ Calorien betragen.

Andererseits kann man annehmen, daß ein Quadratmeter Fläche der Warmwasser-Circulationsröhren stündlich 400 Calorien abgibt, die nötige Transmissionsfläche berechnet sich daher auf

$$1060 : 400 = 265 \text{ Quadratmeter.}$$

Prof. Pauli behauptet, ohne es jedoch nachzuweisen, daß der Wärmeverlust durch Transmission der Umschließungswände durch die von den 400 Personen entwickelte Wärme ausgeglichen werde; andernfalls würde dazu etwa die Hälfte vorstehender Heizfläche nötig sein, also 132 qm.

Nach dieser Annahme beträgt die Gesamtheizfläche $265 + 132 = 397$ qm. Bei Anwendung von 0,14 m weiten Röhren ist also

eine Röhrenlänge von 882 m erforderlich, und diese Dimension ist in der Ausführung auch effektiv vorhanden.

In den Sommermonaten, wo die Heizung nicht in Thätigkeit ist, wird auf einem besonderen Herde f ein Koffener entzündet und dadurch das eiserne Rauchrohr e' für die Ventilation in Thätigkeit gesetzt. — Wenn der Saal nicht in Gebrauch ist, werden die Schlenfen e' und e'' der Windröhren am Ventilatorgehäuse und die Klappe 1 der Leitungen g geschlossen, um unnütze Wärmeverluste zu vermeiden.

Hauptabmessungen des Ventilators. (Vergl. auch S. 84, Nr. 4.) $R = 1,50$, $r = 0,50$ m; $l = 1,50$ m; Peripherie-Geschwindigkeit der Flügel circa 10 m, also $s = 3,33$ m : 5 = 0,66 m. S der Querschnitt des Ventilations-schlotes an der Austrittsstelle 2,66 qm.

Die Geschwindigkeit der Luft bei S ist ungefähr 1 m, die Arbeitsleistung pro Sekunde *) ungefähr 8 Kilogrammmeter.

II. Das provisorische Reichstagsgebäude zu Berlin gibt ein ferneres interessantes Beispiel einer durch mechanische Mittel unterstützten Ventilation. Auch hier ist die Bewegung der Luft im Sitzungs-saale, wie im ebengenannten Falle, lediglich „nach abwärts“ gerichtet, es findet aber die Ausströmung derselben nicht dicht unter der Decke des Saales, sondern in 4 m Abstand von derselben statt. Die Einrichtung der Heizungs- und Ventilations-Anlage wurde durch die Firma Schäffer und Walcker in Berlin (Aktiengesellschaft für Centralheizungs-Anlagen) nach Angaben des verstorbenen Ingenieurs Bernard ausgeführt und ist auf Taf. 55 in der Hauptsache dargestellt**).

Die frische Luft gelangt gewöhnlich durch die Öffnungen d, d von dem Garten des anstoßenden Herrenhaus-Grundstückes in die Corridore B, B^1 des Keller-Geschosses; jedoch ist bei A ein Thürabschluß angebracht, um dieselbe bei Bedarf auch durch zwei Thon-Rohre, welche unter dem Kellerfußboden liegen und bei t, t ausmünden, mittelst zweier Ventilatoren von Schiele eintreiben zu können. Aus den Corridoren tritt die Luft in der Richtung der Pfeile in die durch Dampfrohre erwärmten Heizkammern. Für gewöhnlich wird jetzt nur die größere Kammer an der linken Seite benützt; in der wärmeren Jahreszeit findet die Zuführung auf beiden Saalseiten statt.

Ueber dem Corridor B^1 und andererseits über den Zuführungen Z, Z zur rechtsseitigen Heizkammer liegen der Länge nach die Mischkammern C, C^1 , durch welche die Luft nach den vertikalen Kanälen passiren muß, um nahe der Decke, und in Höhe von 9,4 m über dem Podium an jeder der beiden Saalseiten durch 8 Kreisrunde, mit Ornament versehene Öffnungen von 1,2 Durchmesser auszuströmen. In die Kammer C^1 kann von unten her durch eine Anzahl

*) Diese Arbeitsleistung ist das Produkt aus dem, in einer Sekunde debilitirten Luftvolum in die Depression einer Wassersäule in Millimetern, welche dem Ueberdruck das Gleichgewicht hält. —

***) Wir entlehnen diese Zeichnungen der oben erwähnten Schrift von E. Häseke „Theoretisch praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung“. Berlin 1877. A. Seydel.

Öffnungen, welche durch verstellbare Klappen regulirt oder abgeschlossen werden können, auch kalte Luft eintreten, um eine Mischung der Heiz-Luft zu bewirken. Zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Temperatur in allen vertikalen Kanälen ist die linksseitige Kammer durch Zwischenwände in so viel Abtheilungen gebracht, als Vertikalkanäle resp. Ausströmungen vorhanden sind*). Durch Thermometer, welche am oberen Theil der Kanäle angebracht sind, läßt sich der Temperaturstand kontrolliren und die Einströmung frischer Luft in die Heizkammern wird ebenso durch Klappen geregelt wie die Mischung der warmen und kalten Luft; diese Mischung ist nöthig, weil die Temperatur im Saale vor Beginn der Sitzung nicht mehr als 13¹/₂° R betragen darf und die Luft um 1° wärmer ausströmen muß, damit einerseits nicht Zug empfunden wird, andererseits auch die Temperatur nicht zu schnell steigt**).

Die Luft bewegt sich, nachdem sie die Ausströmungsgitter verlassen hat, im Saale abwärts. Hierbei wird, in Folge der starken, nach unten gerichteten Abfaugung, nur im untern Theil der Rosetten eine Luftbewegung wahrgenommen, was einen Rückschluß auf die mäßige Ausströmungsgeschwindigkeit gestattet. Rechnet man hiernach als freien Querschnitt nur die Hälfte der Ausströmungs-Öffnungen, so ergibt sich bei 0,5 m Ausfluß-Geschwindigkeit ein stündliches zugeführtes Luftquantum von 9,043 qm × 0,5 m × 3,600 = rot. 13,000 cbm, so daß bei Anwesenheit von 600 Personen etwa 20 cbm stündliche Luftzufuhr auf eine Person kommen. —

Die verbrauchte Luft gelangt, wie aus nachstehenden Angaben hervorgeht, durch zahlreiche Öffnungen in den vertikalen Stufenabsätzen der Sitzreihen des Saales nach dem Raume unterhalb des Podiums und von hier in der Richtung der Pfeile in die Corridore D D und nach dem Aspirationschlot, der durch einen großen Schüttofen stark erwärmt wird. Die Tribünen haben ihre gesonderte Luftabführung durch zahlreiche Gitter in den Futterstufen der Sitzreihen erhalten.

An Luftabführungs-Öffnungen sind folgende vorhanden:

29 Gitteröffnungen auf Tribüne I (über Corridor D D)	0,8333 qm,
47 Gitteröffnungen auf Tribüne II rechts	1,8035 "
43 " " " III (gegenüber von I)	1,4505 qm.
Zusammen auf den Tribünen 4,0873 qm.	

*) Von den im Grundriß ange deuteten Kanälen der Kammer B' B' vereinigen sich oberhalb je zwei zu einem Kanal, so daß auch hier nur 8 Ausströmungsrosetten vorhanden sind.

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

2266 kreisförmige Öffnungen in den vertikalen Stufenabsätzen des Saales à 3,5 cm Durchmesser	2,8072 qm,
18 Gitter zu beiden Seiten der Redner-Tribüne	0,8274 "
6 Gitter in den Ecken des Saales	0,6147 "
Zusammen im Saal 4,2493 qm.	

Hiernach haben die gesammten Abzugs-Öffnungen 8,3366 Quadratmeter Querschnitt, denen gegenüberstehen die obengenannten 16 Zuströmungsrosetten, welche jedoch nur mit der untern Hälfte in Rechnung zu stellen sind, also mit: 9,043 Quadratmeter.

Zum Eintreiben der frischen Luft in die Kammern werden, wie erwähnt, 2 Ventilatoren von Schiele (in Frankfurt a. M.) benützt, mit Ausblaseöffnungen von 0,39 m Weite; die Flügel haben 0,75 m Durchmesser und jeder der Ventilatoren liefert pro Minute etwa 120 cbm Luft, welche durch eine unterirdische Thonrohrleitung von 31 m Länge bei 0,52 m Durchmesser nach den Heizkammern getrieben wird. — Zum Betriebe dient eine liegende Dampfmaschine von 8 Pferdekraft mit 25 cm Cylinder-Durchmesser, 0,40 cm Hub und mit Expansionsregulator.

Die beiden Dampfentwickler zum Betrieb der Maschine etc. haben je 6,37 m Länge, 1,41 m Durchmesser und einschließ lich der beiden Feuerrohre von 0,44 m Diameter 31,01 qm feuerberührte Fläche.

Kosten dieser Heizungs- und Ventilations-Anlage.

1) Dampfkessel-, Maschinen- und Ventilations-Anlage	M. 18,666.
2) 87 qm 8 cm weite Dampfrohrleitung, incl. Heiz-Einrichtung der Kammern	" 25,590.
3) Windrohrleitung, Luftab- und Zuführungen, incl. Regulirungsvorrichtungen	" 2,829.
M. 47,085.	

§. 90.

