



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Heizung, Lüftung und Beleuchtung der Theater und sonstiger Versammlungssäle**

**Fischer, Hermann**

**Darmstadt, 1894**

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-77907](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-77907)

P  
63

*Handwritten text on a small paper label, possibly a library or collection identifier.*

*Handwritten text on a larger paper label, possibly a title or author name.*

M  
18 985

~~E. 7. 4323~~

~~73/III~~

~~IV/5~~





*E. 7. 4325*

*73/III*  
*IV/5*

FORTSCHRITTE

AUF DEM GEBIETE DER

ARCHITEKTUR.

ERGÄNZUNGSHEFTE

ZUM

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

Nr. 3.

Heizung, Lüftung und Beleuchtung  
der Theater und sonstiger Versammlungssäle.

Von

Hermann Fischer,

Professur an der technischen Hochschule zu Hannover.

Mit 35 in den Text eingedruckten Abbildungen.

Ergänzungsheft zu Theil III, Band 4 des „Handbuchs der Architektur“.

*Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.*



DARMSTADT 1894.

VERLAG VON ARNOLD BERGSTRÄSSER.

K 2284  
K DXXI/72

03  
M  
18985



Zink-Hochätzungen aus der k. k. Hof-Photogr. Kunst-Anstalt von C. ANGERER & GÖSCHL in Wien.

Druck der UNION DEUTSCHE VERLAGSGESELLSCHAFT in Stuttgart.

## INHALTS-VERZEICHNISS.

---

	Seite
Vorbemerkungen . . . . .	5
I. Einleitung . . . . .	5
II. Wärme- und Feuchtigkeitsentwicklung durch den menschlichen Stoffwechsel . . . . .	9
III. Abfuhr der Wärme und Feuchtigkeit . . . . .	11
IV. Bewegungsmittel für die Luft . . . . .	23
V. Schöpfen, Reinigen und Erwärmen, bezw. Kühlen der frischen Luft . . . . .	27
VI. Durchbildung der Anlagen zu Gunsten ihrer Bedienung . . . . .	34

---



## Heizung, Lüftung und Beleuchtung der Theater und sonstiger Versammlungssäle.

Die gleichzeitige Lösung der drei oben genannten Aufgaben verursacht keine erheblichen Schwierigkeiten, so lange ein Raum nur einige oder gar keine Menschen enthält und so lange die Beleuchtung mittels Flammen in mäßigem Umfange stattfindet. Mit der Zunahme der Menschenzahl und der Steigerung der Flammenbeleuchtung mehren sich einerseits die Belästigungen, welche der geschlossene Raum für seine Insassen mit sich bringt, andererseits die Unannehmlichkeiten, welche Folgen des Heizens, Lüftens und Beleuchtens, derjenigen Mittel, welche jene Belästigungen bekämpfen sollen, sind.

Die Wahl des richtigen Masses, wie der Art dieser Mittel wird dadurch erheblich erschwert, daß die Temperatur des Freien sowohl, als auch die Zahl der in dem betreffenden Raum befindlichen Personen innerhalb weiter Grenzen schwanken. Die verschiedenartige Gewöhnung der Menschen an die Zustände ihrer Umgebung und die hieraus folgenden, sich oft geradezu widersprechenden Anforderungen, welche an eine tadellos sein sollende Lösung der vorliegenden Aufgabe gestellt werden, machen sie zu einer der schwersten der Technik.

Um die folgenden Erörterungen zu vereinfachen, soll die Licht spendende Seite der künstlichen Beleuchtung vernachlässigt, letztere nur so weit mit berücksichtigt werden, als sie auf den Zustand der Luft, deren Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt Bezug hat; die Lichtwirkung der Beleuchtungseinrichtungen kann unabhängig von den angeführten Erscheinungen behandelt werden.

### I.

#### Einleitung.

In früheren Jahren war man auf dem vorliegenden Gebiete anspruchsloser, als jetzt. Im Winter befriedigte der nothdürftigste Schutz gegen die Kälte; man opferte diesem, einer entsprechenden Temperatur im Zimmer, gern den Luftwechsel. Und zu milderer Jahreszeit wurde der letztere in einfachster Weise durch Oeffnen der Fenster, vielleicht auch der Thüren vermittelt. Für »Zug« empfindliche Personen scheinen sich in das »Unabänderliche« einfach gefügt zu haben.

Künstliche Lüftungen gab es allerdings schon vor Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts. Dieselben dienten jedoch nur zur Verhütung gröfserer Gefahren für die Gesundheit in gewerblichen Betrieben. Die unten angegebenen Quellen <sup>1)</sup> enthalten

<sup>1)</sup> KUNKEL. *Ars vitriaria*. 1689. S. 398. — AGRICOLA. *De re metallica*. Basel 1521. S. 159—170.

dem entsprechende Beispiele. Bemerkenswerth im vorliegenden Sinne ist die Thatfache, daß noch 1790 die Sitzungssäle des Londoner Parlamentshauses mit Holzkohlenbecken geheizt wurden, ohne besondere Abfuhr der entstehenden Gase<sup>2)</sup>.

Als erster und dabei glücklicher Versuch, auch im Winter reichlichen, nicht belästigenden Luftwechsel zu ermöglichen, nenne ich *Meissner's* Heizung mit erwärmter Luft. Sie ist von ihrem Urheber in der unten genannten Schrift<sup>3)</sup> ausführlich beschrieben und begründet. Zu derselben ist besonders hervorzuheben, daß *Meissner*:

- 1) verlangt, der Luftwechsel dürfe nicht belästigen, und
- 2) diese Aufgabe, so weit die Heizzeit in Frage kommt, vortrefflich löst.

An die Forderung, auch für die wärmere Jahreszeit Lüftungsvorrichtungen einzurichten, welche bei ihrer Wirkung weniger »Zug« verursachen, als die geöffneten Fenster, hat damals wohl Niemand gedacht. In der ersten, 1828 erschienenen Ausgabe des bedeutamen *Péclet'schen* Werkes<sup>4)</sup> finden sich nur sehr unvollkommene Bemerkungen über die Lüftung. Beispielsweise berechnet *Péclet* die für jede Person erforderliche Lüftungsmenge auf verschiedenen Wegen zu stündlich 0,177 cbm bis höchstens 6,937 cbm. In den späteren Auflagen seines Buches schenkt *Péclet* dem Gegenstande mehr Aufmerksamkeit.

Im Jahre 1836 machte *Reid* in Edinburgh die *Philosophical society* daselbst mit einer Erfindung bekannt, welche ausschließlich der Lüftung — unabhängig von der Heizung — gewidmet ist<sup>5)</sup>. Derselbe führte die genannte Gesellschaft in einen 9,8 m langen und 5,5 m breiten Saal, in dessen Fußboden 50 000 Oeffnungen angebracht waren, durch welche die frische Luft eintrat, während die Luft des Saales nach oben abfloß. Es wurde fest gestellt, daß erheblichere — künstlich erzeugte — Luftverunreinigungen in kurzer Zeit und ohne besonders bemerkbare Luftströmungen beseitigt werden konnten. Dieses Lüftungsverfahren wurde nach *Reid's* Plänen für die Sitzungssäle des Londoner Parlamentshauses ausgeführt und ist später in zahlreichen anderen Bauwerken zur Anwendung gekommen. Insbesondere haben die Erfolge, welche die unter Leitung *Böhm's* ausgeführte, im Jahre 1869 in Betrieb genommene Lüftungsanlage des Opernhauses in Wien erzielte, der Lüftung durch emporsteigende Luft, begeisterte Anhänger verschafft.

*Reid* hat dieses Lüftungsverfahren in einem sehr beachtenswerthen Buche<sup>6)</sup> ausführlich begründet.

Während *Reid* als der Begründer des Lüftens durch emporsteigende Luft angesehen werden kann, muß man *Morin* als erfolgreichsten Vertheidiger des umgekehrten Verfahrens bezeichnen. Dasselbe — bestehend in Einführung der frischen Luft in größerer Höhe und Abfuhr der Luft nahe am oder durch den Fußboden — ist zuerst von *Meissner* angewendet, allein — entsprechend den bescheidenen Verhältnissen seiner Zeit — nur für die Winterlüftung. *Darcet* verwendete gegen 1840 dieselbe Luftführung<sup>7)</sup> für ein Pariser Theater, wählte aber — anscheinend — die Luftabfuhr durch die Decke, in Hinsicht auf die Wärmeentwicklung des Kronleuchters.

2) Siehe: REID, D. B. *Illustrations of the theory and practice of ventilation*. London 1844. S. 271.

3) MEISSNER, P. T. *Die Heizung mit erwärmter Luft*. 3. Aufl. Wien 1827.

4) PÉCLET, E. *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*. Paris 1828. — 3. Aufl. 1861.

5) Siehe: *Mechanics magazine*, Aug. 1836, S. 320.

6) A. a. O.

7) Siehe: *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 278.

*Morin* hatte 1862 Gelegenheit, in London die Mängel des *Reid'schen* Lüftungsverfahrens kennen zu lernen, und bearbeitete den Gegenstand in einem vorzüglichen Buch<sup>8)</sup> in gründlichster Weise. Er bekämpft darin die *Reid'sche* Lüftungsweise auf das lebhafteste und hat die Lüftung mit hoch liegenden Zuluft- und an den tiefsten Stellen der betreffenden Räume befindlichen Abflufs-Oeffnungen für Frankreich zu der herrschenden gemacht; seinen Erörterungen ist, wenigstens theilweise, auch die anderweitige Anwendung dieses Lüftungsverfahrens zu verdanken.

Behufs richtiger Kennzeichnung der Verdienste der genannten Männer hebe ich hier noch einige äufsere Umstände hervor.

*Meissner* war, wie bereits erwähnt, überhaupt der erste, welchem es gelang, eine erhebliche Besserung im Luftzustande geschlossener, von Menschen bewohnter Räume zu schaffen; ihm genügte die künstliche, gute Winterlüftung.

*Reid* stand der schwierigen Aufgabe gegenüber, die großen Sitzungssäle des Londoner Parlamentshauses zu lüften, die Räume, welche oft sehr viele Menschen auf längere Zeit aufzunehmen hatten, welche bis tief in die Nacht benutzt und deshalb durch die nicht allein von Menschen, sondern in größerem Mafse von zahlreichen Gasflammen entwickelte Wärme und Feuchtigkeit bald für die Insassen unerträglich wurden. Es lag deshalb nahe, der schwül-heifsen Luft nach oben Abzug zu gewähren und von unten Ersatz für die abgeflossene Luft zu geben. Er scheint sich darüber klar gewesen zu sein, dafs die von unten eintretende Luft eine gewisse Belästigung hervorbringen würde; denn er vertheilte die Zuluft-Oeffnung auf den ganzen Grundriß der Räume, doch wohl in der Absicht, dem einzelnen Insassen nur die unvermeidliche Belästigung zuzumuthen.

*Morin* konnte *Reid'sche* Anlagen im Betrieb beobachten und ihre Schwächen erkennen. Die vor 1862 liegenden 20 Jahre, welche für die Entwicklung der Technik so bedeutend waren, hatten auch bessere Einrichtungen, als *Reid* bekannt waren, zur Fernhaltung der von den Beleuchtungsflammen stammenden Wärme und Feuchtigkeit werden lassen. Und *Morin's* Stellung räumte diejenigen Schwierigkeiten hinweg, die so häufig gröfsere Versuche verhindern.

An diesem Orte mufs ich noch *Scharrath's* gedenken, dessen »Porenventilation« gegen Ende der sechziger Jahre viel von sich reden machte. Derselbe glaubte durch weit gehendste Vertheilung der Zuluft-Oeffnungen die »Zugbelästigungen« wo möglich zu vermeiden, war aber in der Wahl der Ausführungsweise nicht besonders glücklich. Da das *Scharrath'sche* Verfahren vergessen ist, so kann ich mich an diesem Orte mit der Anziehung einer Quelle begnügen, welche dasselbe trefflich darstellt<sup>9)</sup>.

Bei Beantwortung der Frage: »Wie hat sich das eine oder andere Lüftungsverfahren, wie eine bestimmte Lüftungsanlage bewährt?« begegnet man manchen Schwierigkeiten.

In erster Linie ist hier die Fehlfamkeit des menschlichen Gefühls, die Abhängigkeit desselben von den Gewohnheiten der betreffenden Menschen hervorzuheben.

*Reid* führt hierfür<sup>10)</sup> folgende Beispiele an: »Die erste Bemerkung, welche im Haufe der Gemeinen nach der Aenderung (Einrichtung der *Reid'schen* Lüftung) gemacht wurde, war: „Die Temperatur steigt unausföhlich; wir werden sofort

8) MORIN, A. *Études sur la ventilation*. Paris 1863.

9) Reisebericht des K. K. Hauptmanns *Philipp Heß*. Prakt. Masch.-Constr., 1876, S. 4 u. 22.

10) Siehe: REID, a. a. O., S. 294.

erfticken.<sup>4</sup> Diefte Worte waren Seitens eines Abgeordneten, welcher zur Thür fchritt, an mich gerichtet. Kaum hatte diefer den Raum verlassen, fo folgte ihm ein zweiter, beim eiligen Hinausfchreiten rufend: „Ich zittere vor Kälte, ich halte es in diefem Haufe nicht länger aus.“

*Percy*, der langjährige Leiter der Heizungs- und Lüftungsanlagen im englifchen Parlamente, fprach 1866 aus<sup>11)</sup>: Nicht felten feien die Anfichten zweier benachbarter Abgeordneten über die Temperatur des Haufes erheblich verfchieden. Eben fo fei es mit der Lüftung. Die Sommerlüftung durch Oeffnen der Fenster fei uns von unferer Kindheit her fo bekannt, erfeine fo felbftverftändlich, dafs wir kaum zu glauben vermöchten, es fei eine gleich wirkfame Lüftung bei gefchloffenen Fenftern möglich, wenn gleich durch Verfuche — fowohl im Haufe der Lords, wie der Gemeinen — gefunden worden fei, dafs die Temperatur der Räume innerhalb weniger Minuten um mehrere Grade ftieg, als man die Fenster geöffnet hatte (d. h. die durch diefe Art der Lüftung gewonnene Kühlung eine weit mangelhaftere war, als die durch künstliche Lüftung hervorgerufene).

Ich habe viele Erfahrungen in gleichem Sinne gemacht.

Ferner aber wird, und zwar in erheblichem Grade, das Urtheil über eine beftimmte Anlage durch den Betrieb derfelben getrübt. Vielfach werden die vom Ingenieur unter Berücksichtigung aller in Frage kommende Umftände durchgebildeten Anlagen von Menfchen geleitet oder bedient, denen das erforderliche Auffaffungsvermögen oder die nöthige Gewiffenhaftigkeit mangelt, und dann der Miferfolg ohne Weiteres auf die Anlage und deren Urheber zurückgeführt.

Der Zweck einer jeden Lüftung ift, den im gefchloffenen Raume befindlichen Menfchen mit folcher Luft zu verforgen, die für feinen Stoffwechfel geeignet ift. Da einerfeits die Einfchließungsflächen der Räume für Wärme durchläffig find, andererseits der Stoffwechfel erhebliche Wärmemengen liefert, fo ift es unvermeidlich, die künstliche Heizung, bezw. Kühlung mit der Lüftung gemeinfam zu erörtern.

In Theatern und anderen Verfammlungsfälen, deren Lüftung und Heizung einziger Gegenftand des vorliegenden Heftes find, ift der Einfluß der vom menfchlichen Stoffwechfel gelieferten Wärme und des vom Menfchen abgegebenen Wasserdampfes fo erheblich, dafs die fonftigen vom Stoffwechfel herrührenden Aenderungen der von der Natur gebotenen Luft hiergegen verfchwinden. Diefte Wärme- und Feuchtigkeitsabgabe find daher zunächft ihrer Menge nach feft zu ftellen.

Beide — Wärme, wie Feuchtigkeit — werden regelmäfsig durch Luft fortgetragen; die hierbei in Frage kommenden Umftände find gewiffermaßen das Hauptfächlichfte der vorliegenden Erörterungen.

Die neu einzuführende Luft bedarf der Reinigung, Erwärmung und unter Umftänden auch der Kühlung; fie muß in zweckentfprechender Weife eingeführt, vertheilt und wieder abgeführt werden.