V. Ventilation der Theater.

Eine der schwierigsten Aufgaben für den Heiztechniker bildet die Ventilation der Theatergebäude. Hier handelt es sich nicht darum, wie in den vorgenannten Fällen, einen einzigen großen Versammlungs-saal oder einen Complex getrennter Räumlichkeiten auf normaler Temperatur zu erhalten, resp. mit angemessenen Lüftungs-Einrichtungen zu versehen; sondern es müssen die drei Hauptbestandtheile des

Gebäudes, der Zuschauerraum, die Bühne und die Foyers so hergerichtet sein, daß sie zeitweise getrennt und bald darauf durch weite Oeffnungen verbunden werden können, ohne daß in einem der Theile unbequeme Luftströmungen entstehen oder (bei eintretender Trennung) die Temperatur sich erheblich steigert. Zu diesen Schwierigkeiten gesellen sich diejenigen, welche aus der Einwirkung einer höchst beträchtlichen Anzahl Gasflammen entstehen, die theils in der Nähe der Decke, theils am Proscenium und auf der Bühne vertheilt und, je nach dem scenischen Erforderniß

Der erste, der sich eingehend mit der Lüftung der Theater beschäftigte, war Darcet. Er benützte, in richtiger Erkenntniß der Sachlage, die von dem Kronleuchter abgehende Wärme zur Abführung der verdorbenen Luft und stellte über der Lüfteröffnung ein weites hohes Rohr auf, als Abzugschlot für die verdorbene Luft des Zuschauerraums, Fig. 266. 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 Oeffnungen in der Stirnwand der Rang-Terrassen in das Logenhaus ein; sie wurde vorher in Caloriferen erwärmt und gelangte daher im Winter vorgewärmt (im Sommer kühl) in den Saal. Aber die Zuschauer verstopften die Oeffnungen 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 ein starker Luftstrom von dort nach der Lüfteröffnung hin sich geltend machte, der auch die Akustik beeinträchtigte, weil er die Schallstrahlen ablenkte. Die Ventilation des Zuschauerraumes hörte dann zum großen Theil auf.

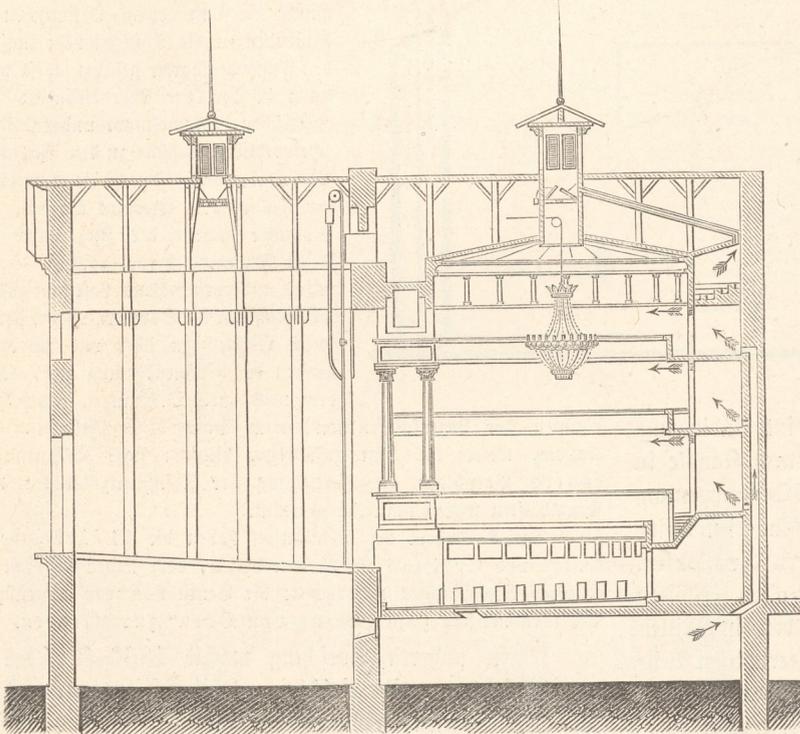
Zur Abhilfe dieses Uebelstandes legte Darcet bei späteren Einrichtungen ringsum in der massiven Logenrückwand hinreichend viele Ventilationskanäle für die verdorbene Luft an*), versah diese unterhalb der Rang-Logen mit Einmündungen, führte sie bis zur Decke des Auditoriums und — der Deckenneigung folgend — über

diese fort, und ließ sie in einen ringförmigen Kanal zwischen den Wandungen eines concentrisch geformten Schlotes über dem Lüfter einmünden. Die innere Oeffnung des Schlotes führte nunmehr bloß die Verbrennungsprodukte des Kronleuchters ab und war zu diesem Zweck mit einem regulirbaren, calottenförmigen Hut verschließbar.

Ähnlich wie die Einrichtung von Darcet war diejenige, welche Dr. Reid — nach dem Prinzip der von ihm konstruirten Ventilation des englischen Parlamentshauses — in Vorschlag brachte. Das Schema solcher Anlage gibt Fig. 267. Dr. Reid saugt die frische Luft von der Höhe des Dachgesimses ab, führt sie in zwei weiten gemauerten Kanälen an

*) Diese Einrichtung hat Kunge im Theater zu Philadelphia getroffen. Detaillirte Zeichnungen dieser Anlage enthält Erdkam, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1860.

Fig. 266.

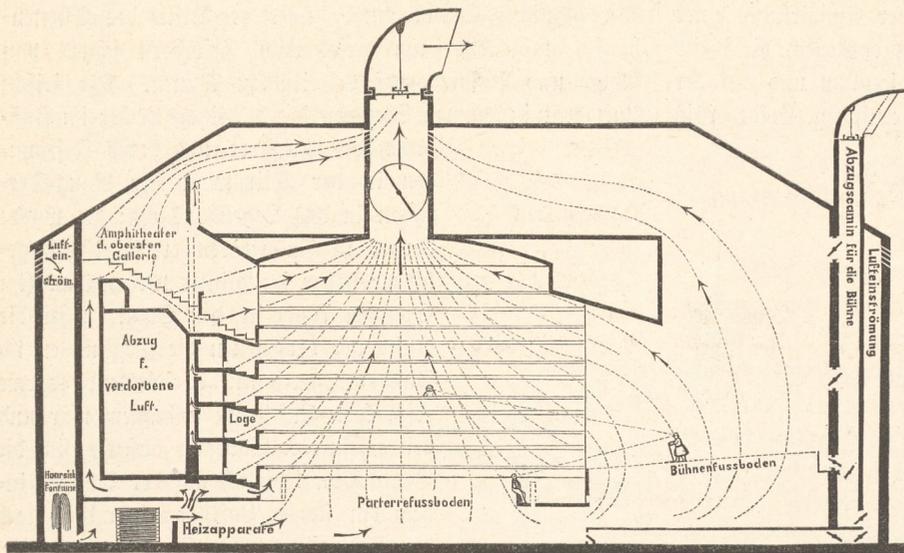


mannigfachem Wechsel unterworfen sind. Endlich bietet die eigenthümliche Einrichtung des Zuschauerraums mit den über einander aufgebauten Ranglogen und der wechselnden Zuschauerzahl eins der Hindernisse, welche die rationelle Lösung der Aufgabe erschweren. Es kann daher nicht auffallen, wenn von den bisher aufgetauchten Projekten zur Ventilation der Theater keines den complicirten Ansprüchen in allen Stücken gerecht geworden ist, obwohl die neuesten Ausführungen recht erfreuliche Resultate geliefert haben.

Da indessen die Besprechung der mannigfachen, im Laufe der letzten Decennien aufgetauchten Bestrebungen bei Weitem die Ziele dieses Buches überschreiten würde, müssen wir uns begnügen, dieselben hier kurz zu besprechen; der gegenwärtige Stand der Theater-Ventilation wird durch einige hervorragende Beispiele neuester Konstruktion hinreichend klarzustellen sein.

den entgegengesetzten Enden des Gebäudes abwärts, reinigt sie durch ein Sieb, läßt sie eine Brause passieren, leitet die Luft dann zwischen Heißwasserspiralen hindurch nach den Vertheilungskammern unter dem Parquet und der Bühne,

Fig. 267.



aus welchen sie durch den porösen Fußboden ins Auditorium strömt. In die Logen gelangt die Luft durch Kanäle in der Logenrückwand, welche mit Ausströmungs-Öffnungen am Fußboden derselben versehen sind; auf den Gallerien befinden sich diese Öffnungen in den Stirnbrettern der Stufen. — Die verdorbene Luft convergirt von allen Punkten des Saales und der Bühnenöffnung gegen den in Mitten des Plafonds über der Kronleuchter-Öffnung errichteten Ventilationschlot, der mit Drosselklappe regulirt werden kann. Dieser Abzugschlot communicirt auch mit dem Raume oberhalb der Decke (Maler-saal) durch Register-Öffnungen und nimmt ebenso die verdorbene Luft des Amphitheaters und des Schnitrbodens (der oberen Bühnenpartien) auf. Ein besonderes Abzugskamin im Fond der Bühne dient für besondere Fälle zur schnellen Ventilation derselben.

In einzelnen Theatern wurde der Kronleuchter, weil er die Zuschauer der oberen Gallerien vielfach am Sehen hindert, oberhalb der Decke verlegt, so daß er sein Licht durch matte Glasscheiben entsendet, oder man ersetzte ihn durch Flammenkränze längs des Deckengesimses oder über demselben, die mittelst Reflektoren das Licht durch Glasscheiben hindurchstrahlen. Die Verbrennungsprodukte der Gasflammen konnten dann leicht durch kleine Röhre in besondere Zugkamine eingeleitet werden.