Ein befriedigender Erfolg ift aber nur zu erwarten, wenn die Wirkung der Anlage dem wechfelnden Bedürfnifs ohne erhebliche Schwierigkeit anzupaffen, wenn die Bedienung durch Perfonen mittlerer Veranlagung ohne Ueberanftrengung durchzuführen ift.

Dem entfprechend werden fich die folgenden Erörterungen gliedern.

<sup>11)</sup> Siehe: *Industries*, 4. Nov. 1892.

## II.

## Wärme- und Feuchtigkeitsentwicklung durch den menschlichen Stoffwechsel.

Es bedarf keines Nachweises, daß der Mensch — je nach seiner Körperbeschaffenheit, seiner Ernährung, seiner Beschäftigung und seines Gemüthszustandes — verschiedene Mengen von Wärme und Wasserdampf abliefern. Deshalb dürfte es berechtigt sein, hier die Angaben verschiedener Beobachter zusammenzustellen.

*Péclot* giebt in der 1. Auflage seines schon genannten Werkes an, daß, nach Versuchen *Mausin's*, der Mensch stündlich 34,4 l Sauerstoff verbrauche, welche ganz zur Bildung von Kohlenfäure verwendet würden. Jene 34,4 l Sauerstoff wiegen 0,05 kg und würden, wenn zur Bildung von Kohlenfäure verbraucht, 152 Wärmeeinheiten (W.-E.) liefern. *Péclot* macht von dieser Zahl keinen Gebrauch.

*Reid* nimmt 316,8 l stündlichen Luftverbrauch an. Dies entspricht etwa dem Doppelten der Sauerstoffmenge, welche *Péclot* angiebt. Einen Gebrauch hat *Reid* von der Zahl nur in so fern gemacht, als er von derselben unmittelbar auf die erforderliche Lüftungsmenge schließt.

*Morin*<sup>12)</sup> führt folgende Werthe an:

a) *Thénard* habe nach den Versuchen von *Lavoisier* und *Laplace*, so wie von *Despretz* gefunden, daß der Mensch stündlich 119,13 W.-E. entwickle.

b) Nach neueren Versuchen ergebe sich, daß während 24 Stunden in der menschlichen Lunge verbrannt würden: 240 gr Kohlenstoff und 15 gr Wasserstoff, entsprechend 1940, bzw. 518 W.-E. Hiernach würden stündlich 102 W.-E. entwickelt.

c) Nach ganz neuen Versuchen betrage die stündliche Wärmeentwicklung für Männer und Frauen im Durchschnitt 104 W.-E.

*Morin* verwendet die erste Zahl zu einer Rechnung, welche ergibt, daß bei 38,7 cbm stündlichem Luftwechsel für eine Person die Zuluft 10 Grad kälter sein müsse, als die Abluft.

Mit besonderer Sorgfalt sind ausgedehnte Versuche von *Pettenkofer* und *Voit* durchgeführt<sup>13)</sup>. Nach denselben lieferte ein 70 kg schwerer Mann im Mittel stündlich:

	ruhend	arbeitend
bei Hunger . . . . .	94 W.-E.	—
bei mittlerer Nahrung . . . . .	100 „	146 W.-E.
bei reichlicher Nahrung . . . . .	115 „	—

Diese Beträge umfassen auch diejenige Wärme, welche für die Wasserverdunstung verbraucht, also gebunden wird.

Ueber die Menge des entwickelten Wasserdampfes liegen nicht so viele Angaben vor. *Péclot* giebt in der 1. Ausgabe seines Werkes an, daß dieselbe nach *Séguin* stündlich 46 bis 115 gr betrage, und zwar in warmer Jahreszeit mehr, als in kalter.

*Pettenkofer's* und *Voit's* oben angezogene Versuche ergeben Folgendes:

Stündliche Verdunstung eines 70 kg schweren Mannes:

	am Tage	in der Nacht	im Durchschnitt
bei Hunger und Ruhe . . . . .	37	32	34
„ „ „ „ . . . . .	39	29	34
„ „ „ Arbeit . . . . .	119	29	74
„ mittlerer Kost und Ruhe . . . . .	—	—	35
„ „ „ „ „ . . . . .	44	40	42
„ „ „ „ „ . . . . .	37	43	40
„ „ „ „ Arbeit . . . . .	—	—	85
„ „ „ „ „ . . . . .	86	31	59
„ eiweißreicher Kost und Arbeit . . . . .	58	34	46
„ „ „ „ „ . . . . .	54	47	50
„ eiweißfreier Kost und Arbeit . . . . .	47	30	39
„ „ „ „ „ . . . . .	57	—	—
„ „ „ „ „ . . . . .	45	45	45

Gramm.

<sup>12)</sup> A. a. O., Bd. 2, S. 154.

<sup>13)</sup> Siehe: Zeitfchr. f. Biologie, Bd. 2 (1866), S. 546.

Stündliche Verdunstung eines 52 kg schweren, schlecht genährten Mannes:

	am Tage	in der Nacht	im Durchschnitt
bei mittlerer Kost und Arbeit . . .	40 gr	36 gr	38 gr

Welchen Feuchtigkeitszustand die den beobachteten Mann umgebende Luft hatte, ist leider nicht angegeben.

Aus den vorliegenden Zahlen ist zu entnehmen:

- dafs die Verdunstung mit der Ernährung wächst;
- dafs sie bei der, auch am Tage ruhenden Person Tag und Nacht etwa gleich ist;
- dafs sie während körperlicher Anstrengung gröfser und während der folgenden Ruhe (Nacht) kleiner ist, als bei dauernder Ruhe, immerhin aber der durchschnittliche Betrag von 24 Stunden bei dem Arbeitenden gröfser ausfällt, als bei dem Tag und Nacht Ruhenden. Die von *Pettenkofer* und *Voit* gefundenen Grenzwerte decken sich übrigens im Wesentlichen mit denjenigen *Séguin's*.

Es ist nun die Frage zu erörtern, welche Werte für den vorliegenden Zweck — Lüftung der Theater und sonstiger Versammlungssäle — in Rechnung zu stellen sind?

Von den Angaben über Wärmeentwicklung beachte ich nur diejenigen, welche *Morin* anführt (119, 102, bzw. 104 W.-E.), und die von *Pettenkofer* und *Voit* gegebenen (ruhend 100, bzw. 115, arbeitend 146 W.-E.), wobei zu beachten ist, dafs die *Morin'schen* Zahlen, wenigstens die letzte derselben, einen Durchschnitt für Mann und Weib darstellen. Auch *Pettenkofer* und *Voit* geben Durchschnittswerte der Wärmeentwicklung, aber von erwachsenen Männern.

Ist es für Lüftungszwecke zulässig, die Durchschnittswerte ohne Weiteres in Rechnung zu stellen? Ich glaube, nein; denn die Lüftungsanlage soll auch den vorkommenden gröfsten Wärme- wie Wasserdampfentwickelungen gewachsen sein, Wärme und Wasserdampf auch zur Zeit gröfserer Erregung der Menschen in genügendem Grade abführen.

Auf Grund dieser Erwägung habe ich früher<sup>14)</sup> die fühlbare Wärme, welche ein erwachsener Mann stündlich liefert, zu 100 W.-E. angegeben. Die Wasserdampf-Abgabe schwankt nach den obigen Angaben etwa zwischen 40 und 140 gr stündlich. Die vorliegende oberste Grenze wird für Versammlungsräume nicht in Frage kommen; immerhin dürfte es sich empfehlen, die Anlage so zu machen, dafs sie im Stande ist, stündlich 100 gr Wasserdampf für jeden erwachsenen Mann abzuführen.

Für Frauen und für jüngere Personen wird man sowohl für die Wärme-, wie die Wasserdampf-Abgabe kleinere Werte einsetzen.

Nimmt man nun für einen erwachsenen Mann 100 W.-E. und 30, 40, 50, 60, 70, 80 kg (d. i. 23, 31, 38, 46, 54, 61 cbm) stündlichen Luftwechsel an, so erhält man als Temperaturzunahme  $\Delta$  der frischen Luft:

$$L = 30, 40, 50, 60, 70, 80 \text{ Kilogr.}$$

$$\Delta = 13,9, 10,4, 8,3, 7, 6, 5,2 \text{ Grad,}$$

also, wenn die Temperatur der Luft 23 Grad nicht übersteigen soll, als Eintrittstemperatur der frischen Luft:

$$t = 9,9, 12,6, 14,7, 16, 17, 17,8 \text{ Grad.}$$

Das Verchlückungsvermögen von 1 kg Luft steigert sich um:

$$9,9, 8,54, 7,2, 6,3, 5,55, 5,05 \text{ Gramm,}$$

also das Aufnahmevermögen der gesammten Luftmenge um:

$$297, 342, 360, 378, 388, 404 \text{ Gramm.}$$

<sup>14)</sup> Siehe: Handbuch der Architektur, Theil III, Bd. 4, 2. Aufl., Art. 99, S. 95.

Die in Aussicht genommenen Luftmengen sind daher völlig ausreichend, selbst eine grössere Wasserdampfmenge als 100 gr aufzunehmen und fortzutragen, so lange eine erhebliche Abkühlung der Abluft vermieden wird. Es braucht daher im Folgenden der entwickelte Wasserdampf nicht weiter beachtet zu werden, wenn man diese Bedingung: Vermeidung grösserer Abkühlung der Abluft — gebührend berücksichtigt.

Aus der gegebenen Rechnung folgt aber ferner, dass es unschädlich ist, die Verdunstungsmenge eines erwachsenen Mannes zu 100 gr stündlich anzunehmen. Sie ist im Durchschnitt kleiner, was aus den *Pettenkofer-Voit* schen Versuchen hervorgeht, nämlich nur gleich 47 gr, wenn die fühlbare Wärme 100 W.-E. und die Gesamtwärme 128 W.-E. beträgt.

Was die Wahl der Lüftungsmenge anbelangt, so ist dieselbe nach den verfügbaren Mitteln zu treffen. Mit der Steigerung der Lüftungsmenge wachsen Anlage-, wie Betriebskosten ganz erheblich, mindert sich aber andererseits — bei verständiger Anlage — die Zugbelästigung. Unter 40 kg (31 cbm) stündlich für eine Person wird jetzt wohl nirgends mehr in Rechnung gestellt, während 80 kg (61 cbm) die oberste Grenze sein dürfte<sup>15)</sup>.

Die Wärme- und Feuchtigkeitslieferung der Beleuchtungsflammen kann hier so weit in Betracht gezogen werden, als aus ihrer Menge die Nothwendigkeit besonderer Abfuhr folgt.

Aus einer Reihe von mir gesammelter Angaben geht hervor, dass jetzt selbst für Hörsäle oft 70 l Gas für jeden Kopf und die Stunde entfallen. Andere Versammlungsräume werden nicht schlechter beleuchtet und, wenn Theater für die Verfatzstücke Gasbeleuchtung verwenden, so steigert sich der Gasverbrauch auf das Doppelte jener Zahl. 70 l Gasverbrauch entspricht rund 450 W.-E. und 95 gr Wasserdampf für jeden Kopf und jede Stunde. Andere Beleuchtungsflammen liefern theils etwas weniger, theils aber mehr Wärme, so dass sie den Gasflammen etwa gleich gerechnet werden können. Daraus folgt ohne Weiteres, dass die Wärme und Feuchtigkeit der Beleuchtungsflammen so lange von der Luft des betreffenden Raumes fern gehalten werden müssen, als diese noch mit Menschen in Berührung kommt. Man kennt hierzu geeignete Einrichtungen, zieht aber für die hier in Frage kommenden Räume meistens den Ersatz der Flammenbeleuchtung durch elektrische Beleuchtung vor, deren Wärmeabgabe verschwindend ist.

### III.

#### Abfuhr der Wärme und Feuchtigkeit.

In einem gut besetzten Saal kann die unmittelbare Strahlung benachbarter kälterer Körper gegenüber dem Menschen nur in verschwindendem Grade zur Wärmeentziehung dienen, indem die Menschen sich gegenseitig bestrahlen. Vielmehr wird die Wärme in solchem Umfange von der umgebenden Luft aufgenommen, dass man rechnerisch nur diese in Betracht ziehen kann.

<sup>15)</sup> Vergl.: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, Decbr.

Die Luft trägt die Wärme, wie die Feuchtigkeit fort, wird durch Abluft-Oeffnungen entlassen, während frische Luft zu den Menschen tritt, oder wird irgend wo abgekühlt — wobei sie auch die aufgenommene Feuchtigkeit verliert —, um aufs neue mit Menschen in Berührung zu treten.

Durch Berührung der kälteren Luft mit dem menschlichen Körper und Strahlung des letzteren gegenüber der Luft findet die Uebergabe der Wärme an letztere statt. Sie erzeugt beim Menschen ein Gefühl, welches mit »Zug« bezeichnet wird, wenn sie auf die verschiedenen Theile des Körpers anders einwirkt, als derselbe gewohnt ist, insbesondere, wenn einzelnen Theilen des Körpers eine grössere Wärmeabgabe zugemuthet wird, als anderen.

Bekanntlich<sup>16)</sup> wird die durch Leitung herbeigeführte Wärmeabgabe an Luft lebhaft durch die Geschwindigkeit beeinflusst, mit welcher die Luft den festen Körper bespült. Die den menschlichen Körper unmittelbar einhüllende Luftschicht nimmt die Wärme zunächst auf, hat deshalb eine höhere Temperatur als die entfernter liegenden Luftschichten, insbesondere auch als diejenige Luft, deren Temperatur mittels des Thermometers gemessen wird. Je lebhafter die Luftbewegung ist, um so rascher wird die Wärme weiter geführt, um so mehr also auch jene, den Körper unmittelbar einhüllende Luftschicht von Wärme entlastet, d. h. der Temperaturunterschied zwischen Körperoberfläche und einhüllender Luft und damit die Entwärmung des Körpers gesteigert. Die höhere Temperatur des Raumes wird weniger fühlbar bei lebhafter Bewegung der Luft, als bei nahezu ruhender. Dies weifs Jeder, der einmal vom Fächer Gebrauch gemacht hat.

Gelegentlich meines Besuches der Vereinigten Staaten von Nordamerika konnte ich mich überzeugen, wie allgemein dort der Gebrauch des Fächers ist. Nicht allein bedient man sich des durch die Hand bewegten Fächers, sondern vielfach auch mechanisch angetriebener Fächer<sup>17)</sup>, um den Aufenthalt in geschlossenen Räumen erträglich zu machen, und wenn künstliche Lüftung vorgesehen ist, so wirkt dieselbe — wenigstens in den von mir selbst beobachteten Fällen — mit durch die Lebhaftigkeit der Luftbewegung. Man muß oft die Speisekarte oder den Theaterzettel belasten, um das Fortspülen zu verhindern!

In gleichem Grade, wie die lebhaftere Luftbespülung die Entwärmung des menschlichen Körpers fördert, veranlaßt sie auch die sog. »Zugempfindung«, so daß dieses Mittel zur Ueberführung der menschlichen Wärme an die umgebende Luft eben so vorsichtig behandelt werden muß, wie das eigentliche: die Zufuhr kälterer Luft. *Renk* berichtete über einen Lüftungsversuch im Königl. Odeon zu München<sup>18)</sup>: Man »konnte . . . manche Personen nach Tüchern und Ueberziehern greifen sehen, um sich gegen den empfindlichen Zug (trotz 23 Grad C.) zu schützen«.

Da jedoch die Luftbespülung, die öftere Mischung derjenigen Luft, welche den menschlichen Körper unmittelbar berührt, mit der entfernteren, gestattet, mit wärmerer Luft zu arbeiten, auch zur Sommerszeit die nöthige Entwärmung des Menschen herbeizuführen, so ist sie, verständig angewendet, ein erwünschtes Hilfsmittel.

Die behaglichste Entwärmung für den Besucher des Theaters, Sitzungs-saales u. s. w. ist immer diejenige, an welche derselbe gewohnt ist. Sie kann nicht geboten werden, weil die Wärmestrahlung durch die benachbarten Menschen behindert wird, und vor Allem, weil es unmöglich ist, jeden einzelnen Besucher nach seinen persönlichen Wünschen zu behandeln. Es muß vielmehr ein Zustand angestrebt werden, welchen man allgemein als zweckmäfsig anerkennt.