Anm. Für diese Art der Ventilation mit „Abzug von unten“ hatte sich auch die unter Vorsitz des General Morin niedergelegte französische Commission entschieden, welche 1861 umfassende Studien

über die Ventilation der Theater anstellte. Man hoffte die lästigen Strömungen aus dem Fußboden des Parquets und der Logenwände abzustellen, indem man die schlechte Luft da absaugte, wo Dr. Reid die frische eingeführt hatte, nämlich durch den porösen Fußboden, die Kanal-Mündungen in der Logenwand und die Öffnungen der Stirnbretter der Galleriestufen. Es führte für je zwei benachbarte Logen ein separater Kanal von jedem Range aufwärts bis zur Decke; alle vereinigten sich hier gruppenweis in Sammelkanälen, welche der Deckenansteigung folgten und in den mittleren Aspirationschlot einmündeten, der durch die Beleuchtungsflammen in Funktion gesetzt wurde. Im Parquet wurde die Luft durch Öffnungen im Fußboden in die Abzugskanäle zwischen den Fußbodenlagern geführt diese mündeten in den zur Logenrückwand concentrischen Sammelkanal und endlich in zwei vertikale Schlotte zu den Seiten des Proscenii, welche durch die Rauchrohre der Caloriferen erwärmt wurden. Im Sommer wurde der Zug durch eine kleine Feuerung hervorgebracht. — Die frische und vorgewärmte Luft kam aus der Mischkammer des Souterains und strömte durch Öffnungen über und zu beiden Seiten der Bühnenöffnung aus, außerdem noch durch Öffnungen in den Hohlräumen der Logen-substruktion (nach Darcey'scher Methode). Die Kanäle, welche die Luft zuführten, bildeten nach D'Hamelin-court's Vorschlag die Fortsetzung der Abführungskanäle; beide Kanalhälften waren natürlich getrennt.

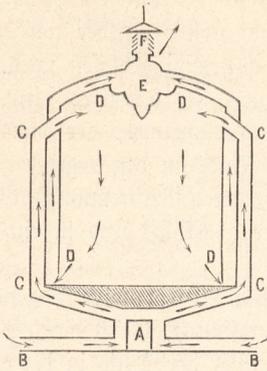
Dieses System der Ventilation haben die Théâtre de la Gaité und Lyrique in Paris erhalten, doch haben sie nicht den gehegten Erwartungen entsprochen; die Ventilation war ungenügend und man mußte zum „Abzug von Oben“ zurückkehren.

Einen anderen Vorschlag machte 1866 Trélat in der Abhandlung „le théâtre et l'architecte“. Sein, durch Dr. Bonnasord modificirtes und erweitertes System wurde 1869 in dem neuen Baudevilletheater in Paris zur Anwendung gebracht. Der Kronleuchter ist hier in die Decke eingelassen, die Verbrennungsprodukte gelangen also nicht in den Zwischenraum, sondern die Hitze der Flammen wird zur Abführung der verbrauchten Luft benützt. Die Zuströmung frischer Luft erfolgt durch einen Kreis von Öffnungen dicht unter der Decke und der Abzug der verdorbenen Luft durch Register über dem Fußboden des Orchesters und der Logen. Diese münden in Kanäle der Logenwand, welche durch die saugende Wirkung des Kronleuchters in Funktion treten. Vergl. Fig. 268 (System Trélat-Bonnasord).

Auch hier hat dies System zum Theil wieder aufgegeben werden müssen, nämlich:

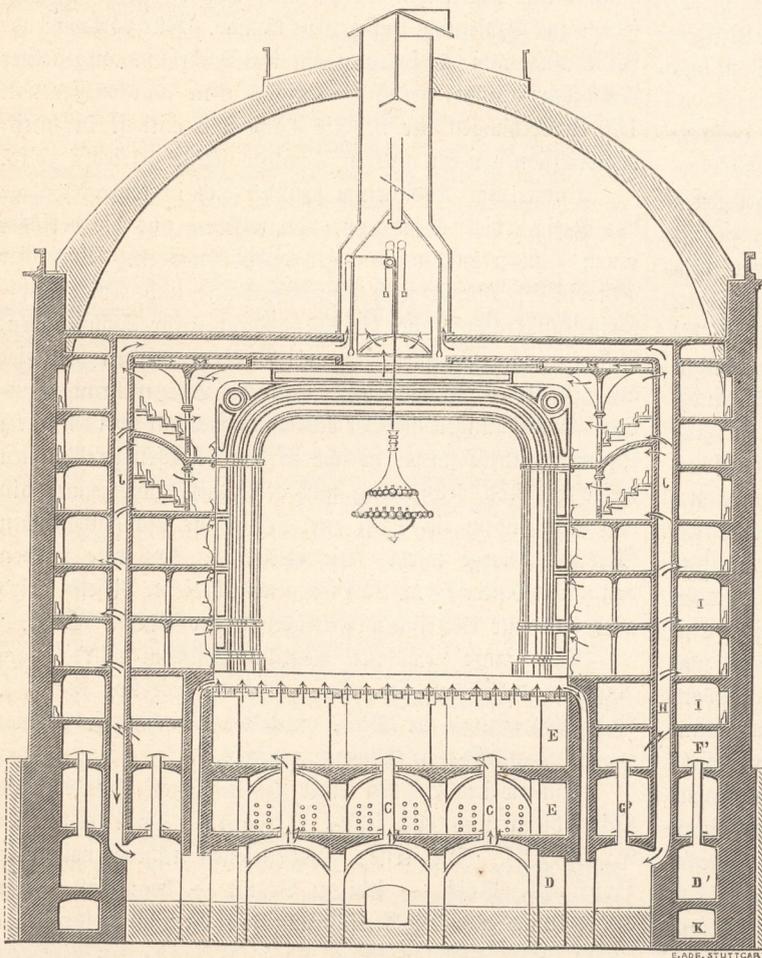
- 1) wegen der nicht genügend vermiedenen Zugluft und
- 2) wegen der ungenügenden Beleuchtung, welche nicht geeignet ist, den Glanz der Toiletten zur Geltung kommen zu lassen.

Fig. 268.



Obwohl also das System „Vonnaford“ sich in voller Uebereinstimmung mit den sonstigen Lehren der Wissenschaft befindet, hat es dennoch ebensowenig reißfert wie die Venti-

Fig. 269.



lation des théâtre lyrique und de la Gaité. Man hat in beiden Fällen den „Abzug von unten“ (wenigstens für die Theaterventilation) verlassen und ist bei

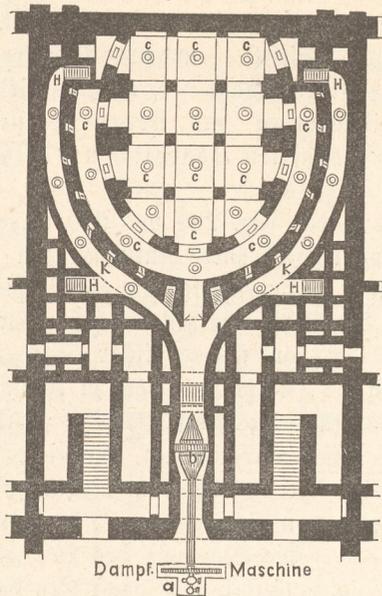
den neuesten Ausführungen zu der ursprünglichen Methode des „Abzugs von oben“ wiederum zurückgekehrt. Als vorzüglich gelungene Beispiele — und zwar Produkte deutscher Ingenieur-Wissenschaft — nennen wir hier: Die Ventilationseinrichtungen des neuen Wiener Opernhauses und des neuen königlichen Hoftheaters in Dresden.

1) Das in den Fig. 269 und 270 dargestellte neue Wiener Opernhaus wird heutzutage von den meisten Hygienisten und Heizingenieuren als ein Beispiel betrachtet, welches sich der Vollkommenheit in hohem Grade nähert. Man wirft ihm von fachmännischer Seite eine gewisse Complicirtheit vor, welche gleichwohl zu vereinfachen wäre, ohne ihm dadurch seine hohen Vorzüge zu rauben. Die Beschreibung desselben entnehmen wir einer Brochüre*), welche der eine der ausführenden Architekten der Oper, Prof. Sicard von Sicardsburg, veröffentlicht hat.