<sup>16)</sup> Vergl.: Handbuch der Architektur, a. a. O., Art. 102, S. 98.

<sup>17)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 1448.

<sup>18)</sup> Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1877, S. 224. — In anderem Wortlaut: Gesundh.-Ing. 1887, S. 291.

Dies ist offenbar derjenige, welcher die geringste Zugempfindung herbeiführt. Daraus folgt ohne Weiteres, daß die Kühlmittel auf sämtliche Infassen des Raumes möglichst gleichförmig vertheilt werden sollen, weil das Weniger für den Einen ein Mehr für den Anderen bedingt, also diesem eine größere Zugbelastung zumuthet. Jeder Einzelne soll aber, so weit thunlich, über die ganze Oberfläche seines Körpers gleichmäÙig von der Entwärmung getroffen werden.

Völlig ist dieses Ziel nicht zu erreichen; es ist die Frage, welche der in Vorschlag gebrachten, bezw. ausgeführten Lüftungsarten sich demselben am meisten nähern.

Behufs Erörterung dieser Frage möge zunächst angenommen werden:

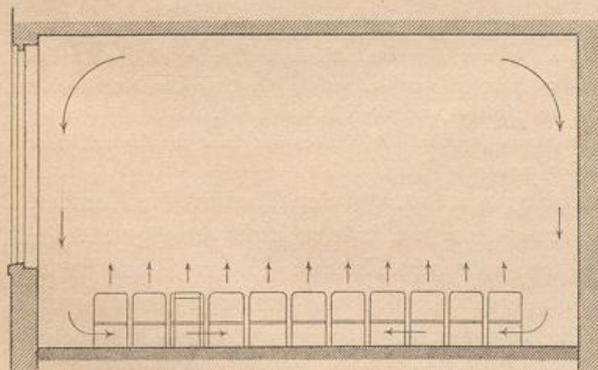
A) Der Raum sei ohne Lüftung; die von den Menschen entwickelte Wärme und Feuchtigkeit werden durch die Einschließungsflächen abgeführt. Fig. 1 stelle einen solchen Raum im Querschnitt dar.

Es kann alsdann die an die Einschließungsflächen abgegebene Wärme gleich der von den Infassen entwickelten oder größer als diese sein.

Im ersteren Falle steigt die mit den Menschen in Berührung stehende Luft, da sie Wärme aufgenommen hat, lothrecht empor und breitet sich zunächst unter der Decke aus, während die kältere Luft an den Wänden und Fenstern nach unten fließt und sich über dem Fußboden hinweg zu den Füßen der Menschen bewegt. Dort beginnt ihre Wiedererwärmung, setzt sich fort, indem die leichter werdende Luft an den Körpern der Menschen emporsteigt, breitet sich unter der Decke wieder aus und sinkt dann, sich an Wänden und Fenstern abkühlend, zu Boden und zu den Füßen der Infassen u. f. f. Die von den Menschen abgegebene Feuchtigkeit wird bei diesem Kreislauf mit nach oben genommen und an denjenigen Einschließungsflächen abgegeben, welche am kältesten sind. Für gewöhnlich dienen die Fenster als Wasserabscheider; es bilden sich aber auch feuchte Niederschläge an dicken, zufällig kalten Wänden.

Die Temperatursteigerung der an den Menschen emporsteigenden Luft wächst mit der aufgenommenen Wärme und steht im umgekehrten Verhältniß zur Luftmenge.

Fig. 1.



Nimmt man in Bezug auf Fig. 1 an, daß jeder der 11 in einer Reihe stehenden Stühle von einem Menschen besetzt ist und jeder der letzteren stündlich im Durchschnitt 80 W.-E. an die Luft abgibt, während in derselben Zeit 50 kg Luft an ihm emporsteigen, so erhält man als Temperatursteigerung  $6\frac{2}{3}$  Grad.

Die  $50 \cdot 11 \text{ kg} = 550 \text{ kg}$  von den Wänden niederfallende Luft, welche um  $6\frac{2}{3}$  Grad kälter ist, als die den Menschen verlassende

Luft, kann nur von der Seite zufließen, so daß die Untertheile derjenigen Personen, welche die Enden der Reihe einnehmen, eine sehr starke Abkühlung erfahren. Insbesondere ist die hieraus erwachsende Belastung meistens für denjenigen fühlbar, welcher das der Fensterwand nahe liegende Reihende bildet.

Ist der Wärmeabfluss durch die Einschließungsflächen größer, als die Wärmeentwicklung der versammelten Menschen, so wird der Mehrbedarf an Wärme durch Heizung geliefert. Abgesehen von einer etwaigen Wärmestrahlung der Heizkörper — welche man möglichst vermeiden wird — wird diese Wärme an Luft abgegeben, die zur Decke emporsteigt, mit der von den Menschen erwärmten sich mischt und zu Boden sinkt. Hier wählt ein Theil der abgekühlten Luft den Weg zu einem Heizkörper; der andere Theil wendet sich der Menschenanfammlung zu. Es ändert sich an der Entwärmung der letzteren also nichts; wohl aber können die Zugerscheinungen sich steigern, theils dadurch, dass die von den Heizkörpern aufsteigende wärmere Luft erheblich rascher strömt, als die von den Menschen abfließende, vor Allem aber, weil der niederfallende kalte Strom entsprechend mächtiger wird und dadurch schon mit benachbarten Menschen in Berührung tritt.

Eine im Hanfa-Saal des Rathhauses in Cöln gemachte Beobachtung beleuchtet den Vorgang in bemerkenswerther Weise. Fig. 2 ist ein Querschnitt dieses sehr alten, nebenbei bemerkt, reich geschmückten Raumes, welcher jetzt als Sitzungssaal der Stadtverordneten benutzt wird. Diese sitzen, mit dem Rücken gegen die Langwände gekehrt, in Reihen. Heizwasserröhren *a*, welche an der Stofsleiste der Wände verlegt sind, dienen zur Heizung und Kronleuchter *b* zur Beleuchtung. Die Wölbung besteht aus Brettern; über ihr befindet sich nur das Dach. Früher wurde der Saal durch Gas beleuchtet; man tauchte die Gasflammen gegen elektrische Glühlampen aus. Da wurden — bei kaltem Wetter — lebhaft Klagen über Zugbelästigungen erhoben, und zwar namentlich von denjenigen Abgeordneten, welche der Fensterwand zunächst saßen.

Die Erklärung dieses Umstandes ist nicht schwer. Früher lieferten die Gasflammen so viel Wärme, wie die über ihnen gelegenen Einschließungsflächen hindurchließen, zeitweise vielleicht noch mehr. Der über den Gasflammen gelegene Raumtheil war demnach vom unteren gleichsam abgeschlossen, und im letztern wirkte nur der zugehörige Theil der Einschließungsflächen abkühlend, so dass die entstehende Luftbewegung sich in erträglichen Grenzen bewegte. Nach Einführung der elektrischen Beleuchtung muss auch diejenige Wärme von unten geliefert werden, welche die über den Kronleuchtern gelegenen Einschließungsflächen hindurchlässt, so dass — wie ein Blick auf Fig. 2 ohne Weiteres erkennen lässt — der nach unten gerichtete, kalte Strom, welcher die Rücken der nahe sitzenden Abgeordneten bespült, erheblich stärker und fühlbarer sein muss als früher.

Von den Enden der Stuhlreihe in Fig. 1, bezw. von den Rändern der Menschenanfammlung bis zur Mitte derselben bewegt sich die kältere Luft vermöge des Auftriebes, welchen hier die Menschenwärme erzeugt. Er muss größer sein, wie derjenige am Rande der Menschenanfammlung, weil die Luft bis zur Mitte einen weiteren Weg zurückzulegen hat. Sonach ist die Entwärmung der dem Rande näher befindlichen Personen auch deshalb größer, als diejenige der in der Mitte sitzenden, weil hier die Lufttemperatur höher ist als dort.

B) Der Saal werde gelüftet; durch feine Einschließungsflächen gehe aber keine Wärme verloren.

Tritt die kühlere, frische Luft mit gleichförmiger Temperatur und gleichförmig vertheilt ein (Fig. 3), so erfährt jeder Insaße nur die ihm zukommende Entwärmung;

Fig. 2.

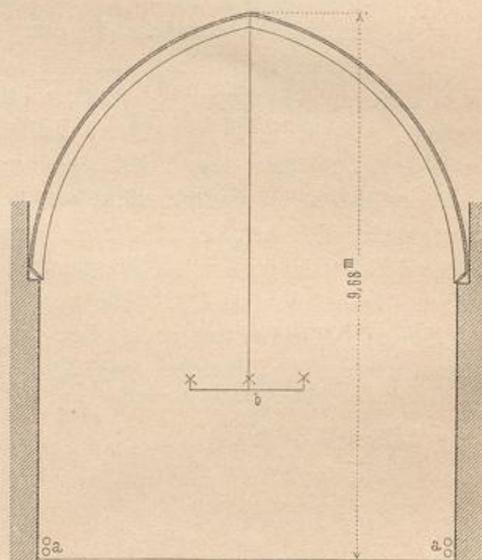
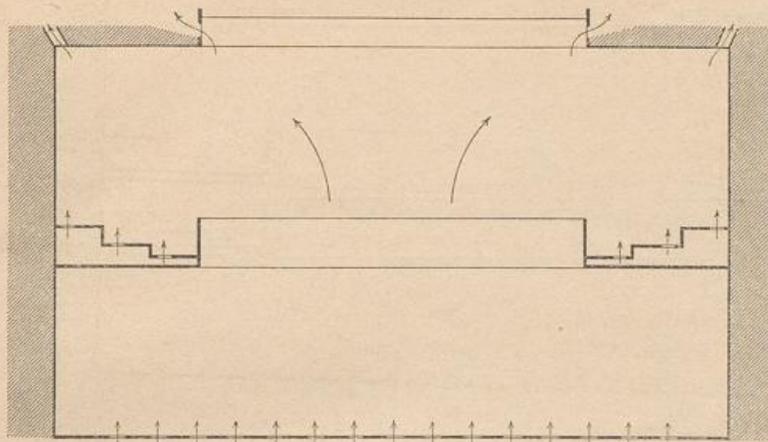


Fig. 3.



die Luft trifft die Untertheile des Körpers z. B. mit 18 Grad und verläßt den Kopf mit 23 Grad. Es sind fonach die Belästigungen im Allgemeinen geringer, als im Fall A.

Man kann zunächst der Ansicht zuneigen, daß bei umgekehrter Luftführung — Zuluftöffnungen oben,

Abluft-Oeffnungen im Fußboden (Fig. 4) — unter sonst gleichen Umständen die frische Luft mit 18 Grad auf die Köpfe der Menschen treffe, während die nahe den Füßen abfließende Luft 23 Grad warm sei. Näheres Eingehen ergibt aber, daß die den menschlichen Körper unmittelbar berührende Luft als die wärmere emporsteigt, sich mit der niederfallenden kälteren Luft mischt und diese dadurch erwärmt. Diese Nebenströmungen und Mischungen finden auf der ganzen Höhe des menschlichen Körpers statt und verhüten dadurch das unmittelbare Einwirken der kälteren Luft auf den Körper, ohne die Entwärmung desselben zu stören.

Ueber die Möglichkeit solcher Nebenströmungen gewinnt man ein Bild an Hand der folgenden kleinen Rechnung. Jeder Person sei  $0,45 \text{ qm}$  Grundrissfläche des Raumes zugetheilt; der Querschnitt der Person sei  $0,12 \text{ qm}$ , also der freie Querschnitt für die Luftströme  $0,45 - 0,12 = 0,33 \text{ qm}$ . Innerhalb dieses Querschnittes hat die Luft 3-mal zu strömen: 2-mal nach unten und 1-mal nach oben, so daß für den einfachen Strom  $0,11 \text{ qm}$  Querschnitt verfügbar ist. Bei  $50 \text{ cbm}$  stündlichem Luftwechsel entspricht dies rund  $0,13 \text{ m}$  mittlerer Geschwindigkeit, die bei den vorliegenden kleinen Temperaturunterschieden nicht fühlbar ist.

Allerdings setzt diese günstige Wirkung eine geschickte Anordnung der Zuluft-Oeffnungen und gleichförmige Abführung durch den Fußboden voraus. Bei Vorhandensein dieser Bedingung gewährt aber dieses Lüftungsverfahren zweifellos einen angenehmeren Aufenthalt, als die von unten nach oben gerichtete Lüftung.

C) Der Saal werde gelüftet; durch seine Einschließungsflächen gehe aber eine beträchtliche Wärmemenge verloren, welche zu ersetzen ist.

Man wird versuchen, diesen Ersatz durch stärkere Erwärmung der frischen Luft zu bieten. Alsdann verhält sich die Lüftung von unten (Fig. 5) wie folgt. Ein Theil der frischen Luft strömt an den Menschen entlang nach oben, um ohne Weiteres durch die Abluft-Oeffnungen zu entweichen; der andere bewegt sich den Wänden zu, weil die hier befindliche kältere Luft nach unten fließt. Die ankommende wärmere Luft giebt Wärme an die Wände ab und sinkt dabei ebenfalls nach unten. Hier angekommen, kann sie nur über den Fußboden hinweg zu den Füßen der Menschen strömen. Sie mischt sich mit der warmen Zuluft, erwärmt sich, nach oben steigend, weiter an den Menschen und entweicht entweder durch die Abluft-Oeffnungen oder tritt aufs neue in den Kreislauf, welcher dem Ersatz der durch die Wände verloren gehenden Wärme gewidmet ist.

Fig. 4.

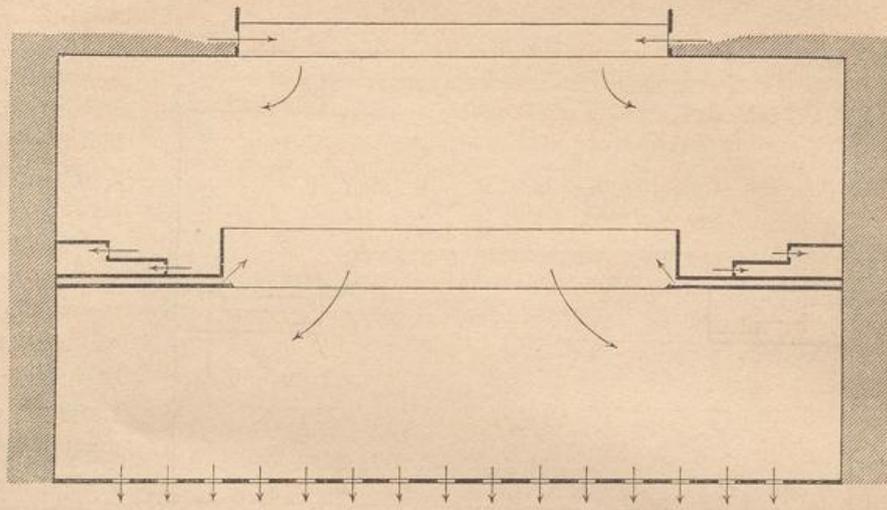


Fig. 5.

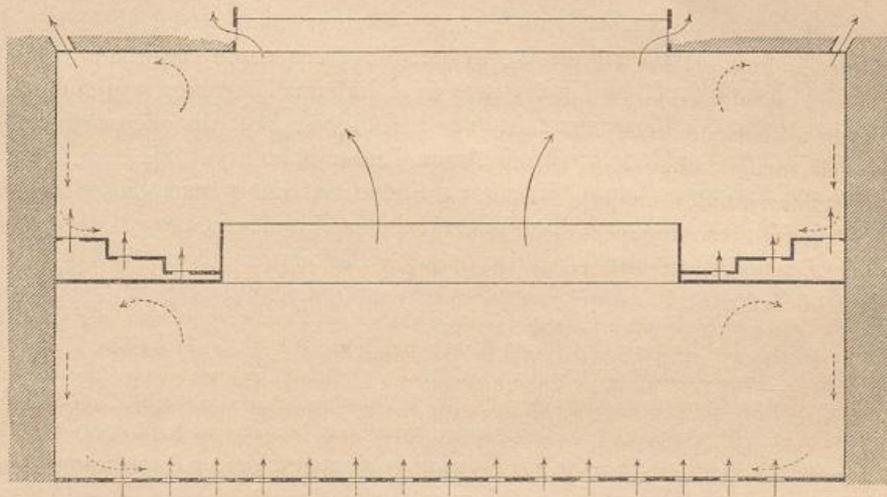
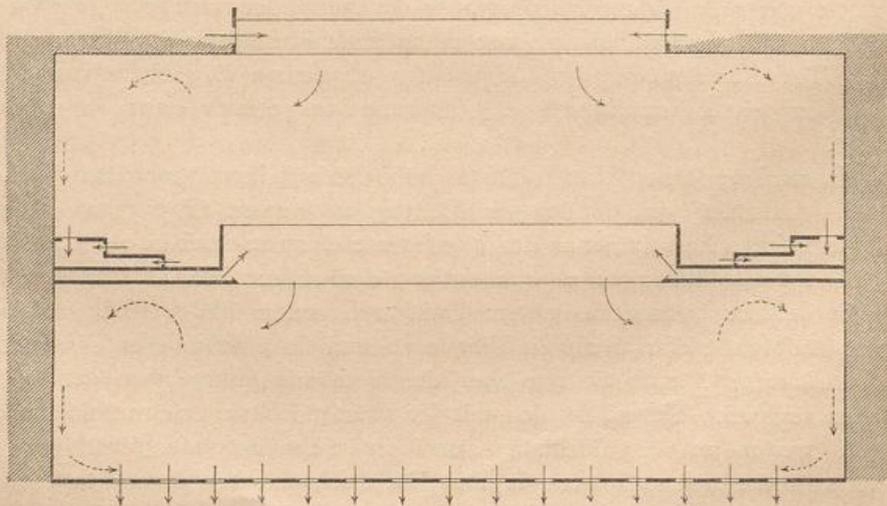


Fig. 6.



Die den Wänden, namentlich etwaigen Fenstern nahe sitzenden Personen werden daher durch kalte Luftströme an den Beinen ähnlich belästigt, wie unter A erörtert wurde.

So lange der Wärmeverlust durch die Wände nicht gröfser ist, als die von den Menschen gelieferte Wärme, so lange also die Zuluft nicht wärmer zu sein braucht, als die Luft des Raumes im Allgemeinen, so lange ist der Vorgang noch erträglich. Mufs aber die frische Luft stärker erwärmt werden, vielleicht auf 25 Grad oder mehr, so ist Niemand im Stande, die Belästigungen an den Füfsen längere Zeit zu ertragen. Zwar wird die frische Luft an den Rändern der Menschenansammlung durch Mischung mit der heranströmenden kalten Luft abgekühlt, aber in ganz unregelmässiger Weise, insbesondere theilweise zu viel. In der Mitte des Raumes wirkt aber die warme Zuluft unvermittelt auf die Menschen. Dies berechtigt zu dem Schluß: Der Eintritt der frischen Luft durch den Fußboden und die Abfuhr der Luft durch die Decke oder nahe an derselben ist unzulässig, wenn durch die Wände des Raumes erhebliche Wärmemengen verloren gehen.

Ueber eine Einschränkung dieses Satzes werde ich mich weiter unten äußern. Hier möge sofort noch darauf hingewiesen werden, dafs selbst das Anheizen des betreffenden Raumes durch warme frische Luft, bei Anwendung der vorliegenden Lüftungsart, kaum möglich ist, weil die wärmste Luft durch die Decke entweicht.

Günstiger gestalten sich im vorliegenden Falle — erheblicher Wärmeverlust durch die Wände des betreffenden Raumes —, wenn die frische Luft oben einströmt und die Abluft nach unten entweicht (Fig. 6). Die höher erwärmte frische Luft breitet sich unter der Decke aus, nimmt die von den Menschenansammlungen emporsteigende Luft auf und sinkt, an die Wände Wärme abgebend, zu Boden. Von hier aus strömt sie — wenn die Abluft-Oeffnungen unter den Menschen sich befinden — auf dem Fußboden entlang, unter die Stühle (vergl. Fall A), entweicht zum Theile und steigt zum anderen Theile an den Menschen empor. Befinden sich die Abluft-Oeffnungen in der Nähe der Wände oder in den Wänden selbst — was bei der Lüftung von oben nach unten vorkommt —, so fließt nur derjenige Theil der abgekühlten Luft unter die Menschen, welcher zur Entwärmung der letzteren erforderlich ist. Es ist daher bei der Lüftung von oben nach unten der Ersatz der nach außen verloren gehenden Wärme durch höhere Erwärmung der frischen Luft möglich; dem Anheizen des Raumes durch dasselbe Mittel steht nichts im Wege.

Die bisherigen Erörterungen ergeben, dafs beide in Frage kommende Lüftungsarten die befriedigendsten Ergebnisse liefern, wenn durch die Wände des betreffenden Raumes erhebliche Wärmemengen nicht verloren gehen. Ein Wärmeverlust durch Decke oder Fußboden stört nicht.

Dieser Vorbedingung genügt nun eine grofse Zahl der Räume, in welchen zahlreiche Menschen längere Zeit sich aufhalten, gewissermafsen von selbst. Der Zuschauerraum eines Schauspielhauses, der Sitzungsfaal eines Abgeordnetenhauses sind aus anderen Gründen von — im Winter — regelmässig geheizten Räumen umschlossen. Zugangswege, Nebenräume der mannigfachsten Art decken die Wände des Versammlungsraumes in hinlänglichem Grade.

Für Einschließungsflächen, welche solchen Schutzes entbehren, werden — wenigstens bei der Lüftung von unten nach oben — Hilfsmittel nöthig, um die oben geschilderten Zustände zu mildern.

Die Bühnenwände sind oft zum Theile in der Höhe der sonstigen Bautheile des Schauspielhauses frei, sie erheben sich zum Theile über dieses, so daß an ihnen die Luftabkühlung bedeutend wird, die abgekühlte Luft heftig niederfällt und dem entsprechend belästigt. Man macht diese kalten Luftströme durch Abfangen derselben unschädlich.

Fig. 7 stellt eine diesem Zwecke dienende gute Einrichtung im Querschnitt dar. Es ist *W* die Wand, *i* eine Heizröhre, *A* ein Schirm, welcher die kalte Luft unter die Röhre lenkt, *B* ein zweiter, welcher die kalte Luft hindert, weiter nach unten zu fallen. Das Heizvermögen der Röhre *i* (oder eines sonstigen Heizkörpers) muß so bemessen sein, daß es den über ihr stattgehabten Wärmeverlust zu decken vermag, soll aber auch nicht nennenswerth mehr leisten; es muß daher regelbar sein. Nach Umständen ist die ganze Höhe der Wand in über einander liegende Gruppen zu zerlegen und am Fusse jeder der letzteren eine solche Heizvorrichtung anzubringen, welche dem Wärmeverlust zwischen ihr und der nächst höheren Heizröhre angepaßt ist.

Für Hörsäle ist das Seitenlicht fast unentbehrlich. Eine Langwand und die großen Fenster geben daher zu starkem Wärmeverlust Veranlassung. Die Lüftung von unten nach oben ist aus diesem Grunde ausgeschlossen. Man läßt die frische Luft möglichst hoch einströmen und hart am Fußboden oder durch denselben die Abluft austreten, wie vorhin erörtert.

Da namentlich die Fenster starke Abkühlung verursachen, so werden diese oft als Doppelfenster ausgeführt. Auch wird die an den Fenstern niederfallende kalte Luft abgefangen, um sie wieder zu erwärmen.

Fig. 8 zeigt eine dem entsprechende Einrichtung im Querschnitt. *F* bezeichnet das Fenster und *B* die Fensterbank. Diese ist dicht am Fensterrahmen mit einer breiten Oeffnung versehen, welche sich dem Schacht *A* anschließt. Die niederfallende Luft wird so unter den Heizkörper *H* geleitet.

Für das befriedigende Wirken beider in Frage kommender Lüftungsarten ist die Anordnung der Zu- und Abluft-Oeffnungen von einiger Bedeutung.

Zunächst mögen diejenigen für die Lüftung von unten nach oben erörtert werden.

*Reid* verfuhr die beiden großen Sitzungssäle des Parlamentshauses in London mit eisernen Fußböden, welche zahlreiche Löcher enthielten. Es sind diese Fußböden, weil die emporsteigenden Luftstrahlen die Füße zu sehr belästigten, bald mit dicken Haarteppichen belegt.

In Fig. 9 bezeichnet *a* den 18 mm dicken eisernen Fußboden, *b* den Teppich, und die gezeichneten Strahlen deuten an, wie sich *Reid* den Austritt der frischen Luft dachte.

Durch diesen Teppich wurde zwar die Zugempfindung gemildert, aber ein anderer, sehr belästigender Uebelstand hervorgerufen: die Luft nahm den von den Fußbekleidungen abgestreiftten Schmutz als Staub mit empor.

Im englischen Unterhause ist endlich — nach vielfachen Versuchen — der

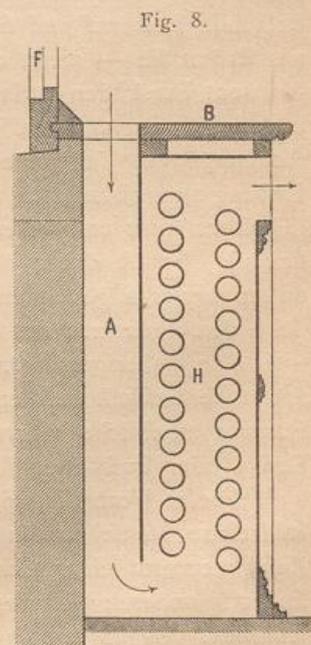
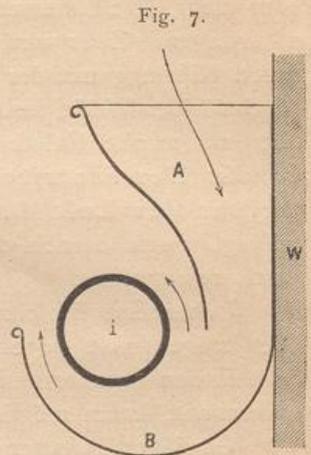
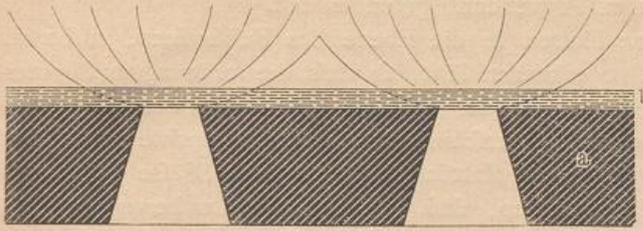


Fig. 9.

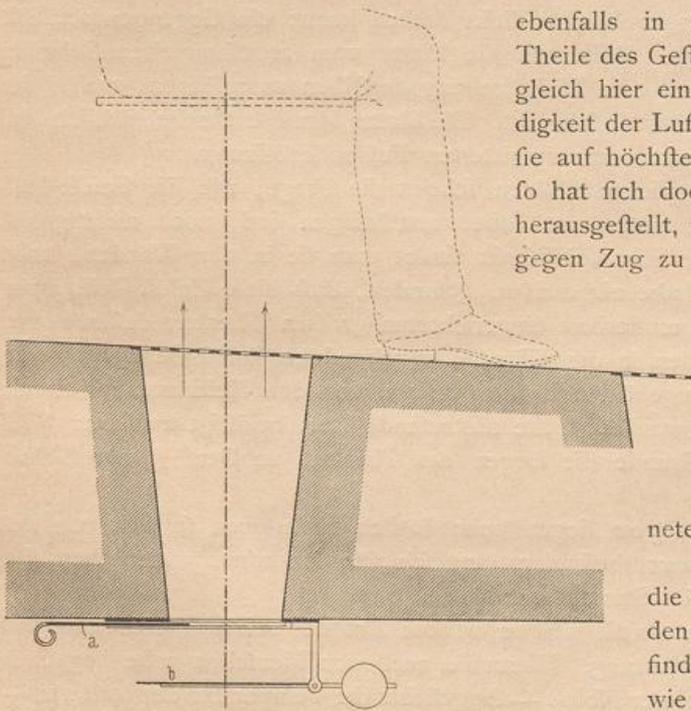


nur derjenige Theil des Fußbodens frei gelassen, auf dem das Publicum (!) verkehrt.

Es ist also der Grundfatz, das jeder Einzelne den ihm zukommenden Theil der unvermeidlichen Belästigungen auf sich nehmen soll, durchbrochen, so das Klagen Seitens derjenigen, welche sich das Mehr gefallen lassen müssen, selbstverständlich erscheinen.

Im Sitzungsfaal des Senats zu Paris<sup>19)</sup> hat man die Zuluft-Oeffnungen in die Setzstufen des stoffelartigen Unterbaues, auf welchem das Gestühl sich befindet, gelegt, wegen der Zugbelästigungen aber dieses Lüftungsverfahren längst aufgegeben, obgleich die Zuluft-Oeffnungen etwa 70 cm von den Füßen der Abgeordneten entfernt waren. Allerdings war die wagrechte, gegen die Beine der Abgeordneten gerichtete Austrittsgeschwindigkeit der Luft etwa 1,1 m in der Secunde.

Fig. 10.



In den Sitzungssälen des Reichsrathshauses zu Wien sind die Zuluft-Oeffnungen ebenfalls in die genannten lothrechten Theile des Gestühl-Unterbaues gelegt. Obgleich hier eine geringe Austrittsgeschwindigkeit der Luft gewählt ist — ich schätze sie auf höchstens 0,3 m in der Secunde —, so hat sich doch bald die Nothwendigkeit herausgestellt, die Beine der Abgeordneten gegen Zug zu schützen. Es sind an den

Klappsitzen Vorhänge befestigt, welche beim Niederlegen der Sitze sich quer in den Luftstrom legen, so das dieser zwischen zwei hinter einander sitzenden Abgeordneten emporsteigen muß.

Weniger fühlbar hat sich die lothrechte, hinter, bzw. vor den Füßen der Sitzenden stattfindende Luftzufuhr gemacht, wie sie von Böhm für das Wiener Opernhaus (eröffnet am 25. Mai

1869<sup>20)</sup> angewendet ist und bei zahlreichen anderen Theatern, z. B. beim Hoftheater

<sup>19)</sup> Siehe: MORIN, a. a. O., Bd. 2, S. 143.

<sup>20)</sup> Siehe hierüber: Allg. Bauz. 1878, S. 86. — Deutsche Bauz. 1873, S. 402. — *Nouv. annales de la constr.* 1881, S. 35.

in Dresden, beim Opernhaus in Frankfurt a. M.<sup>21)</sup>, beim *Lessing*-Theater in Berlin<sup>22)</sup>, beim Opernhaus zu Budapest u. a. Anwendung gefunden hat.

*Böhm* legte durchbrochene Platten in die Ebene des Fußbodens, und zwar nur unter die Stühle, wie Fig. 10 erkennen läßt, so daß die ordnungsmäßig aufgesetzten Füße außerhalb des Stromes der frischen Luft sich befinden. Nach eigenen Beobachtungen, welche ich in verschiedenen Theatern machte, kann ich berichten, daß eine Zugbelästigung nicht stattfindet, so lange die Füße an dem in der Figur angegebenen Orte sich befinden, daß sich aber die Luftbewegung fühlbar macht, sobald man die Füße unter den eigenen Stuhl zieht oder unter den Stuhl des Vormannes streckt. Da die — geringe — Luftgeschwindigkeit nach oben gerichtet ist, so trifft die Luft die unteren Körpertheile, so lange die Füße in vorgeschriebener Lage sich befinden, erst, nachdem sie sich mit der unter dem Stuhle befindlichen Luft gemischt hat, und zwar mit durch den großen Stromquerschnitt noch erheblich geminderter Geschwindigkeit.

An der unteren Mündung des zur vergitterten Fußbodenöffnung führenden kurzen Schachtes ist meistens ein Schieber *a* angebracht, welcher zum Einstellen des Durchfluß-Querschnittes dient. Es ist unvermeidlich, daß durch die vergitterte Fußbodenöffnung Schmutz nach unten fällt. Derselbe würde sich in stärkerem Grade der Luft als Staub beimischen, wenn man ihn frei auf den Fußboden des Mischraumes fallen ließe. Deshalb findet man oft eine Platte *b* angebracht, auf welcher sich der Schmutz ablagert. Im neuen Burgtheater zu Wien hängt die Platte an dem Bolzen eines an der Decke des Mischraumes befestigten Bockchens, und zwar so, daß sie sich nicht rechts, wohl aber links drehen kann; ein Gegengewicht hält sie in der wagrechten Lage. Will man die Platte vom angesammelten Schmutz reinigen, so braucht man nur eine Linksdrehung derselben auszuführen, wobei der Schmutz in ein untergehaltenes Gefäß fällt. Die Platte *b* mindert nebensächlich das Eintreten des Lichtes von unten zur vergitterten Fußbodenöffnung.