Die Bewegung der Ventilationsluft erfolgt hierbei nach natürlichen Gesetzen „von unten nach oben“, d. h. die erhitzte Saal-luft steigt zur Lüftöffnung empor und entweicht durch dieselbe, während die frische (im Winter auch erwärmte) Luft durch Oeffnungen im Fußboden (vergl. Fig. 269) und durch die tieflegendsten Punkte der Logen und Galerien mit einer kaum fühlbaren Geschwindigkeit einströmt. Die, dem vorübergehenden Bedürfniß entsprechende Luftzufuhr — offenbar der schwierigste Theil der Aufgabe — erfolgt in sicherster Weise durch eine Dampfmaschine a Fig. 270 von 16 Pferdekraft, welche einen, von Prof. Dr. Heger in Wien angegebenen und berechneten Ventilator b in Bewegung setzt. Dieser gleicht einer Turbine mit horizontaler Achse, hat 3 m Durchmesser und einen 50 cm breiten Schaufelkranz und macht per Minute 120 Touren. Je nach dem Temperaturzustand des Saales und der Anzahl der Zuschauer werden mittelst desselben stündlich 40000—120000 cbm Luft eingeführt; im Durchschnitt jedoch etwa 90000 cbm, d. h. pro Kopf und Stunde 30 cbm, mit einer Geschwindigkeit von 0,31 m pro Sekunde. Die frische Luft wird einem mit Fontainen geschmückten Gärtchen am Haupteingang mittelst eines maskirten kleinen Hofes entnommen und strömt in etwa 12 m Tiefe unter dem Straßenniveau durch eine große Thüröffnung in das Gebäude ein, muß je-

*) Stand der Ventilationsfrage. Vergl. auch Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme, Seite 454 f., „Möhrleger“, Jahrg. 1878 u. Wazon, Rapports sur l'exposition universelle de 1879.

Fig. 270.



doch, bevor sie in den Ventilator eintritt, erst einen Wasserzerstäubungsapparat passieren, welcher die Luft erfrischt und vom Staube befreit.

Der Blaskanal des Ventilators spaltet sich in mehrere 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, D' vermitteln. Unter dem Parquet des Zuschauerraumes, also im Souterrain, liegen 3 Geschosse über einander; im mittleren Geschos ist die Dampfheizung angebracht (aus ca. 18000 laufenden Meter Schmiedeeisenrohr von 25 mm Lichtweite bestehend). Der darunter liegende kalte Raum bildet die „Ankunftskammer für die frische Luft“, das oberste Souterraingeschoss bildet den „Mischraum“. Die kalte Luft strömt nun aus der Ankunftskammer durch 12 Stück 0,9 m weite Röhren G, G durch den mittleren in den oberen Souterrainraum. Zwischen diesen Röhren und den Gewölbekappen befinden sich ringförmige Oeffnungen, durch welche die frische Luft in die Heizkammern gelangt, hier die Dampfrohre umspült und dann erwärmt in die obere Kammer abströmt, wo die warme Luft sich mit der kalten mischt, um darauf durch 250 Oeffnungen von 23 cm Seite, welche mit siebartig durchlöchernten Blechen bedeckt sind, in den Zuschauerraum zu entweichen. Die Röhre, wie die daran befindlichen ringförmigen Oeffnungen sind durch glockenförmige Deckel verschließbar, resp. regulirbar, und kann daher auch das Verhältniß zwischen der Luftmenge, welche kalt bleiben und derjenigen, welche sich durch Berührung der Röhre erwärmen soll, durch Veränderung der Einmündungsquerschnitte in den Mischraum, beliebig regulirt werden. Die vom Ventilator ausgehenden peripherischen Kanäle K führen die

Luft im Sommer in die vertikalen Kanäle H (Fig. 269), von wo dieselbe durch entsprechende Oeffnungen in die Logen, die Logengänge und endlich an der ganzen Peripherie der Decke in den Zwischenraum geblasen wird.

Zur Beleuchtung des Theaters dient ein Kronleuchter in der Mitte des Auditoriums, der von 18 Sonnenbrennern umgeben ist. Auch an den Logenbrüstungen sind Gaslampen angebracht, deren Verbrennungsprodukte durch kleine Schloten von Kupfer abgeführt und in ein Sammelrohr eingeleitet werden.

Die verdorbene Luft wird abgeführt theils durch die 4 m weite Lüfteröffnung, theils durch eine Menge kleiner Oeffnungen dicht unter der Decke in der Logenwand. Die Kanäle münden in einen Sammelkanal von rechteckigem Querschnitt, der mit den Oeffnungen im Gesimse communicirt; von hier gelangt die Luft in das allgemeine, 3 m weite Ventilationsrohr über der Kronleuchteröffnung. Dieses Blechrohr mündet über Dach in einem von dem Winde automatisch gesteuerten Drehthurm, um die Wirkung desselben zur Aspiration benützen zu können. Für vorkommende Fälle wird zum Absaugen ein im Dachraum aufgestellter Exhaustor benützt, welcher ebenfalls 3 m Durchmesser hat, 160 Umdrehungen per Minute macht und mittelst Drahtseiltransmission von der unteren Dampfmaschine getrieben wird.

Unter dem Auditorium befindet sich in centraler Lage das Inspektionszimmer, von welchem aus die verschiedenen Hauptregulirklappen gehandhabt werden. Von hier geht ein Sprachrohr nach dem Kesselhause und dem Dampfvertheilungsraume; auch die Abzugsklappen für Schnürboden, Bühnenraum, Parquet und zwei Gallerien werden von hier aus gestellt, ebenso die Klappen für die Luftzuführung regulirt. 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 benützt.

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

Ein zweites Beispiel einer zweckmäßigen Theaterventilation bietet uns das neue königliche Hoftheater in Dresden*). Die ersten Dispositionen rühren von dem Prof. Dr. Weiß — jetzt zu Brünn — her; die weitere Bearbeitung und die Ausführung des Ventilationsprojectes wurde später dem Ingenieur Emil Kelling zu Dresden übertragen.

*) Nach den Angaben im Jahrgang I des „Rohrleger“ Seite 87.

Die Heizung wird durch 7 Luftheizungsanlagen mit zusammen 13 Apparaten vermittelt; es werden damit erwärmt die hintere Bühne, die Chorgarderoben, die Vestibüle, Foyers und Logengänge und das Auditorium, während die Bühne mit ihren Nebenräumen rechter und linker Hand, der Ball- und Chorprobesaal und die königlichen Logen mittelst Dampfheizung resp. Dampfluftheizung erwärmt werden.

Was die Ventilationsanlagen des Bühnenhauses anbelangt, 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 Wasserzersäuberungsapparate passieren, um sich abzukühlen. Eine Dampfmaschine von 8 Pferdekraft treibt die Ventilatoren von 1,75 m Diameter; diese führen — bei 320 Umdrehungen pro Minute — 108,000 cbm Luft per Stunde ein, so daß bei vollem Hause ca. 50 cbm pro Kopf und Stunde eingetrieben werden können. Diese bedeutende Luftmenge ist erforderlich, um die durch 3000 Gasflammen entwickelte Wärme abzuführen. Bei Lufttemperaturen unter 15° C. muß die durch Ventilatoren eingeführte Luft bis auf 17° erwärmt werden, weil sie im anderen Falle fühlbaren Zug herbeiführt.

Sobald die Temperatur niedriger als 15° ist, wird die eingesaugte Luft durch die Dampfvorwärmer erwärmt, wozu die Wärme des abgehenden Dampfes der Maschine benützt wird. Reicht diese nicht aus, so wird die Luft durch die Caloriferen gehörig geheizt. Aus den Ventilatoren gelangt die Luft nun in den dem Saugkanal concentrischen Druckkanal und von hier aus wird sie in die Heizkammern vertheilt, gelangt in die Heizkanäle der Logengänge, in die Mischkammern, nach den Höllen (der Unterbühne), und den Heizkammern der Foyers und Vestibüle.

Aus der Mischkammer unter dem Parquet gelangt die Luft mit geregelter Temperatur und geringer Geschwindigkeit ins Parquet. In die Logengänge steigt sie durch Kanäle im Mauerwerk und von hier durch Jalousien in die Logen. Diese Jalousien kann der Logenschließer nach Wunsch der Zuschauer in jeder Loge einstellen. Auch die Regulirung des erforderlichen Luftquantums geschieht durch Stellklappen, diejenige der Temperaturen durch elektrische Thermometer vom Souterrain her. Steigt also 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 Ventilationsthurm auf dem Dache des Auditorii communicirt. Im Verbindungskanal befindet sich der Saugventilator von 2,75 m Durchmesser, der durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, welche an dem eisernen Dachbinder des Bodenraumes angebracht, genau ausbalancirt ist und den Dampf von dem unteren Kesselhause zugeführt erhält. Diese Maschine kommt erst in Thätigkeit, wenn die Temperatur im Abzugschlot höher als 31° C. ist. Ueber dem Saugventilator befinden sich Abstellklappen und in dem darüber befindlichen Abzugsthurm stellbare Jalousien. Zur Bedienung der oberen Maschine ist ein Maschinist auf dem Kronleuchterboden postirt, dem vom Oberheizer die Befehle mittelst Sprachrohr erteilt werden.

Auch über der Bühne befindet sich ein Abzugsthurm mit Jalousie-Verschluss. Die Schieber für die Abzugsöffnungen der Bühne werden ebenfalls vom Kronleuchterboden aus mittelst einer Winde nach Bedarf geöffnet.

Trotz der 3000 Gasflammen im Auditorium ist es möglich, die Temperatur des Hauses überall auf 19° zu halten. Beobach-

tungen bei den Vorstellungen haben sogar ergeben, daß bei richtiger Luftheizung resp. Klappenstellung der 4te und 5te Rang 2–3° niedrigere Temperatur zeigten als das Parquet und daß in keinem Theile des Gebäudes Zugluft zu verspüren war.

§. 91.