Für Räume mit beweglichen Stühlen scheint die Frage, wie die Zuluft-Oeffnungen für die Lüftung von unten nach oben anzubringen sind, noch nicht gelöst zu sein. In den Logen der Schauspielhäuser findet man sie in den Wänden, nahe über dem Fußboden; ich habe nirgend wo gefunden, daß diese Zuluft-Oeffnungen benutzt werden. In einem musterhaft eingerichteten großen Theater, dessen Logen mit nahe über dem Fußboden in den Wänden angebrachten Zuluft-Oeffnungen versehen sind, fand ich die zugehörige Lüftungsanlage von den Heizkammern ab ein für alle Mal gesperrt. Die von der Seite austretende Luft belästigt zu sehr. Vielleicht haben aus diesem Grunde die Logen des Theaters zu Genf<sup>23)</sup> nur Abluft-Oeffnungen erhalten.

Die Abluft-Oeffnungen liegen beim Lüften nach oben so weit von den Menschen entfernt, daß nur besonders ungeschickte Anordnung derselben Belästigungen herbeizuführen im Stande sein dürfte.

Bei der Luftabfuhr nach unten ist die Art der Abluft-Oeffnungen ebenfalls von geringerer Bedeutung. Wenn sie auch den Menschen nahe liegen, so können doch die Strömungen der Abluft — Angesichts der Temperatur der letzteren — kaum belästigen. Man findet daher diese Abluft-Oeffnungen regelmäsig in den

21) Siehe: Deutsche Bauz. 1880, S. 520. — Bauwks.-Zeitg. 1881, S. 78, 92.

22) Siehe: Deutsche Bauz. 1888, S. 113.

23) Siehe: *Le génie civil*, Sept. 1882, S. 505.

Setzstufen des Gestühl-Unterbaues. Im Festsaal des Trocadéro-Palastes<sup>24)</sup> zu Paris sind sie in die festen Stühle selbst eingebaut.

Mehr Aufmerksamkeit erfordern die Zuluft-Oeffnungen.

Im Trocadéro-Palast besteht die Zuluft-Oeffnung aus einem Gitter von 15 m Durchmesser, welches im Scheitel der gewölbartigen Decke angebracht ist. Die austretende Luft fällt zunächst lothrecht nach unten, zerstreut sich aber, unter Einwirkung der weit vertheilten Abluft-Oeffnungen. Jenes Gitter liegt 35 m über der Mitte des Saalfußbodens, so daß reichlicher Raum für die Mischung der frischen, kühlen Luft mit der von den Menschen aufsteigenden warmen verfügbar ist.

Im großen Hörsaal des *Conservatoire des arts et métiers* zu Paris liegt die Zuluft-Oeffnung ebenfalls flach in der Decke.

Es scheint bei geringeren Höhen die Einführung der Luft in wagrechter Richtung zweckmäßiger zu sein. Die kältere Luft bedarf dann längerer Zeit, um in die Höhe der Infassen zu gelangen, so daß ihr mehr Gelegenheit zur Mischung mit der wärmeren Luft gegeben wird.

Im früheren Sitzungsfaal des Reichstages zu Berlin (welcher nunmehr 26 Jahre feiner Aufgabe genügte<sup>25)</sup>) sind zahlreiche Zuluft-Oeffnungen 11 m über dem Fußboden in die beiden Längswände gelegt.

Im Bürgerchaftsaale des neuen Rathhauses zu Hamburg<sup>26)</sup> liegen die Zuluft-Canäle an drei Seiten nahe unter der Decke und werden von einem hufeisenförmigen

Fig. 11.

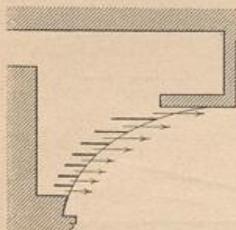


Fig. 12.

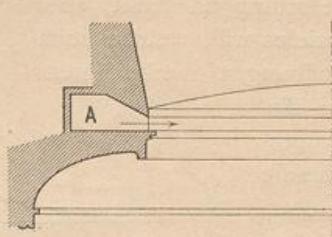
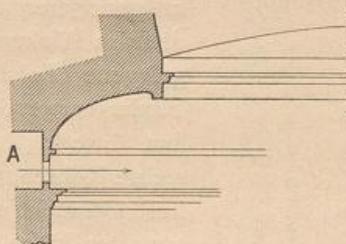


Fig. 13.



Canal aus gespeist, ähnlich wie Fig. 13 darstellt. Die Abluft entweicht unter den Sitzen. Die sonstigen Säle dieses Bauwerkes sind ähnlich eingerichtet, aber mit feitlich, hart am Fußboden liegenden Abluft-Oeffnungen versehen.

Im neuen Reichstags-Sitzungsfaal zu Berlin<sup>27)</sup> liegen die Zuluft-Oeffnungen rings um das Deckenlicht. Wie Fig. 11 erkennen läßt, besteht die Vergitterung derselben aus platten liegenden Stäben, welche der austretenden Luft die wagrechte Richtung geben. Eine andere Anordnung zeigt Fig. 12; ein Canal *A*, welcher rings um die Licht einlassende Deckenöffnung geführt ist, vertheilt die Luft an die lothrechten Gitter. Bei der durch Fig. 13 dargestellten Anordnung liegt der Canal *A* im Deckengefims.

Für manche Fälle ist, wie ich selbst beobachten konnte, die durch Fig. 14 abgebildete Anordnung zweckmäßig<sup>28)</sup>. Sie ist u. a. im Gebäude der Museums-

24) Siehe: Handbuch der Architektur, a. a. O., Art. 172, S. 155.

25) Siehe ebendaf., Art. 384, S. 363.

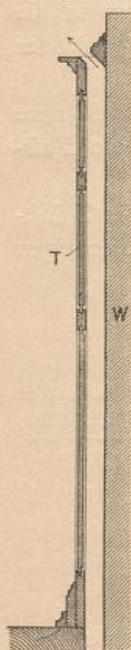
26) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 241.

27) Siehe ebendaf., S. 717, 733, 760, 782, 805.

28) Siehe: MORIN, a. a. O., Bd. 1, S. 68.

Gesellschaft in Bremen angewendet. Der Zuluft-Canal *A* liegt über der Decke und mündet durch eine kreisrunde Oeffnung in den betreffenden Raum; eine Platte *B* lenkt den Luftstrom nach allen Seiten wagrecht ab. Unter *B* ist eine Verzierung angebracht, welche in die hängende Krone für elektrische Glühlampen übergeht. Man kann die Platte *B* an ihrer sie tragenden Stange lothrecht verschiebbar machen, um ihr auf Grund von Versuchen die zutreffende Höhenlage zu geben.

Fig. 15.



Für die Zuluft-Oeffnungen, welche Fig. 11 bis 14 darstellen, pflegt die Austrittsgeschwindigkeit  $1\text{ m}$  in der Sekunde nicht nennenswerth zu übersteigen; welche Geschwindigkeit die vortheilhafteste ist, entscheidet sich nach der Oertlichkeit. Nach Umständen wird man gut thun, die Querschnitte der Oeffnungen einstellbar zu machen (vergl. Fig. 14), um die geeignetste Geschwindigkeit durch Versuche feststellen zu können.

Größere Luftaustritts-Geschwindigkeiten sind anzuwenden, wenn man — aus örtlichen Gründen — die Zuluft-Oeffnungen in geringerer Höhe anbringen muß, aber dieselbe Wirkung erzielen will, welche hoch gelegene Zuluft-Oeffnungen herbeiführen. *Tobins* verwendet zu diesem Zweck kurze lothrechte Röhren, welche die Luft lothrecht nach oben austreten lassen. Letztere steigt vermöge ihrer lebendigen Kraft nöthigenfalls

bis zur Decke und breitet sich dann, gleichzeitig niederfallend, nach der Seite aus <sup>29)</sup>.

Verwandt hiermit ist die durch Fig. 15 verfinnlchte Einrichtung. Die frische Luft steigt zwischen der Wand *W* und deren hölzerner Verkleidung *T* empor und entweicht durch spaltartige Oeffnungen schräg nach oben.

Räume mit Galerien erhalten oft Zuluft-Oeffnungen in den Brüstungen der Galerien oder am Gesims derselben. Fig. 16 ist ein Schnitt durch den I. und II. Rang des *Théâtre de la gaité* zu Paris <sup>30)</sup>. Hier sind die Zuluft-Oeffnungen über dem unteren Gesims als Schlitze ausgebildet und von einem Hohlraum des Galerie-Fußbodens aus versorgt. Die Abluft-Oeffnungen befinden sich unter den Sitzen.

Fig. 14.

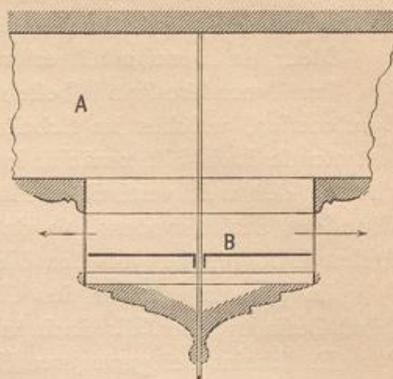
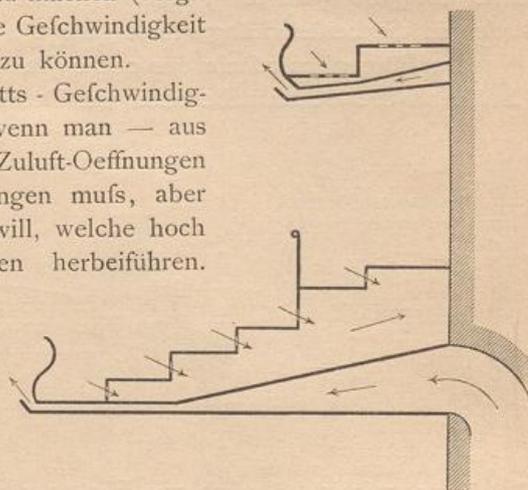


Fig. 16.



<sup>29)</sup> Siehe: STUMMER's Ing. 1875, Mai, S. 253.

<sup>30)</sup> Siehe: MORIN, a. a. O., Bd. 2, S. 260.

## IV.

## Bewegungsmittel für die Luft.

Früher galt der Auftrieb<sup>31)</sup> als einziges in Frage kommendes Mittel, sowohl für das Einführen der frischen, als auch für das Fortschaffen der Abluft. In dem schon angezogenen Bericht eines Pariser Ausschusses, welcher die Frage zu erörtern hatte, wie die am Châtelet-Platze zu erbauenden Theater am besten zu lüften seien, wurde fogar nachgewiesen<sup>32)</sup>, daß die Wirkung der mechanisch betriebenen Bläfer fast verschwindend sei. Selbstverständlich beruht der genannte Beweis auf Irrthümern: man baute ihn auf Versuchsergebnisse, welche bei einer bestimmten Anlage, unter bestimmten äußeren Umständen gewonnen waren, ohne den Einfluss der besonderen Umstände festzustellen.

Da, wo wirkfame Sommerlüftung verlangt wird, verwendet man jetzt für die hier in Frage kommenden Räume zum Eintreiben der frischen Luft unbedingt mechanisch betriebene Bläfer.

Die Abluft wird indess meistens durch den Auftrieb fortbewegt, theils weil sie, mit wenigen Ausnahmen, wärmer ist, als die freie Luft, theils weil der Abluft nur geringe Bewegungswiderstände entgegenstehen.

Man kann dann jede einzelne Abluft-Oeffnung mit einem besonderen, über Dach mündenden Abluftschlot versehen, oder diese Schlotte über der Decke des betreffenden Raumes einem gemeinfamen, größeren Schlot anschließen, oder endlich sämtliche Abluft-Oeffnungen des Raumes mittels eines tiefer liegenden Canalnetzes mit dem gemeinfamen Abluftschlot verbinden.

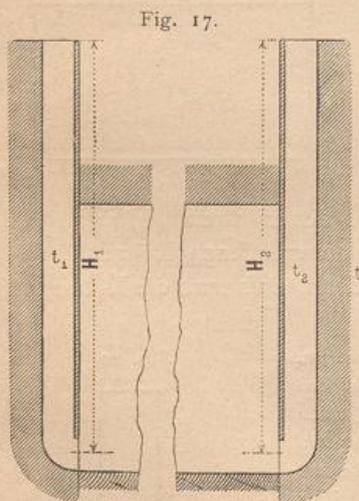
Fig. 17 stellt den erstgenannten Fall dar. Es scheint, daß die beiden angedeuteten Schächte genau gleich wirken müssen, wenn die Höhen  $H_1$  und  $H_2$  unter

sich gleich sind, da anscheinend die Temperaturen  $t_1$  und  $t_2$  als demselben Raum entstammend unter sich gleich sind, also auch die Auftriebe:

$$0,004 (t_1 - t) H_1 = 0,004 (t_2 - t) H_2.$$

Diese Anschauung ist nun eine irrthümliche. Vor Inbetriebnahme der Anlage werden die Temperaturen der beiden Schächte ungleich sein, weil sie verschiedenen Abkühlungsverhältnissen unterlagen. Es wird nun frische Luft eingeführt, welche vorher erwärmt ist oder nur innerhalb des Raumes Erwärmung erfährt, und es entweicht eine entsprechende Luftmenge durch die Schlotte. Alsdann wird der Abflus durch den zufällig wärmeren Schlot lebhafter sein, als derjenige durch den kälteren Schlot; ersterer erwärmt sich hierdurch noch mehr und faugt deshalb noch besser. Wird hierdurch der Luftdruck innerhalb des

Raumes um den Werth des Auftriebes des kälteren Schlotes geringer, als derjenige der freien Luft, so fällt die kältere Luft des Freien durch diesen Schlot nach unten, ihn dauernd kalt erhaltend.



31) Siehe: Handbuch der Architektur, a. a. O., Art. 188, S. 171.

32) Siehe: Zeitchr. f. Bauw. 1863, S. 283.

Dieser Uebelstand tritt immer ein, wenn die frische Luft durch den Auftrieb der Abluft eingefaugt werden soll, also der Luftdruck innerhalb des zu lüftenden Raumes jedenfalls niedriger ist, als der des Freien.

Die alte »Muir'sche Röhre« benutzt diesen Vorgang. In der Decke *D* (Fig. 18) des betreffenden Raumes steckt eine doppelte (oder vierfache), oben wie unten offene Röhre *R*. Sobald die Lufttemperatur unter der Decke höher ist, als im Freien, so steigt die wärmere Luft in demjenigen Röhrentheile empor, welcher hierfür zufällig sich am besten eignet, erwärmt diesen und befähigt ihn mehr und mehr für die Abfuhr der Luft nach oben, während in anderen Röhrentheile kältere Luft niederfinkt und ihn dauernd kälter erhält.

Sonach ist es unzulässig, zwei oder mehrere von einander unabhängige Abluftchlote an einen Raum zu schliessen, es sei denn, daß die frische Luft kräftig genug eingeblasen wird, um in dem zu lüftenden Raume einen zum Hinausdrängen der Abluft genügenden Ueberdruck zu erzeugen.

Ein solcher Ueberdruck kann auch durch den im zu lüftenden Raume entstehenden Auftrieb gewonnen werden, wenn die Abluftchlote in der Decke münden. So lange die Luftzufuhr kräftig genug ist, um über dem Fußboden des Raumes den Druck der freien Atmosphäre zu erhalten, wirkt auf die Abluft-Oeffnungen ein Ueberdruck, der gleich ist dem Auftrieb der im Saal befindlichen Luft gegenüber der freien Luft.