VI. Ventilation der öffentlichen Lokale.

Die baulichen Verhältnisse in derartigen Lokalen sind in der Regel so verschieden, daß sich bestimmte allgemeine Principien für die Ventilation derselben nicht leicht aufstellen lassen: aber sie haben doch das mit den Theatern gemein, daß die stärkste Frequenz des Abends und bei opulenter Gasbeleuchtung stattfindet. Hierzu kommt als ganz besondere Beigabe, daß die Atmosphäre solcher Lokale mit Tabakrauch und mit Speisegerüchen mancherlei Art geschwängert ist, daß also, um sie rein zu erhalten, ein sehr reichlich bemessenes Luftquantum eingeführt werden muß. Hierzu sind weite Luftschlote und eine wirksame Aspirations-einrichtung nöthig. In allen Fällen aber empfiehlt sich — wie in den vorgenannten Fällen — der Abzug der verbrauchten Luft „von oben“, was mit Hilfe zahlreich vorhandener Gasflammen leicht erreicht werden kann.

Als Beispiel geben wir auf Taf. 56 die Aspirationsventilation des neuen, durch Pracht und Eleganz der inneren Einrichtung berühmt gewordenen Café Bauer, Unter den Linden 26 zu Berlin, erbaut von den Architekten Ende und Boekmann.

Die Lüftungseinrichtung des Lokales ist von dem Civilingenieur Stumpf zu Berlin entworfen und ausgeführt, und in Nr. 10, Jahrg. 1878, der von ihm redigirten Zeitschrift „der Rohrleger“, veröffentlicht.

Die ventilirten Räume bestehen aus einem im Parterre gelegenen Saal, Taf. 56 Fig. 1 und 2, dessen eine, nach den Linden gerichtete Front 10 m Breite hat, während die Länge des Saales — welche nach der Tiefe des Gebäudes geht — 30 m beträgt. Um die hintere Saalpartie genügend durch Tageslicht beleuchten zu können, ist vom Architekten ein Oberlicht unmittelbar über der Saaldecke im I Stock angeordnet worden. Dieser Saal hat die Dimensionen des unteren (im Parterre); nur ist um die Oberlichtöffnung des letzteren eine Glaswand umhergezogen, welche die Communication der Luft des unteren mit dem oberen Saale verhindert.

Der untere Saal hat bei 4 m Höhe 1486 cbm Rauminhalt,

„ obere „ „ „ 3 m „ 1006 „ „ „

Das Programm verlangte einen zweimaligen Luftwechsel in der Stunde und die Luft sollte mit einer Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde einströmen, was ein stündliches Gesamtvolum von ca. 5000 cbm ergibt.

Die frische Luft wird von der Vorderfront des Hauses

durch Luftgitter, welche sich längs der ganzen Fagade hinziehen, in einen Kanal A, der unter der Decke des Kellers angebracht ist, eingeführt. Im Winter geht die so eingeführte frische Luft in eine Heizkammer B, in welcher 3 Luftheizapparate C, C', C'', von je 30 qm Heizfläche angelegt sind. Der dritte Apparat wird nur als Reserveapparat benützt, wenn der eine oder der andere schadhaft werden sollte. Die Luft zieht aus der Heizkammer durch die horizontalen Kanäle D nach dem Parterresaal und mündet dort unter fest angebrachten Sitzen mittelst der Ausströmungsöffnungen E. In die obere Etage wird die Luft durch andere, senkrechte Kanäle F geleitet und tritt dort durch die in den Wänden dicht über dem Fußboden angebrachten Oeffnungen G in den Raum ein.

Die Abführung der verbrauchten Luft geschieht wegen der Menge der Flammen dicht unter der Decke und zwar: für den Saal im Parterre unter dem Oberlicht bei H, für den Saal in der ersten Etage in gleicher Höhe, jedoch durch die Glaswand getrennt, bei I. Die Abführungsöffnungen münden sämtlich in eine, rings um das Oberlicht angelegte Lockkammer K, aus dieser wird die Luft durch Aspirations-schächte angesaugt.

Es münden zu dem Ende die Verbrennungsprodukte der Caloriferen durch je eine eiserne Düse M, welche etwas höher als der Lockkamin liegt, in die beiden Aspirations-schächte: die Schächte communiciren durch Oeffnungen mit der Lockkammer K. Die Verbrennungsprodukte steigen in den Schornsteinen auf, entweichen mit großer Geschwindigkeit durch die Düsen und reißen die Luft der Lockkammer nach sich. In den Sommermonaten, wenn nicht geheizt wird, muß ein besonderes Lockfeuer entzündet werden und strömt alsdann der Rauch durch die Kanäle Q am Fußboden der Heizkammer entlang, direkt in die Schornsteine O, O, und die Düsen saugen wie vorher.

Zur Verstärkung der Ventilation sind auf der Lockkammer sechs kurze Schächte aufgesetzt, welche gestatten, daß die an der Decke befindliche warme Luft direkt entweichen kann. Gleichzeitig aber 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 ein Zug im Lokal empfunden wird.

Gesellschaftssäle gehören ebenfalls zu denjenigen Lokalen, in welchen die Luft durch die Beleuchtungsapparate nicht nur erwärmt, sondern durch deren Verbrennungsprodukte auch verdorben wird. Es empfiehlt sich also — wie in den Theatern — der „Abzug von oben“.

Wenn aus lokalen Gründen der Abzug an der Decke nicht möglich ist, so müssen Oeffnungen von genügendem Querschnitt in den Anfassungswänden dicht unter der Decke angebracht und mit Ventilations-schlotten in Verbin-

dung gesetzt werden. Als Beispiel wollen wir den Saal der Marschälle in den Tuilerien betrachten*).

Der Saal ist 19,1 m lang, 16,3 m breit und 14,5 m hoch und hat hiernach 4500 cbm Inhalt. Er faßt etwa 600 Personen und wird bei festlichen Gelegenheiten durch 548 Kerzen und 166 Lampen (= 498 Kerzen) erleuchtet, welche zusammen (548 + 498) 120 = rot. 125000 Calorien entwickeln. Ein Theil der verdorbenen Luft (25 %) zieht unterhalb der festen Sitze am Fußboden ab, der Rest durch die Decke.

Sämmtliche vergitterte Evacuationsöffnungen 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 diesen Oeffnungen beträgt wenigstens 1 m per Sekunde, es werden daher stündlich abgeführt:

$$\frac{2}{3} \cdot 10,75 \cdot 1,0 \cdot 3600 = 25800 \text{ cbm,}$$

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

$$\frac{25800}{600} = 43 \text{ cbm,}$$

was als vollkommen genügend bezeichnet werden kann.

Speisesäle. Auch in diesen Räumen ist darauf zu achten, daß stündlich eine vier- bis fünffache Lufterneuerung stattfinden kann, um die Speisegerüche abzuführen und die durch zahlreiche Besetzung und glänzende Beleuchtung erzeugte hohe Temperatur der Luft herabzumindern. — Sind insbesondere glänzende Lüstres angebracht, so wird mit Erfolg die Evacuation der Verbrennungsprodukte an der Decke erfolgen können. Ein Theil der Luft kann dagegen am Fußboden abgesogen werden, wozu Gasarme an den Wänden nicht unwesentlich beitragen. Als Beispiel für die Behandlung solcher Aufgaben mag der Speisesaal im Stadthause zu Paris hier vorgeführt werden. (Vergl. Morin's Manuel.)

Dieser Saal ist 14,9 m lang, 7,0 m breit und 7,5 m hoch, enthält also 782,25 cbm. Zu demselben speisen . . . 54 Personen, zu deren Bedienung nöthig sind . . . 14 Personen, zusammen . . . 68 Personen.

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

Der Saal wird erleuchtet durch 15 Lüster mit 340 Kerz.-Flammen, und durch tragbare Leuchter

$$\frac{170}{510} \text{ " " Kerz.-Flammen.}$$

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

$$(68 + 510) \cdot 120 = 69360 \text{ Calorien.}$$

Die frische Luft soll mit 15° C. durch Oeffnungen in den Saalwänden eingeführt und nachdem sie sich auf 35° erwärmt hat, durch vier Deckenrosetten abgeführt werden; jeder Cubikmeter eingeführter Ventilationsluft muß daher aufnehmen:

$1,23 \times 20 \times 0,237 = 5,82$ Calorien, so daß in diesem Falle ein Luftquantum nöthig wird von:

$$\frac{69360}{5,82} = 11917 \text{ cbm stündl. oder}$$

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

Durch solche Evacuation wird die Luft des Saales etwa 15mal in der Stunde erneuert. Gesezt, die Abzugsgeschwindigkeit durch die Deckenöffnungen betrüge 2 m in der Sekunde, so würde sich daraus ein Gesamtquerschnitt derselben von $\frac{3,31}{2,0} = 1,65$ qm ergeben, oder jede Rosette 0,41 qm freien Querschnitt erhalten müssen.

*) Vergl. Morin, Manuel du chauffage et de la ventilation (deutsch von Degen). München 1878.

VII. Ventilation der Krankenhäuser.

§. 92.

Geschichtliche Vorbemerkungen.