Die oben kurz beschriebene Muir'sche Röhre weist auf die Möglichkeit des Eintretens eines anderen sehr störenden Vorganges bei Abluftchloten, die in der Decke münden, hin. Dort (vergl. Fig. 18) fließt in der einen Hälfte der durch eine lothrechte Wand getheilten Röhre warme Luft nach oben und im anderen Theile kalte Luft nach unten. Dasselbe kann offenbar auch stattfinden, wenn die Scheidewand fehlt; es wird der Vorgang nur dadurch etwas gestört, daß die beiden Luftströme einander berühren, also längs der Berührungsfläche Wirbelungen entstehen. Versieht man einen sonst geschlossenen Raum *A* (Fig. 19), in welchem Wärme entwickelt wird, mit einer oben wie unten offenen Röhre *B*, so tritt in dieser zweifellos diese Gegenströmung ein, es sei denn, daß man die Röhre *B* im Verhältniß zu ihrer Weite ungemein hoch macht.

Man kann sich hiervon durch folgenden Versuch leicht überzeugen. Auf den Tisch *T* (Fig. 20) stellt man einen brennenden Kerzenstumpf und gleichaxig mit demselben ein weites Lampenzugglas *G*; um letzteres unten gegen den Tisch gut abzudichten, hat man vorher den letzteren stark benetzt. Man beobachtet nun, daß die Kerzenflamme stark flackert, aber weiter brennt, wenn sie nicht durch die Heftigkeit der Ströme ausgelöscht wird. Der niederfallende kalte Strom versorgt daher die Flamme genügend mit Sauerstoff, obgleich die Verbrennungserzeugnisse im Zugglas emporsteigen.

Läßt man in den Raum *A* (Fig. 19) von unten oder von der Seite etwas Luft eintreten, so mindert sich der in *B* niedergehende Strom, während der steigende Strom stärker wird,

Fig. 18.

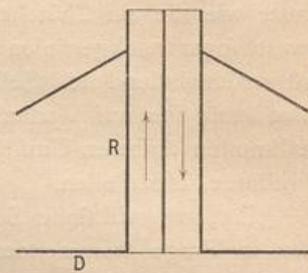


Fig. 19.

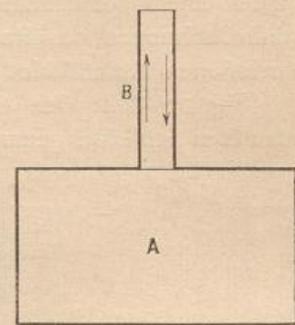
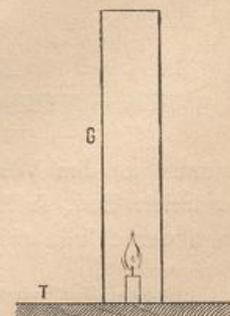


Fig. 20.



und zwar ändern sich beide Ströme im angegebenen Sinne mehr und mehr, je freier der Lufttritt in *A* wird. Die Geschwindigkeit und die Stärke des nach oben gerichteten Stromes sind es, welche das Niederfallen der kälteren Luft beschränken und schliesslich ganz verhüten. Theils wirft der steigende Strom die einfallende Luft unmittelbar zurück; theils erwärmt er die letztere, so dass sie sich ihm anschliesst.

Das Einfallen kalter Luft in den oder gar durch den Abluftschlot ist in mehrfacher Hinsicht schädlich. Theils wird durch Minderung der Temperatur der Auftrieb des Schachtes verringert; theils belästigt die in den zu lüftenden Raum gelangende kalte Luft. Es muss daher verhindert werden.

Solches geschieht durch Anwendung entsprechend grosser Geschwindigkeit und durch Mischung der kalten mit der warmen Luft, so dass auch auf erstere ein entsprechender Auftrieb gegenüber der Luft des Freien wirkt.

Das erstere Mittel scheint schwer anwendbar, weil sowohl die Temperatur des Freien stark schwankt, als auch die zu fördernde Luftmenge. Der Durchflussquerschnitt muss daher einstellbar gemacht werden, um die Geschwindigkeit auch bei geringerer Menge der aufsteigenden Luft genügend gross erhalten zu können.

Fig. 21.

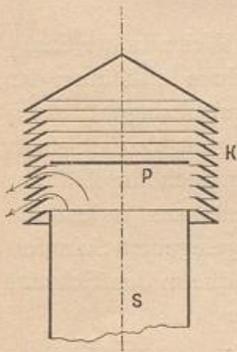


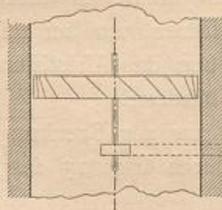
Fig. 21 stellt beispielsweise den oberen Theil des Abluftschachtes des Opernhauses in Philadelphia dar. *S* bezeichnet den eigentlichen Schacht, *K* den Kopf desselben, welcher das Eindringen von Regen und Schnee verhindern soll, und *P* eine geeignet aufgehängte Platte, welche dem oberen Rande von *S* um so mehr genähert wird, je grösser der Temperaturunterschied zwischen dem Schachtinnern und dem Freien, bzw. je geringer die auszuwerfende Luftmenge ist.

Man findet häufig zu gleichem Zweck weiter ab von der Mündung des Abluftschlotes Klappen oder Schieber angebracht, welche an der Stelle, an welcher sie sich befinden, das Eindringen kalter Luft verhindern. Allein, sowohl die durch Fig. 21 dargestellte Klappe, als auch die weiter angedeuteten, zur Querschnittsverminderung des Luftstromes dienenden Mittel erfordern sorgfältige Beobachtung der Zustände und gute Bedienung, weshalb verschiedene andere Mittel angewendet werden, um die erörterten Rückströmungen zu hindern.

Fig. 22.



Fig. 23.



Als völlig verfehlt ist die durch Fig. 22 dargestellte Anordnung zu bezeichnen. Hier hat man an die Schachtwände Heizröhren *a* gelegt; dadurch wird der Auftrieb in der Nähe der Wände vergrössert und demnach die Neigung der kalten Luft, in der Mitte des Schachtes nach unten zu fallen, nur noch gesteigert.

Man hat in den runden Schacht einen geeignet angetriebenen Windflügel gelegt (Opernhaus und Burgtheater in Wien, Opernhaus in Frankfurt a. M., Hoftheater in Dresden u. a.), wie Fig. 23 erkennen lässt.

Dieser wirkt theilweise dadurch, dass er über sich, also am Fusse der auf ihm liegenden Luftsäule eine Druckvermehrung hervorruft, die der warmen wie kalten Luft gleichmässig zu theil wird, theilweise aber mischend, so dass eine gleichförmige, entsprechend niedrige Temperatur entsteht.

*Dahlgren* hat für das neue Opernhaus in Stockholm vorgeschlagen, einen solchen Windflügel ohne Antrieb einzusetzen, und zwar so, dass er sehr leicht drehbar ist. Hierdurch dürfte das Beabsichtigte im Wesentlichen erreicht sein: Der aufsteigende Luftstrom sucht den Windflügel in der einen, der niederfallende ihn in entgegengesetzter Richtung zu drehen. Ueberwiegt ersterer im erforderlichen Grade, so wird das Niederfallen kalter Luft überhaupt verhindert; sind beide Ströme etwa gleich stark — sobald dem

Saal gar keine Luft zugeführt wird — so steht der Windflügel, hemmt beide Ströme und führt zur Mischung derjenigen, wahrscheinlich geringfügigen Luftmengen, welche noch zwischen den Flügeln hindurchfließen.

Die sichere Mischung der einfallenden kalten mit der aufsteigenden warmen Luft erreicht man ferner durch Einschalten eines Z-förmigen Zwischenstückes nach Fig. 24. Im Schachttheil *d*, welcher die Abluft an das Freie abgeben soll, treten unter Umständen beide Strömungen neben einander auf. Die kalte Luft kann aber nicht über *c* und *b* nach *a* gelangen, weil ihre Schwere sie hindert, in *b* emporzusteigen. Sie wird daher erwärmt und in *d* wieder emporgeführt. Diese Anordnung wählte *Reid* für das Londoner Parlamentshaus. Leichter ist die durch Fig. 25 dargestellte, wohl schon 60 Jahre bekannte<sup>33)</sup> Haube anzubringen. Ihre Wirkungsweise gleicht der jenes Z-förmigen Zwischenstückes, kann aber durch den Wind gestört werden.

Endlich steht noch ein ziemlich wirkungsvolles Mittel zur Verfügung: Wahl einer Schachthöhe, welche im Verhältniß zur Schachtweite sehr beträchtlich ist. Wenn z. B. die Höhe des Schachtes das 25-fache seiner Weite beträgt, so entstehen durch die Reibung der aufsteigenden an der einfallenden Luft so viele Wirbel, daß bald eine Ausgleichung der Temperaturen stattfindet.

Das zuletzt angegebene Mittel: ein im Verhältniß zu seiner Weite hoher Saugschacht — ist selten für solche Abluftschächte anzuwenden, welche erst über der Decke des zu lüftenden Raumes beginnen, aber meist bequem anzubringen, wenn der Schacht ebenerdig oder gar unter der Erde anfängt. Er eignet sich deshalb in erster Linie für Lüftungen mit fallendem Strome, wird aber auch für Lüftung mit steigendem Strome benutzt, z. B. für das Londoner Parlamentshaus, indem die Luft von ihrer über der Decke des betreffenden Sitzungsfaales gelegenen Sammelstelle zunächst nach unten geführt wird und erst unter Fußbodenhöhe in den Schacht gelangt, welcher sie über Dach befördert. So ist von selbst, wie bereits erwähnt, die Sicherung, welche Fig. 24 darstellt, hinzugekommen.

Bei so hohen Abluftschächten, wie die in Rede stehenden sind, kann man unbedenklich den Druck am Fusse derselben erheblich kleiner machen (bis zu 10 kg für 1 qm) als den der freien Luft, also den Schacht kräftig saugen lassen. Indes bleibt es immer noch zweckmäßig den Hut nach Fig. 25 aufzusetzen, um bei zeitweise schwachem Betrieb oder Einstellung desselben das Abkühlung bewirkende Einfallen kalter Luft möglichst zu hindern.

Sog. Windköpfe oder Saugköpfe<sup>34)</sup> sind nur zur Brechung des Windeinflusses nützlich. Diefem Zweck entspricht aber der durch Fig. 25 dargestellte Hut nebenfächlich.

Fig. 24.

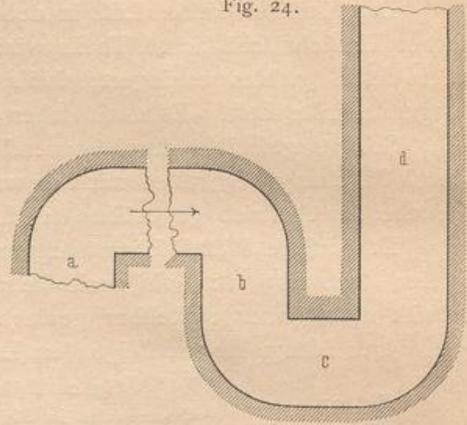
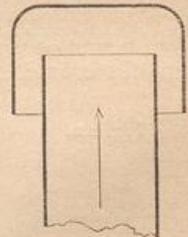


Fig. 25.



<sup>33)</sup> Siehe: REID, a. a. O., S. 389.

<sup>34)</sup> Siehe: Handbuch der Architektur, a. a. O., Art. 194—196, S. 176—179.

### Schöpfen, Reinigen und Erwärmen, bezw. Kühlen der frischen Luft.

Die Auswahl der Schöpfstellen ist für Gebäude vorliegender Art meistens dadurch erschwert, daß letztere, mit wenigen Ausnahmen, in größeren Städten sich befinden. Man kann nur durch Prüfung der örtlichen Verhältnisse von Fall zu Fall diejenigen Stellen auffinden, welche die reinste Luft liefern<sup>35)</sup>. Selten wird die Reinigung der frischen Luft vermieden werden können, indem die Luft größerer Städte mit Staub aller Art, insbesondere mit Rufs, derart beladen ist, daß sie, ohne vorherige Reinigung in die zu lüftenden Säle eingeführt, letztere rasch und arg beschmutzen würde.

Am zweckmäßigsten scheint es zu sein, die Luft gut zu filtern<sup>36)</sup>, und zwar so, daß die Filter nicht überlastet werden. Jedes Quadr.-Meter derselben sollte stündlich nicht mehr als 100 kg Luft zu reinigen haben.

Das an sich sehr wirkungsvolle Waschen der Luft dürfte nur so lange zulässig sein, als die Luft eine niedrige Temperatur hat. Nähert sich die Temperatur der zu waschenden Luft derjenigen, mit welcher sie demnächst in den Saal eintreten soll, so ist zu erwarten, daß sie in nahezu gefättigtem Zustande in den Saal gelangt und demnach die Verdunstung der Menschen hemmt. Eine künstliche Kühlung der Luft durch Einspritzen von Wasser dürfte eine Annehmlichkeit nicht herbeiführen.

Unter allen Umständen muß aber — wenn die Luft überhaupt mit Wasser in Berührung gebracht wird — dafür gesorgt werden, daß das betreffende Wasser geruchfrei ist.

Dies gilt auch von dem Wasser, welches, ohne verspritzt zu werden, lediglich durch Berührung mit der Luft deren Kühlung bewirken soll, wie dies im Burgtheater zu Wien der Fall ist.

Der unterirdische Canal, welcher die frische Luft von einem benachbarten Grundstücke heranzführt, ist auf einer Strecke nur zur Hälfte frei. Die andere Hälfte ist mit zahlreichen, sehr flachen Wassertaschen besetzt; für jede Gruppe fließt in die obere Schale frisches Wasser, welches dann in die nächst tiefere gelangt u. f. w., um aus der untersten abzufließen. Die Luft strömt wagrecht über, bezw. unter den Schalen hinweg. Mir wurde die Wasserfläche zu 1200 qm angegeben. Die Temperatur des zufließenden Wassers soll 12 bis 13 Grad, diejenige des abfließenden Wassers 17 bis 18 Grad C. betragen. Es wird die Luft um 2½, höchstens 3 Grad C. abgekühlt. Sehr bemerkenswerth ist die Angabe, daß Luft, welche vor der Kühlung bis zu 90 Procent des Sättigungsgrades gefeuchtet war, nach der Kühlung nur noch 70 Procent enthielt.

Wenn das zur Kühlung der frischen Luft bestimmte Wasser durch Röhren fließt, welche von außen durch die Luft bespült werden — was hin und wieder vorgeschlagen worden ist —, so sind selbstverständlich keine besonders hohen Ansprüche an die Reinheit des Wassers zu stellen.

Erwähnenswerth ist die künstliche Luftkühlung, welche die unterirdischen Luftcanäle herbeizuführen vermögen. Sind die Wände, wie gewöhnlich, sehr dick und die Oberflächen, an welchen die Luft entlang strömt, ausgedehnt, so können sie

<sup>35)</sup> Vergl. ebendaf., Art. 176, S. 159.

<sup>36)</sup> Vergl. ebendaf., Art. 158, S. 147.

zeitweise die Lufttemperatur um einige Grade herabdrücken. Eine kurze heiße Zeit kann hierdurch für die Inaffen der betreffenden Räume nahezu unfühbar gemacht werden.

Im Allgemeinen wird der künstlichen Kühlung zur Zeit noch kein hoher Werth beigelegt, weil in den warmen Monaten die Schauspielhäuser geschlossen sind und Volksvertretungen, wie Schulen Ferien haben.

Das Wesen der künstlichen Kühlung ist übrigens im unten genannten Werk<sup>37)</sup> ausführlich erörtert.

Zur Erwärmung der frischen Luft sind für die Räume der vorliegenden Art dieselben Heizkörper im Gebrauch, wie für andere Heizungen, bezw. Lüftungen; es wird jedoch besonderer Werth auf die Raschheit der Regelung gelegt.

Welche Ansprüche an die Regelbarkeit sowohl der Lufterwärmung, als auch — wenn sie überhaupt in Frage kommt — die Luftkühlung gestellt werden, ergibt sich aus dem Folgenden. Die Regelung der Lufttemperaturen soll eine genaue sein, indem oft schon ein Abweichen um 1 Grad nach oben oder unten übel vermerkt wird.