Die Ventilation der Hospitäler, als Vorsichtsmaßregel gegen die Gefahr der Infektion durch Krankheitsstoffe, gab schon vor circa 100 Jahren die Veranlassung zu beachtenswerthen Untersuchungen. Bailly und der Chemiker Lavoisier waren es, welche im Jahre 1786 der französischen Akademie der Wissenschaften Vorschläge zu einer Ventilation des Hôtel-Dieu*) 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 Hygiene, und so blieb der Stand dieser Angelegenheit bis zum Jahre 1840 fast unverändert. Damals bearbeitete nämlich d'Arcet ein Ventilationsprojekt für das Hospital „Necéer“ in Paris, welches indeß nicht zur Ausführung gelangte. Wollte 6 Jahre später erst sehen wir dann das „System Duvoir“ in einem der Flügel des Hospital Beaujon versuchsweise zur Anwendung gebracht: aber erst 1853, beim Neubau des Hospital Lariboisière, bot sich die Gelegenheit zu Versuchen im größten Maßstabe. Unter den Concurrenzprojekten wurde denjenigen der Vorzug eingeräumt, welche die beste Garantie des Gelingens boten. So kam das System der Ingenieure Thomas, Laurens und Grouvelle (nämlich Dampfwasserheizung**) und Ventilation durch Pulsion für die Männerabtheilung, dagegen das System Duvoir Leblanc (Warmwasserheizung und Aspirationsventilation) für die Pavillons der Frauenabtheilung zur Anwendung***). Jedes der beiden Systeme sollte programmäßig eine Mitteltemperatur von 16—18° C. in den Sälen und eine Ventilation von 60 cbm pro Bett und Stunde bewirken.

Nach den eingehenden anemometrischen Messungen von Dr. Grassi wird dieses Ventilationsquantum nur von dem Pulsionsystem Thomas und Laurens — und zwar reichlich — debütiert, während das System Duvoir etwa nur 30 cbm pro Bett und Stunde bei gleichem Temperaturstande lieferte. Professor Ser, Chefingenieur der französischen Hospitäler, constatirt†): daß im Grunde genommen keins der Systeme die Anforderungen an eine gleichmäßige und lebhafteste Luftcirculation in den Sälen genügend sicher stelle. Er fand, daß es nöthig sei, mit dem Pulsionsystem von Thomas und Laurens eine energische Aspiration der schlechtesten Luft zu verbinden, um das Zurücktreten derselben aus den Kanälen zu verhindern, wogegen das Aspirationsystem von Duvoir Leblanc das verlangte Luftvolum nur

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

**) Vergl. §. 72 des Werkes.

***) Ein drittes System, Luftheizung mit Pulsion, des Dr. van Hede aus Brüssel wurde in den Hospitälern Beaujon und Necéer angewandt.

†) Rapports du jury de 1867, t. III, p. 356.

zur Hälfte lieferte. — Bedenkt man nun, daß die Kosten dieser Einrichtung pro Bett etwa 800 Fr. erforderten, wozu die Betriebskosten pro Jahr mit 80,000 Fr. hinzutreten, so ist das Resultat hinsichtlich der Sterblichkeitsziffer ein ziemlich betrübendes zu nennen, da dieselbe 25% höher ist, als in den mit natürlicher Ventilation versehenen Hospitälern Hôtel-Dieu, Pitié und Charité.

In Folge dieser Resultate hat sich die überwiegende Mehrzahl der Pariser Ärzte dahin ausgesprochen: daß die complicirten Systeme der Heizung und Ventilation zu verlassen und zur Heizung mit offenen Kaminen zurückzukehren sei*). Diese Ansichten verfechten Larrey, der Hygienist Michel Levy (Traité d'Hygiène) und die Professoren Fauvel und Vallin in ihrem Rapport über die Hospitäler**).

Günstiger stellt sich das Resultat nach Morin's Mittheilungen im Hospital St. Eugénie zu Lille. — Es enthält in 3 Abtheilungen mit je 3 Geschossen Raum für 344 Betten; die Kosten der Heizungs- und Ventilationsanlage betragen 100592 Mark, 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 diese Grenze weit überschritten werden kann. Die Heizung geschieht mittelst gut construirter Luftheizapparate unter Mithilfe eines großen Heizlamins für jeden Saal, welcher die Heizung unterstützt und namentlich die Lufterneuerung befördert.

Interessante Hospitalanlagen, welche als Musteranstalten gelten können, sind ferner: das St. Thomas-Hospital und das Guy-Hospital, beide in London. Das Hospital Guy's wird mittelst Aspiration ventilirt und die frische eintretende Luft durch Wasserluftheizung erwärmt. Der Luft Raum in den Krankensälen beträgt 44,8 bis 47,6 cbm pro Bett. Die Heizung ist vorzüglich disponirt.

Auch die Entbindungsanstalt in Petersburg wird als Beispiel einer glücklichen und nachahmungswerthen Anlage dieser Art angesehen***). Es enthält jeder Saal nur 4 Betten, jedes Stockwerk überhaupt 64 Betten, außerdem ein Arbeits- und ein Krankenzimmer. Der für jedes Bett zugemessene Raum beträgt nur zwischen 50 und 60 cbm, ohne Zweifel mit Rücksicht auf den strengen nordischen Winter. Durch genaue anemometrische Messungen wurde jedoch constatirt, daß in den Sälen pro Bett und Stunde im Mittel 92 cbm frische Luft zugeführt wurden†).

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

*) Bulletin de l'Académie de Médecine, t. XXVII.

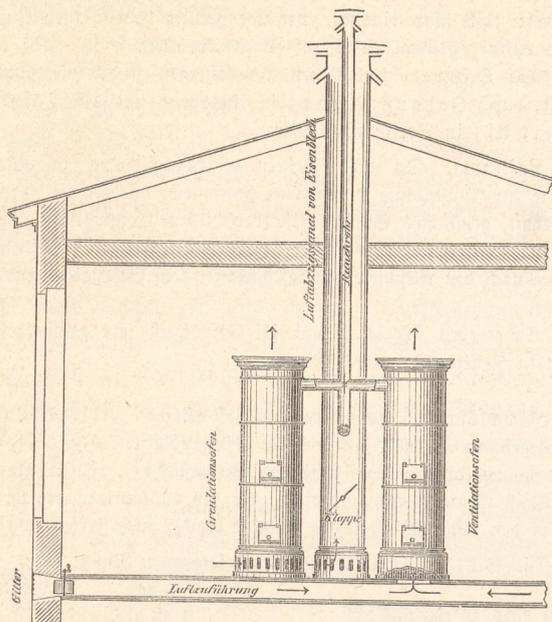
**) Congrès d'Hygiène de 1878. Question 6.

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

†) Morin verlangt für Wöchnerinnen 100 cbm pro Bett und Stunde.

befindet sich eine Drosselklappe zur Regulirung des Luftabzuges und die Absaugung wird besonders dadurch wirk-

Fig. 271.



sam, daß sich das gemeinschaftliche Rauchrohr der Defen in dem Schacht befindet. — Die Luftzuführung geschieht durch vergitterte Oeffnungen in den Fronten, welche mit Kanälen im Fußboden communiciren und mittelst Drosselklappen abschließbar sind. Hierbei kann stets die dem Wind abgewendete Seite zur Luftzufuhr benützt werden. Absaugeschächte und Rauchrohre sind mit Deflektoren versehen.

Den Zwecken der Heizung und Ventilation dienen ferner je ein Kamin an den Schmalseiten eines jeden Krankensaales. Bei wechselnder Witterung im Frühjahr und Herbst macht sich ihr wohlthätiger Einfluß namentlich fühlbar; ihre aspirirende Wirkung ist im 4. Kapitel vielfach besprochen worden.

Während der Sommermonate tritt, wenigstens im oberen Geschöß, die Firtventilation in Kraft. Uebrigens sind auch die Fenster oberhalb als „Rippflügel“ construirt und die Thüren mit verschließbaren Durchbrechungen versehen, so daß in der guten Jahreszeit beständig ein natürlicher Luftaustausch unterhalten werden kann.

VIII. Ventilation der Gefängnisse.

§. 93.

Die allgemeinen hygienischen Anordnungen in den Gefängnissen haben manche Ähnlichkeit mit denjenigen der Krankenhäuser: als eine der ersten Vorbedingungen für einen

Brey mann, Bau-Constructionslehre. IV. Zweite Auflage.

guten Gesundheitszustand muß also auch hier ein besonderes Gewicht auf die Bemessung des Luftraums gelegt werden. Kommt es demnach in erster Linie auf einen ausreichenden Luftwechsel an, 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 Röhren — unmöglich zu machen. Dies der Grund, welcher gegen die Anlage von Luftheizungen sprechen würde.

Im Zellengefängniß zu Betonville (London) war es nun, wo im Jahre 1844 zuerst das System der Warmwasserheizung mit Aspirationsventilation zur Anwendung kam. Die Heizrohrleitung befindet sich hier im Fußboden des Corridors und von dort aus sind Warmluftkanäle nach jeder Zelle angelegt, die oberhalb nahe der Decke, also unerreichbar für die Gefangenen, ausmünden. Die Abzugsöffnungen der verbrauchten Luft liegen dagegen am Fußboden, und sie steigen von hier aufwärts nach einem Sammelkanal auf dem Boden, welcher durch die von den Feuerungen entwickelte Wärme aspirirt wird.

Im Gefängniß „Mazas“ zu Paris wendete Grouvelle zwar dasselbe System an, benützte aber zur Abführung der verbrauchten Luft die Closetröhren, weil er die Anlage zu vieler Schächte in den Mauern vermeiden wollte.