Sie soll in weiten Grenzen möglich sein, indem zeitweise die frische Luft ohne jede vorherige Aenderung ihrer Temperatur in den Raum zu führen, zeitweise dieselbe um 30 Grad und mehr zu erwärmen ist. Sie soll endlich rasch wirken, um sofort dem stark wechselnden Bedürfnis folgen zu können. Man denke in dieser Beziehung an das allmähliche Füllen der Säle: mit der Zunahme der Menschenzahl muß die Lüftungsmenge wachsen, also auch die Leistung der Lufterwärmer (so weit solche überhaupt in Thätigkeit kommen) oder die Lufttemperatur abnehmen, also auch die Leistung der Lufterwärmer. Man denke an die oft starke Entleerung des Zuschauerraumes eines Theaters während eines Zwischenactes, an den Wechsel der Anforderungen bei Vornahme des sog. Hammelsprunges der Volksvertretungen. Wenn solchen scharfen Wechseln die Wirkung der Regelung erst langsam folgt, so wird sie oft das Gegentheil dessen hervorbringen, was beabsichtigt war.

Deshalb ist die Mischklappe<sup>38)</sup> oder Verwandtes als Regelungsmittel vorherrschend; sie wird durch Aufser-, bezw. Inbetriebsetzung der Heizkörper oder auch durch Aenderung der Heizflächentemperaturen unterstützt.

Die Mischklappe, bezw. das Mischventil verdienen nun ihren Namen nur bedingungsweise: sie regeln nur die Stärke der beiden — des wärmeren und des kälteren — Luftströme, die dann zu mischen sind, um die mittlere Temperatur anzunehmen.

Einfache Mischklappen stellen Fig. 26 u. 27 dar; sie werden liegend oder in aufrechter Lage angewendet. Fig. 28 zeigt die Mischklappenanordnung im Reichsrathshaus zu Wien. Bei *A* befindet sich die frische kalte Luft, bei *B* die Heizkammer und bei *C* der sog. Mischraum. Die kalte Luft kann jederzeit von *A* nach *B* treten; sie kann ferner im kastenartigen Blechschlot *D* emporsteigen. Die Klappen *a* regeln das Verhältniß der nach *C* austretenden Luftströme, und die Schieber *d* sind bestimmt, die Menge der überhaupt austretenden Luft zu beschränken oder jeden Luftaustritt abzufperren.

Die eigenartige *Sturtevant'sche* Mischklappe<sup>39)</sup> ist durch Fig. 29 abgebildet. *A* bezeichnet einen wagrechten Blechcanal, welcher die kältere, *B* einen gleichen, welcher wärmere Luft führt. Dem Boden von *A*, bezw. der Deckplatte von *B* ist eine Trommel *D* angelenkt, welche mittels der Kette *i* emporgehoben oder nach unten gelassen werden kann, so daß die Summe der freien Querschnitte über und unter *D* dem Querschnitt von *A* oder *B* gleich ist. In *C* bewegt sich der Mischstrom empor.

37) Handbuch der Architektur, a. a. O., Art. 339—345, S. 325—329.

38) Vergl. ebendaf., Art. 355, S. 338.

39) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 182.

Fig. 30 ist ein lothrechter Schnitt durch ein Mischventil, wie folche für das Wiener Opernhaus und später für zahlreiche andere Ausführungen verwendet worden sind. Bei *A* befindet sich die frische, kalte Luft; bei *B* sind die Heizkörper aufgestellt, und *C* bezeichnet den fog. Mischraum. Die Decken von *A* und *B* sind mit kreisrunden Oeffnungen versehen, welche paarweise genau über einander liegen. In jedes Lochpaar ist eine eiserne Röhre *D* gesteckt. Ein ringförmiges Ventil *a* und ein volles Ventil *b* sind durch Stangen *fo* mit einander verbunden, daß sie nur gemeinsam sich zu heben und zu senken vermögen, so daß der über *a* befindliche Durchflußquerschnitt für die warme Luft verkleinert wird, wenn der unter *b* liegende Durchflußquerschnitt für die kalte Luft eine Vergrößerung erfährt und umgekehrt.

Fig. 26.

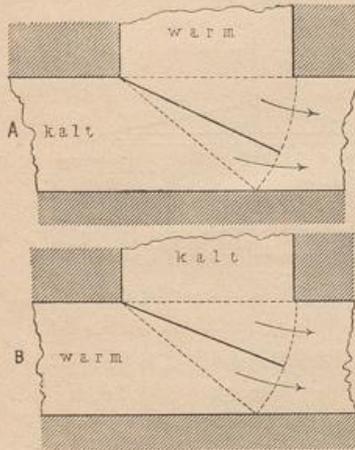


Fig. 28.

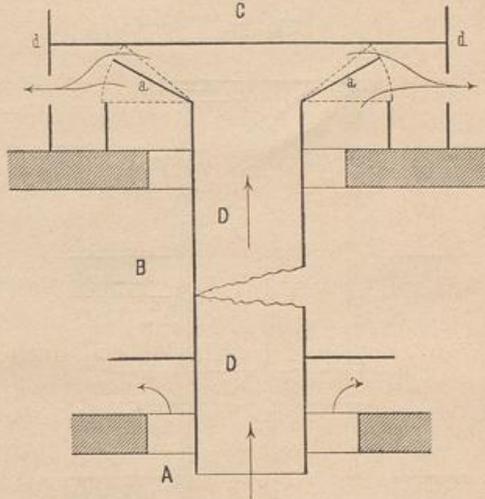


Fig. 27.

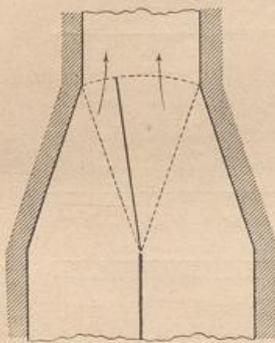
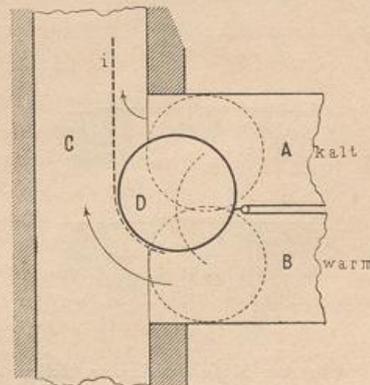


Fig. 29.



Da die Durchmesser der Ventilsitze nicht unter sich gleich sind, so ist die Summe der beiden Durchflußquerschnitte für jede Höhenlage der Ventile eine andere. *a* bezeichnet ein Ventil, welches den Zufluß der kälteren Luft zu beschränken oder auch ganz abzusperrn vermag.

*Dahlgren* hat für das in Ausführung begriffene Opernhaus in Stockholm die durch den lothrechten Schnitt in Fig. 31 dargestellte Anordnung vorgeschlagen. Es liegen auch hier die drei Räume: Frischluftkammer, Heizkammer und Mischkammer, geschofsartig über einander, und eine eiserne Röhre *D* dient zum Emporführen der kälteren Luft in die Mischkammer. Ueber *D* befindet sich ein fester Deckel *E* und zwischen diesem und dem oberen Rande der Röhre *D* das einzige Ventil *a*, welches mit seinem Hals in *D* geführt wird und an der Stange *i* hängt. Es läßt sich leicht erkennen, daß bei dieser Anordnung ohne

Weiteres ein unveränderlicher Gefammtausflußquerschnitt für beide Ströme gewonnen werden kann. Zur Regelung der Gefammtluftmenge dient ein besonderes Ventil.

Hierher gehört noch das Mischventil in Fig. 34, welches weiter unten gewürdigt werden wird.

Eine andere Gruppe der Mischventile mag durch diejenigen des *Lesfang-Theaters* in Berlin<sup>40)</sup> vertreten werden. Fig. 32 ist ein Schnitt durch die Anordnung. *A* bezeichnet den Zufußscanal für die frische kalte Luft, *B* eine der zahlreichen Heizkammern, *C* die Mischkammer und *D* einen der neben je einer Heizkammer gelegenen Durchflußschächte für die kalte Luft. Die obere Mündung der Heizkammer *B* ist mit dem Ventil *a*, die obere Oeffnung des Kaltluftschachtes *D* mit dem Ventil *b* ausgerüstet, welche Ventile an den Enden eines doppelarmigen Hebels hängen, so daß der eine Durchflußquerschnitt in demselben Grade vergrößert wird, wie der andere eine Verkleinerung erfährt.

Fig. 30.

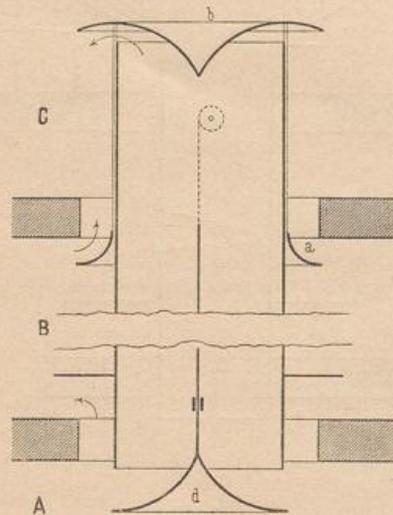


Fig. 31.

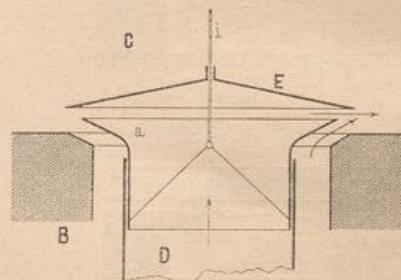


Fig. 32.

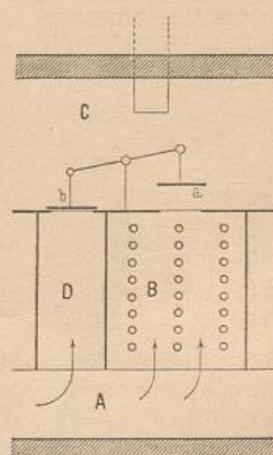
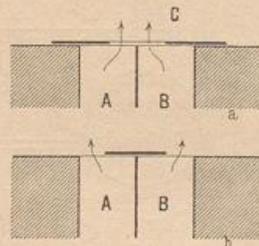


Fig. 33.



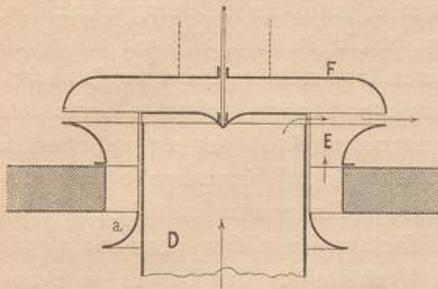
Beispiele der Mischschieber stellen die Schnittfiguren 33 a u. 33 b dar. Die beiden kältere, bezw. wärmere Luft führenden Canäle *A* und *B* liegen neben einander; quer gegen dieselben ist eine verschiebbare Vollplatte *C* (Fig. 33 b) angebracht oder eine mit entsprechend weitem Loch verfehene Platte *C* (Fig. 33 a) zu verschieben.

Was nun die Mischung der in richtiges Verhältniß zu einander gebrachten Luftströme anbelangt, so ist das Folgende zu beachten.

Läßt man in einen liegenden Canal die warme Luft oben, die kalte unten einströmen, wie Fig. 26 *A* angiebt, so werden beide Ströme neben einander bleiben, ohne sich nennenswerth zu mischen; die Temperaturlausgleichung kann nur in sehr

<sup>40)</sup> Siehe: Deutsche Bauz. 1888, S. 113.

Fig. 34.



Mischventilen des Burgtheaters in Wien (Fig. 34), welches im Uebrigen dem des Opernhauses (Fig. 30) fast gleich, ist diese Mischung durch den festen Kragen *E* und die über demselben hängende Haube *F* unterstützt, welche nebenfachlich dem völligen Abschluss der Luftströmung dient.

*Gebrüder Körting* haben in einem Falle <sup>41)</sup> vorgeschlagen, hinter die Mischklappe einen Schraubensauger zu legen, welcher zweifellos die beiden Luftströmungen sehr wirksam durch einander werfen würde.

Ein gewisses Durcheinanderwerfen findet auch bei der durch Fig. 32 verfinnlchten Mischklappen-Anordnung statt.

Es ist die Mischung zweier neben einander sich bewogender Ströme selbstverständlich, wenn einer derselben eine grössere Geschwindigkeit hat, als der andere: durch die Reibung beider entstehen regelmässig Wirbel, so dass bei einiger Länge der Canäle die Mischung recht befriedigend ausfällt. Leider ist dieses Verfahren nur für aufrechte Canäle ohne Weiteres verwendbar, weil nur bei diesen der Geschwindigkeitsunterschied dauernd erhalten werden kann, und zwar so lange, bis die Mischung vollzogen ist. So lange nämlich ein Lufttheilchen wärmer ist, als ein anderes, in gleicher Höhenlage befindliches, sucht dasselbe dem letzteren gegenüber nach oben zu steigen und erhält dadurch eine grössere Geschwindigkeit, als dieses. Die vorzügliche Mischwirkung in solchen lothrechten Canälen ist hinlänglich bekannt.

Die vorhin angeführten, unvollkommeneren Mischungen werden durch die Ausgleichung ergänzt, welche die Mischkammern gewähren. Man versteht unter diesem Namen einigermassen grosse Räume, so dass die unvollkommen gemischte Luft in ihnen nur geringe Geschwindigkeit besitzt, also jedes Lufttheilchen Gelegenheit findet, die Höhenlage einzunehmen, die seinem Einheitsgewicht, also seiner Temperatur entspricht. Der Name Mischkammer ist daher wenig zutreffend; er sollte Ausgleichskammer lauten, indem sich in ihnen ein Ausgleich vollzieht, vermöge dessen die Luft sich so ordnet, dass in gleicher Höhe gleiche Temperaturen vorgefunden werden. Will man aus einer solchen Kammer an verschiedenen Stellen Luft gleicher Temperatur entnehmen, so muss man die betreffenden Oeffnungen in gleiche Höhe legen. Dies geschieht z. B. häufig bei den Anlagen mit Zuluft-Oeffnungen im Fußboden: es dehnt sich die Mischkammer unter dem Fußboden aus, ist mit wagrechter Decke versehen und steht mit den Zuluft-Oeffnungen durch kurze Schlote in Verbindung, welche in der Decke münden (vergl. Fig. 10, S. 19).

Man wolle beachten, dass solche Mischkammern, richtiger Ausgleichskammern,

<sup>41)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 761.

immer ihre wärmste Luft abgeben, während die kältere zurückbleibt. Daraus folgt, daß die Schäden, welche aus einer unvollkommenen eigentlichen Mischung erwachsen, durch die Ausgleichskammern nur zum Theile zu beseitigen sind, also ein möglichst gutes vorheriges Mischen der warmen mit der kälteren Luft nicht entbehrt werden kann.

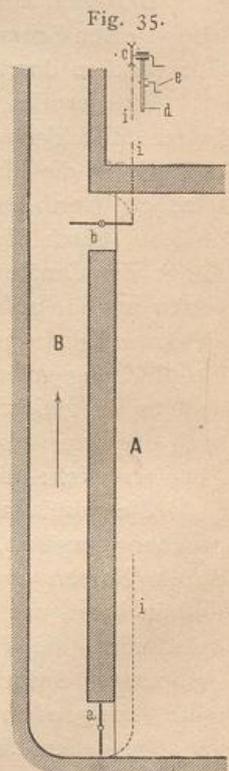
Dies ist der Grund, weshalb man, wenn ausreichend lange, aufrechte Luftcanäle nicht angewendet werden können, den Temperaturunterschied der zu mischenden Luft möglichst klein zu machen, d. h. durch Regelung der Wärmeabgabe der Heizkörper die Luft wenigstens angenähert auf die richtige Temperatur zu bringen sucht.

Die hier beschriebenen fog. Mischklappen, Mischventile u. s. w. bezwecken, wie bemerkt, nur die Regelung des gegensätzlichen Verhältnisses der beiden in Frage kommenden Durchflußquerschnitte.

*Dahlgren* hat für das neue Opernhaus in Stockholm eine Mischklappen-Anordnung vorgeschlagen, welche gleichzeitig gestattet, die Summe der beiden Querschnitte von Null bis zur vollen Freilegung zu ändern.