Die frühesten Zellengefängnisse in Deutschland wurden in der Regel mit Luftheizung versehen. Auf Taf. 19 und 20 der I. Auflage dieses Bandes ist eine solche Anordnung im Centralgefängniß zu Bruchsal dargestellt. Welche Schwierigkeiten die gesonderte Ab- und Zuführung der Luft für jede Zelle verursachte, ergibt sich aus der Betrachtung der Tafeln: die Schwierigkeiten können aber leicht behoben werden, wenn man die Luftheizung mit einer Pulsionsventilation combinirt, denn dann kann die warme Luft, nachdem sie die Heizkammer verlassen, selbst in horizontalen Vertheilungskanälen fortgeführt werden, weil sie in Folge des ihr mitgetheilten Druckes die Reibung in den Kanälen leicht überwindet.

Eine derartige Anlage enthält das neue Strafgefängniß am Plökensee bei Berlin und zwar in demjenigen Bau, welcher gewöhnlich als II. Gefängniß bezeichnet wird und in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1877, ausführlich mitgetheilt ist. Wir müssen uns gleichwohl versagen, diese Anlage hier durch Zeichnung zu illustriren und verweisen auf die obengenannte reichhaltige Publikation, welche außer den generellen Plänen auch interessante Details der Zellen gibt.

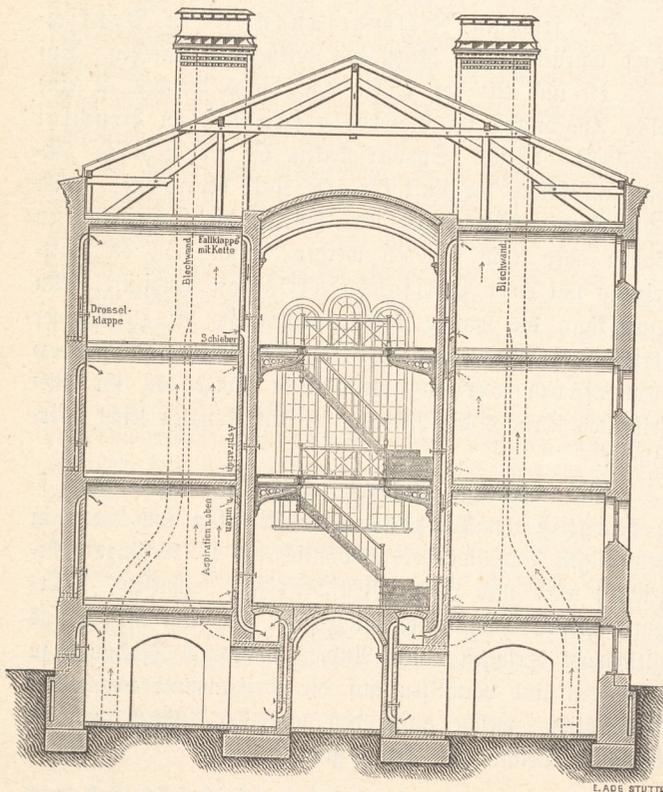
Erwähnung mag hier jedoch finden: daß die frische Luft durch 3 Ventilatoren in die entsprechenden Vertheilungskanäle, und aus diesen in die Heizkammern getrieben wird, um 10 getrennte Heiz- und Ventilationsysteme zu versorgen. Der Betrieb erfolgt mittelst einer

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 Corridore liegen.

Aus diesen horizontalen Reservoirs steigt dann die frische Luft vermittelst senkrechter Kanäle in den Corridorwänden empor und in die zu heizenden resp. zu ventilirenden Räume. Letztere sind: Isolirzellen, Zageräume für gemeinsame Gast und Schlaffsäle. — Die Luftzuführungskanäle enden für jeden Raum 0,60 m unterhalb der Decke aus; am Fußboden befinden sich vergitterte Oeffnungen mit Regulirungsklappen. Die Abführungskanäle liegen in den Fronten, den Zuführungen diagonal gegenüber; sie beginnen am Fußboden jedes Raumes und haben regulirbare Oeffnungen am Fußboden und an der Decke. Von hier aus steigen sie vertikal aufwärts bis zum Fußboden des Dachgeschoßes und münden in die, oben S. 208 erwähnten, hölzernen Sammelkanäle. Mit diesen communiciren gemauerte Schloten, die zum Dache hinausführen und, wegen Nähe der Rauchrohre, aspirirend wirken.

Das I. und III. Gefängniß haben dagegen Heißwasserheizung mit Aspirationsventilation erhalten. Die Heizröhren in den Etagen liegen unverkleidet an den Frontwänden. Zur Zuführung frischer Luft sind Zförmige Kanäle in den Fronten angelegt, welche außerhalb in Höhe des Fußbodens der Räume beginnen, in den Frontmauern vertikal aufwärts geführt sind und innen unterhalb der gewölbten Decke ausmünden. Diese Mündungen sind mit Drahtgittern versehen. Die Einstromung kann durch Drosselklappen, welche in handlicher Höhe angebracht sind, regulirt werden. (Fig. 272.)

Fig. 272.



Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgt durch Kanäle in den Corridorwänden, welche oben und unten mit Einmündungen versehen sind; diese fallen vertikal abwärts bis unter den Fuß-

boden des Corridors, vereinigen sich im Souterrain zu Sammelkanälen und führen zu vertikalen (Aspirations-) Schloten, welche neben den heißen Rauchrohren liegen. Im Sommer werden die Abzugs-schächte durch Wasserrohre erwärmt.

Die Ventilation der Closets ist von derjenigen der Zellen ganz getrennt; je 3 über einander liegende Zellen haben einen gemeinsamen Luftabzugskanal zu diesem Zwecke erhalten.

Die Heizungs- und Ventilationsanlagen sind, wie oben erwähnt, durch Johannes Haag in Augsburg und dessen Vertreter Robert Uhl in Berlin ausgeführt.

Luftraum. Da die einzelnen Gefängnißbauten in Rücksicht auf die zur Anwendung kommenden Haftsysteme (Einzelhaft, Gemeinschaftshaft, gemischtes System) eine verschiedene Konstruktion erhalten mußten, so geben wir zum Schluß einen Vergleich des Luftraums, welcher nach den verschiedenen Haftsystemen dem Gefangenen zu Theil wird*).

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

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

Dieß ist ein Durchschnittsatz, der sich vollkommen bewährt hat und in den ersten Gefängnissen fremder Länder nicht erreicht wird*).

Die Schlaffsäle bieten pro Bett folgenden Raum dar:

	Fläche	Luftraum
Im I. und 2. Gefängniß	4,52 qm,	19,75 cbm,
„ Hause für jugendliche Gefangene	5,77 „	18,18 „
durchschnittlich pro Bett	5,15 qm,	18,97 cbm.

Die Lufsterneuerung beträgt pro Kopf (Bett) und Stunde:

- 1) In den Zellen für gemeinsame Haft 37,1 cbm,
- 2) In den Isolirzellen im I. und II. Gefängnißgebäude 42,4 „
- 3) In den Schlaffsälen daselbst 48,0 „
- 4) In den Zellen des III. Gefängnisses 41,0 „
- 5) In den Zellen des Hauses für jugendliche Gefangene 60,0 „
- 6) In den Schul- und Bettsälen, welche nur periodisch benützt werden 25,0 „

IX. Ventilation der Kasernen.

Die Festsetzung des Luftraums 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 Luftraum pro Mann als ausreichend in Ansatz zu bringen sein: eine Kommission englischer Sachautoritäten, welche beauftragt war, die angemessene Luftraumbestimmung bei Kasernements festzustellen, empfiehlt sogar 16,8 cbm als ausreichend.

Dagegen verlangt Morin eine Lufsterneuerung von 30—40 cbm pro Stunde bei Tage und 50—60 cbm

*) Erläuterungen zu dem Modell des Strafgefängnisses zu Plözensee etc., ausgestellt zu Brüssel 1876. Berlin 1876. Geheime Ober-Hofbuchdruckerei.

**) In dem berühmten Gefängniß „Mazas“ zu Paris beträgt, nach Pécelet, der Luftraum 26 cbm.

während der Nacht, d. h. bei Tage einen zweimaligen, bei Nacht einen dreimaligen Luftwechsel.

Diese Anforderungen stehen in striktem Gegensatz zu dem bisher in Deutschland eingehaltenen Standpunkte. Kaum hat man das Bedürfnis einer geregelten Heizung der Kasernen hier anerkannt, denn das Brennmaterial wird in der Regel an jede Corporalschaft vertheilt und dieser überlassen, beliebig zu heizen und durch Oeffnen von Fenstern und Thüren die Ueberproduktion von Wärme auszugleichen oder in einer entsehlischen, durch allerlei Ausdünstungen geschwängerten Atmosphäre zu verharren. — Hier wäre nun eine Abhülfe sehr leicht und durch die einfachsten Mittel zu bewirken. Durch Flügelventilatoren in den Fensterseiben, oder durch Rippflügel läßt sich eine Luftströmung in den oberen Schichten der Schlafräume leicht erzeugen. Mit diesen müssen Abzugsöffnungen in den Wänden zunächst dem Fußboden correspondiren, so daß die Ausathmungsprodukte sofort abgesaugt werden und nicht Zeit finden, sich mit der Luft des Saales zu vermischen. Wird für je 2 bis 3 Betten ein gemeinsamer Abzugskanal angelegt, so dürfte der durch Deflektoren unterstützte Luftaustausch vollkommen den hygienischen Anforderungen genügen. Bei hoher Winterkälte, wo das Oeffnen der Fensterflügel nicht angebracht ist, wird die starke Permeabilität der Wände in Verbindung mit Registern in den Thüren Ersatz für geringeren Luftaustausch bieten.

Dagegen haben die Vorschläge von Degen*) durch Anwendung von Dampfkraft nicht nur die Ventilation, sondern auch — wie in den Hospitälern — das Kochen, Waschen, Beschaffen von Bädern, Zerkleinern von Holz zc. zu bewirken, wenig Aussicht realisiert zu werden. Die Kosten der ersten Anlage sind eben zu bedeutende, und die ausreichend vorhandene Menschenkraft hat bisher die Verwaltung von den sonstigen Vortheilen der Centralheizung absehen lassen. So treffend daher die Gründe sein mögen, welche Degen gegen die Holzverschwendung in den Kasernen ins Feld führt, so wenig Zustimmung haben dieselben doch in den maßgebenden Kreisen der Militärverwaltung vorerst gefunden. Auch ist die Lokalheizung mit Kachelöfen an sich keineswegs verwerflich, nur muß sie nach angemessenen Normen geregelt und der Heizkörper mit Vorrichtungen zur Einführung frischer Luft versehen werden.

In England hat man sich mit gutem Erfolge der **Kamine** von **Douglas Galton** bedient, so in den Kasernen von **Chelsea**, über welche Untersuchungen von de **Chau-mont** 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 Corporalschaft zugemessenen Raum zu vergrößern, ist derselbe in zwei ungleiche Hälften getheilt, von denen die kleinere für den Tagesaufenthalt bestimmt ist, die größere als Schlaffaal dient und am Tage constant gelüftet werden muß.

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

§. 94.

Schlußbemerkungen.

Mit den vorstehenden Angaben ist das Thema der Ventilation keineswegs erschöpft, aber die Ziele dieses Buches verlangen eine Beschränkung in der Vorführung des Stoffes. Auch würde es nicht möglich sein für alle verschiedenen Kategorien von Gebäuden die geeignetste Methode der Lusterneuerung angeben zu wollen. Es ist vielmehr Sache des denkenden Constructeurs, nachdem die Prinzipien und Systeme der Ventilation in §. 78—85 ausführlich behandelt sind, in jedem besonderen Falle selbstständig und nach vorhandenen Analogien zu verfahren.

Einzernes ist bereits bei den Heizungen besprochen worden, so die Erwärmung der Kirchen in §. 62 und 63. Selten werden hier mehr als 12° Temperatur verlangt und wegen der großen Höhenverhältnisse, wegen des bedeutenden Lustraums und der periodischen Benützung ist eine eigentliche Ventilation nicht erforderlich. Zur Heizung eignet sich ganz besonders die Kanalheizung, weil sie eine vorzugsweise Erwärmung der unteren Luftschichten gestattet.

Die Ventilation der verschiedenen Gebäude für Staats- und Communalverwaltung, Gerichtspflege zc. zc. unterliegt denselben Normen, welche im sechsten und siebenten Kapitel dieses Werkes ausführlich behandelt und durch Beispiele erläutert sind. Auch die theoretische Bestimmung des Ventilationseffektes ist nach den im achten Kapitel gegebenen Methoden leicht zu bewirken.

Eine besondere Rücksichtnahme verlangen alle diejenigen Lokale, bei welchen — wie bei **Lichtsturen** und „**Sälen mit Oberlicht**“ — eine natürliche Lüftung durch Fensteröffnungen 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 nun die Abkühlung des betreffenden Raumes sehr empfindlich zu sein. Will man dies beheben, so muß der Raum zwischen der innern Glasdecke und dem Glasdach angemessen erwärmt werden.

Einen solchen Fall beobachtete **Morin** in der großen

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

Halle des Schlosses Ferrières (Besitz des Baron von Rothschild). Während am Abend 1000 Gasflammen den Raum erhellen und die Abkühlung des Saales durch die (100 qm große) Glasdecke verhindern, wurden bei Tagesbenützung in dem Raume zwischen den Glasdecken 4 Gasköfen aufgestellt, welche in demselben eine höhere Temperatur unterhalten, als diejenige des Saales ist, also die Abkühlung des letzteren verhindern.

Lichtböfe in Wohngebäuden pflegen in der Regel und selbst in der kühleren Jahreszeit eine sehr schlechte Luftbeschaffenheit zu zeigen. Da nun die angrenzenden Räume sich von hier aus mit Luft versorgen müssen, ist deren constante Lüfterneuerung eine Nothwendigkeit, welche durch polizeiliche Verordnung geregelt werden sollte. Leider gehören die bestehenden Baupolizei-Gesetze einer Zeit an, in der die Neuerung der Glasdecken noch nicht in Gebrauch war: aber auch hier wird die Folgezeit ihre Hand an unhaltbare Zustände legen und diesen Punkt gesetzlichen Bestimmungen unterwerfen müssen. Die Abhülle ist außerordentlich leicht; theils kann durch Anlage von Aspirationskaminen, in denen ein kleines Feuer unterhalten wird, ein geeigneter Luftwechsel unterhalten werden, in gewöhnlichen Fällen genügen jedoch feststehende Glasjalousien oder Jalousien von Blech in Verbindung mit einer geschickt angelegten Firstventilation.

Zur Abhaltung der Sonnenhitze, welche im Hochsommer sehr bedeutend in derartigen Höfen werden kann*), bedient man sich eines untergespannten großen Tuches (Vela). Das continuirliche Besprengen der Glasdächer, während der heißen Tagesstunden, ist ein weiteres vorzügliches Mittel, um die Temperatur solcher Räume herabzumindern.

Es würde endlich noch die Ventilation der sogenannten **Nebenräume** unserer Wohngebäude, Küchen, Badezimmer, Vorrathskammern, Corridore, Closets hier zu besprechen sein. Für die Küchen ist durch die Wärmemenge, welche in den gewöhnlichen Fällen ungenützt in den Schornstein entweicht, ein sehr geeignetes Mittel der „Ventilation durch Aspiration“ geboten. In Badezimmern wird durch die aspirirende Wirkung einer Gasflamme, welche man in dem zugehörigen Ventilationskanal zeitweise unterhält, viel gebessert sein, und dieses Auskunftsmittel steht überall da zur Verfügung, wo die Unterhaltung von Vorküfern unthunlich ist.

Jedenfalls bietet schon die natürliche Ventilation allein, soweit sie auf Temperaturdifferenz beruht, eine sehr schätzenswerthe Luftverbesserung in Corridoren und Kammern, welche fensterlos an der Nachbargrenze liegen. Auch die Zuführung reiner Luft in geeignet angebrachten Schloten, unter Ent-

nahme derselben vom Dach her, bietet meistens nur unerhebliche Schwierigkeiten. Die Anlage von Abzugskanälen ist aber in allen Fällen zugänglich und sofern sie durch Deflektoren unterstützt wird, auch wirksam. Jedenfalls ist es an der Zeit, daß die Architekten diesen vernachlässigten Theilen des modernen Wohnhauses eine größere Aufmerksamkeit widmen, dann wird es um die Gesundheitsverhältnisse der Bevölkerung großer Städte besser als bisher bestellt sein und die Mortalitäts-Statistik in Zukunft einen geringeren Procentsatz der Todesfälle nachweisen.

Neuntes Kapitel.

Verschiedene Feuerungs-Anlagen.

§. 95.

Die Feuerungsanlagen, welche im vierten bis achten Kapitel besprochen worden sind, dienen lediglich den Zwecken der Heizung. Die Wahl und Konstruktion dieser Apparate beanspruchte unser ganzes Interesse, weil eine zuträglich und gleichmäßige Zimmertemperatur das körperliche Befinden der Hausbewohner in hohem Grade beeinflusst. Aber nicht minder wichtig sind jene für den Haushalt der Familie unentbehrlichen Feuerungsanlagen, welche zum Kochen, Braten, Baden, überhaupt zur Zubereitung der Speisen dienen und „Kochherde“ oder „Kochmaschinen“ genannt werden. Diese sollen im Nachstehenden behandelt werden und zwar sowohl in der Form, die dem einfach bürgerlichen Haushalt genügt, als nach den Anforderungen, welche an eine hochherrschaftliche Küche mit Zubehör gegenwärtig gestellt werden. — An diese Apparate sind endlich anzuschließen die im bürgerlichen und herrschaftlichen Haushalt vorkommenden Kesselfeuerungen, insbesondere die Waschkessel. Alle Feuerungsanlagen, welche gewerblichen Zwecken dienen, liegen den Zielen dieses Werkes fern und finden ihren Platz in einer „Technologie der Wärme“.

Anlage von Kochherden.

Kochherde mit offenem Feuer sind als die ursprünglichsten Feuerstätten zu bezeichnen. Sie bestehen aus einer Aufmauerung von Ziegeln zur Aufstellung der Töpfe und aus einem Rauchmantel, der die Verbrennungsprodukte und die beim Kochen entwickelten Wasserdämpfe nach dem Schornstein leitet. Der Herdkörper ist gewöhnlich unterwölbt, wodurch sich ein schicklicher Raum zur Aufbewahrung des Brennmaterials ergibt. Bei diesen offenen Herden entweicht der größte Theil der Wärme ungenützt in den Schornstein:

*) Im Pariser Bahnhof (Route Lyon) hat man Nachmittags 40° C. auf den Schienen unter der Halle beobachtet.