Fig. 35 stellt diese Anordnung in lothrechttem Schnitt dar. Die Heizkammer *A* steht mit dem Schlot *B* durch zwei Oeffnungen in Verbindung, in welchen sich die Drosselklappen *a* und *b* befinden. In Schweden verbindet man vielfach diese beiden Drosselklappen so mit einander, daß die eine sich schließt, sobald die andere sich öffnet und umgekehrt, womit die Wirkung der gewöhnlichen Mischklappen erreicht wird. *Dahlgren* stellt nun die Verbindung durch eine Kette *i* her, deren Enden sich um an je einem Zapfen der Drosselklappen *a* und *b* befestigte Viertelkreise legen, die im Uebrigen zur Schleife emporgezogen und über eine Rolle *c* gelegt ist. In Folge des Gewichtes der erwähnten Viertelkreise schließen sich die Klappen von selbst, so weit die Kettenenden solches gestatten. Hat nun die Kettenrolle *c* eine solche Höhenlage, daß z. B. die Klappe *a* geschlossen ist, während die Klappe *b* liegt, so bringt das geeignete Drehen der Rolle *c* gleichzeitig das Schließen von *b* und Oeffnen von *a* hervor; es wirkt daher das Ganze wie eine gewöhnliche Mischklappe. Senkt man aber die Rolle *c*, so schließt sich *b*, während *a*, durch einen Anschlag an weiterem Rechtsdrehen gehindert, ihre Lage nicht ändert, und hebt man die Rolle *c*, so wird, weil *b* sich nicht weiter links drehen kann, die Klappe *a* geöffnet. Selbstverständlich muß hierbei die Rolle *c* geeignet gedreht werden. Man ist daher durch Heben, bezw. Senken der Rolle *c* in der Lage, die Summe der Durchflußquerschnitte zu vergrößern, bezw. zu vermindern. Hat man der Rolle eine bestimmte Höhenlage gegeben, so kann man durch Drehen der Rolle *c* das gegensätzliche Verhältniß der Durchflußquerschnitte ändern. Man dreht *c* durch eine Handkurbel, welche an ihrer Welle sitzt und über einem Gradbogen spielt, auf dem die anzuwendende Drehrichtung durch »Kalt«, bezw. »Warm« bezeichnet ist. Die Rolle *c* ist am oberen Ende einer gut geführten Zahnflange *d* gelagert, in welche ein mit der Handkurbel *e* verbundenen Zahnrad greift. Auch die Handkurbel *e* spielt über einem Gradbogen, an dem aber die Drehrichtungen durch »Stark« und »Schwach« bezeichnet sind, damit bezeichnend, daß die Lüftungsmenge wächst, sobald man die Kurbel *e* gegen »Stark« dreht und umgekehrt.

Es wurde bereits erwähnt, daß es mindestens zweckmäßig sei, den Mischklappen und Zubehör durch Regelung der Wärmeabgabe der Heizkörper zu Hilfe zu kommen. Dies sucht man bei neueren größeren Anlagen durch zweimaliges Erwärmen der Luft zu erleichtern. Beim Eintritt der Luft in das Haus, unmittelbar nach deren Reinigung, wird dieselbe auf 10 Grad oder auch höher vorgewärmt, so lange sie vorher weniger warm ist. Die zweite Erwärmung fust auf dieser Temperatur und giebt der Luft die erforderliche Eintrittstemperatur. Die erste Erwärmung hat sich den bedeutenden Temperaturschwankungen des Freien anzupassen und fällt



ganz hinweg, wenn die freie Luft 10 Grad warm oder wärmer ist. Sonach wird die Aufgabe der zweiten Erwärmung wesentlich erleichtert; die erheblich kleineren Heizkörper sind mit geringerer Mühe dem Bedarf gemäß zu steuern. Nebenbei gewährt dieses Verfahren noch den Vortheil, daß zu starke Abkühlungen in der Nähe des Frischluft-Canals vermieden werden.

Wasserheizkörper ändern ihre Temperatur zu langsam, als daß sie für den vorliegenden Zweck in Frage kommen könnten.

Feuerluftheizungen kommen vor; sie sind billig in der Anlage, der Gefahr des Einfrierens nicht ausgesetzt und können rascher geregelt werden als Wasserheizungen.

Die herrschende Stellung nimmt, mit Recht, die Dampfheizung ein.

So weit sie für die erste Erwärmung angewendet wird, ist mit aller Sorgfalt darauf zu achten, daß das Niederschlagswasser rasch abfließt. Es muß daher Luft in die Heizkörper treten können, sobald durch Beschränken des Dampfeintrittes die Spannung innerhalb derselben kleiner wird, als die der freien Atmosphäre. Für die zweite Erwärmung, bei welcher das Gefrieren des Niederschlagswassers unmöglich ist, empfiehlt sich gleichwohl die Vermeidung eines erheblicheren Unterdruckes innerhalb der Heizkörper, und zwar wegen Verhütung des Geräusches, welches das beim Öffnen des Dampfventils plötzlich abfließende Wasser verursacht.

Man setzt zu diesem Zwecke den unteren Theil des Heizkörpers mit der freien Luft in freie Verbindung oder bringt ein besonderes Röhrennetz an, welches Gefäße enthält, die die Luft der Heizkörper zeitweise aufnehmen, um sie nach Bedarf wieder zurückzugeben, so daß immer dieselbe Luft zur Verwendung kommt<sup>42)</sup>.

Die Regelung der Wärmeabgabe durch zeitweise völliges Ab Sperren einiger der in größerer Zahl vorhandenen Heizkörper ist eine rohe. Die neueren Regelungsverfahren sind so gut ausgebildet, daß man auf dieses ältere nicht mehr zurückzugreifen braucht. Haben die Heizkörper einige Höhe, so wird durch die eintretende Luft der untere Theil der ersteren ausgefüllt, so daß nur der obere, von Dampf gefüllte Theil heizt. Neuerdings mischt man den frisch eintretenden Dampf mit der Luft. Das Gemenge füllt den ganzen Raum, so daß die gesammte Heizfläche, und zwar entsprechend schwächer, sich an der Wärmeabgabe betheiligt. Jedes Glied des betreffenden Heizkörpers besteht z. B. aus einer gestreckt ringförmigen Röhre, an deren tiefster Stelle sich die Entwässerungsöffnung befindet, welche auch der Luft Eintritt gewährt. Der Dampf tritt durch eine düsenförmige Oeffnung in die Röhre, und zwar in der Axenrichtung derselben, so daß er die etwa vorhandene Luft veranlaßt, in gleichem Sinne, in welchem er eintritt, mit ihm in der Röhre umzulaufen. Tritt mehr Dampf ein, so wird eine entsprechende Luftmenge nach außen gedrängt; das Gemisch wird dampfreicher und giebt deshalb mehr Wärme an die Röhrenwände ab; wird dagegen weniger Dampf zugelassen, so sinkt der Druck im Inneren der Röhre; es tritt Luft durch die Entwässerungsöffnung ein, verdünnt gleichsam den Dampf und mindert die Wärmeabgabe<sup>43)</sup>. Beide Regelungsarten gestatten die Bedienung aus größerer Entfernung; sind die Ventile der einzelnen Heizkörper zweckmäßig bemessen und richtig eingestellt, so genügt für die weitere Regelung das Einstellen des zu der betreffenden Dampfleitung gehörigen Ventils.

<sup>42)</sup> Vergl.: Handbuch der Architektur, a. a. O., Art. 356, S. 340 u. 341 — so wie: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 507—509.

<sup>43)</sup> Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 228, S. 5.  
Fortfchr. d. Architektur. Nr. 5.

## VI.

**Durchbildung der Anlagen zu Gunsten ihrer Bedienung.**

Auf S. 8 wurde bereits hervorgehoben, daß ein befriedigender Erfolg der hier in Rede stehenden Anlagen nur zu erwarten sei, wenn ihre Bedienung durch Personen mittlerer Veranlagung ohne Ueberanstrengung durchzuführen ist. Dies sagt: man soll die Anlagen hiernach einrichten.

Es muß nun zugestanden werden, daß es derartige Anlagen giebt, die recht mangelhaft durchgebildet sind, aber in der Hand besonders gut veranlagter Menschen Vortreffliches leisten. Solche Menschen findet man jedoch nicht immer; es ist auch schwer, sie in dem Haufen der Bewerber als zu ungewöhnlich guten Leistungen geeignet zu erkennen.

Deshalb ist es insbesondere für den Constructeur, welcher meistens nicht einmal in der Lage ist, auf die Wahl der leitenden Person wirklichen Einfluß zu üben, nöthig, jene Regel fest im Auge zu behalten. Selbst wenn solches geschieht, sind die Anforderungen, welche an das Auffassungsvermögen, die Umsicht und die Gewissenhaftigkeit desjenigen Mannes gestellt werden, dem die Verantwortung für den Betrieb der Anlage in erster Linie zusteht, nicht gering. Es soll nicht allein die Leistung der Anlage eine entsprechende sein, sondern auch deren Schonung, bezw. Erhaltung gebührend berücksichtigt werden. Man vertraut dem Manne nicht allein die Pflege eines großen Kapitals an; es liegt auch in seiner Hand, daß unvermeidliche Abnutzungen, bezw. gelegentliche Beschädigungen rechtzeitig erkannt werden, so daß sie nicht erst in dem Augenblicke hervortreten, wo die Benutzungsweise des Bauwerkes volle Betriebsfähigkeit der Heizungs- und Lüftungsanlage voraussetzen muß. Dem Leiter muß — neben der nöthigen Gewissenhaftigkeit — volle Kenntniß der ihm anvertrauten Anlage eigen sein und von ihm Ueberbürdung fern gehalten werden, um ihm die nöthige Frische zur Verwerthung dieser Kenntniß zu erhalten.

Einfachheit und Ueberblicklichkeit im Ganzen und im Einzelnen, Zuverlässigkeit der Regelungsmittel und, wenn mehrere Menschen zur Leitung, bezw. Bedienung der Anlage erforderlich sind, zweckmäßige Vertheilung und Abgrenzung der Verantwortlichkeiten des Einzelnen schon im Entwurf der Anlage — dies sind die wesentlichsten Gesichtspunkte, welche beim Aufstellen des Entwurfes im Auge behalten werden müssen, wenn der Erfolg ein sicherer sein soll.

Es besteht nun die Bedienung der vorliegenden Anlagen in dem eigentlichen Heizen, d. h. im Verfolgen der Feuer, im Beaufsichtigen und Lenken der Maschinen und in der endgültigen Regelung der Luftmengen und ihrer Temperaturen. Die entwickelte Wärme, so wie die eingeführte Luft sind im Haufe zu verbrauchen; es ist daher unvermeidlich, sowohl bei der Wärmeentwicklung, als auch beim Betrieb der Bläser oder Sauger auf den Wärme- und Luftbedarf gebührend Rücksicht zu nehmen, gewissermaßen die grobe Regelung der Luftmengen und ihrer Temperaturen damit zu verbinden. Die drei Gruppen der Bedienung sind daher von einander abhängig und sollen, wenn sie nicht in eine Hand gelegt werden können, gemeinsamer Leitung unterstehen.

Das Beschicken und Reinigen der Feuerstellen, das Heranschaffen des Brennstoffes und Entfernen der Asche, so wie andere grobe Arbeiten sind gewöhnlich

Sache eines Hilfsarbeiters oder — bei entsprechend großer Anlage — mehrerer derselben.

Weit mehr geistige Fähigkeiten erfordert die Bedienung, bezw. Beaufsichtigung der Maschinen. Es ist z. B. nicht selten, daß außer den Dampfmaschinen, welche die Bläser und Sauger treiben, solche zum Betriebe von Dynamo-Maschinen vorhanden sind, um Elektrizität für die Beleuchtung sowohl, wie auch zum Betriebe entfernt liegender Maschinen zu erzeugen. Ja, man findet Elektrizitäts-Accumulatoren, welche zu Zeiten den überschüssig entwickelten Strom aufnehmen, um bei starkem Bedarf oder, wenn die Betriebsmaschine aus irgend einem Grunde ruht, ihn zur Benutzung bereit zu halten. Der Abdampf der Betriebsmaschinen ist für die Versorgung der Dampfheizkörper sehr geeignet, genügt aber hierfür nicht immer, so daß zeitweise frischer Dampf zu Hilfe genommen werden muß. Umgekehrt ist, — bei einer derartigen Anlage — wenn mehr Abdampf vorliegt, als die Heizkörper gebrauchen, für freien Abfluß des Ueberschusses zu sorgen u. f. w.

Man kann deshalb wohl sagen: Wenn überhaupt Maschinenbetrieb vorliegt, so bildet dessen Leitung den schwierigsten Theil der ganzen Bedienung und erfordert den umsichtigsten Mann.

Die endgültige Regelung der Wärme- und Luftmenge ist bei guter Anlage verhältnismäßig einfach; die hierzu dienenden Einrichtungen, so weit ihre Bedienung in Frage kommt, sind leicht zu verstehen.

So ergeben sich folgende Gliederungen des Betriebes:

- 1) kleine Anlage: ein Mann bedient das Ganze;
- 2) größere Anlage ohne Maschinenbetrieb: wie vorhin, unter Heranziehung von Hilfsarbeitern;
- 3) größere Anlage mit Maschinenbetrieb: ein Maschinenkundiger hat die Leitung des ganzen Betriebes und, je nach Umständen, auch einen größeren oder kleineren Theil der Bedienung, während die sonstige Bedienung von Leuten besorgt wird, welche ihm unterstellt sind.

Es liegt nun der Gedanke nahe, im Falle 3 dem Leiter einen besonderen Raum anzuweisen, in welchen alle Nachrichten über die verschiedenen in Frage kommenden Zustände einlaufen und von dem aus die erforderlichen Befehle ertheilt werden. Allein derartige ist zu schwerfällig. Nachdem der Leiter aus den eingehenden Nachrichten erkannt, daß irgend wo Änderungen vorzunehmen sind, hat derselbe die vorzunehmenden Mafsregeln demjenigen anzugeben, welcher sie auszuführen hat. Versteht derselbe auch den Auftrag richtig, so muß er ihn doch erst auffassen und sich dann an den Ort begeben, wo der Auftrag auszuführen ist. Dies erfordert Zeit und bietet Gelegenheit zu Mißverständnissen und Fehlern. Es wird deshalb z. Z. ein solcher Raum nur oder doch vorwiegend zur Ueberwachung des ganzen Betriebes benutzt, was einigen Werth in besonders großen Bauwerken mit verwickeltem Betrieb haben mag.

Eine zweite Möglichkeit der Anordnung besteht darin, die betreffenden Nachrichten an dem Orte einlaufen zu lassen, wo die zugehörige Einstellung stattfinden hat. Ist die Regelungsvorrichtung verständig eingerichtet, so daß der Wärter ohne langes Nachdenken das, was die Nachricht verlangt, an erstere zu übertragen vermag, so schrumpft die Gefahr falscher Bedienung auf ein kleines Maß zusammen. Man kann einwenden: dieses Verfahren zwingt zur Anstellung von eben so vielen Wärtern, als Regelungsstellen vorhanden sind, und zerreißt die ganze Be-

dienung in eben so viele Theile. Diese Einwendungen sind jedoch ohne Bedeutung. Um solches würdigen zu können, wolle man beachten, daß nur ein Zustandswechsel, nämlich die Temperaturänderung der benutzten Räume, sofort fühlbar wird, ungenügende Deckung des Luftbedarfs aber erst nach einiger Zeit sich merkbar macht. Eine raschere Temperaturänderung liegt aber in der Regel nur bei plötzlicher Entleerung oder Füllung eines Raumes vor, z. B. im fog. Zwischenact der Schauspielhäuser u. dergl., so daß man sie vorherzusehen vermag, also rechtzeitig zu den betreffenden Regelungsorten sich begeben kann. Jede Regelung soll rasch ausführbar sein, und die einzelnen Regelungsorte sollen so gewählt werden, daß sie ohne erheblichen Zeitaufwand erreicht werden können. Was aber das Zerreißen der Bedienung und damit auch der Verantwortlichkeit anbelangt, so fällt der betreffende Einwand schon durch das oben Erörterte größtentheils hinweg; er fällt aber völlig, wenn — was selbstverständlich ist — vorausgesetzt werden darf, daß die Regelung einfach ist, also von dem etwaigen Hilfsarbeiter nach den Anweisungen des verantwortlichen Leiters durchgeführt werden kann.

Demnach ist es zweckmäßig, die ganze Bedienung der Anlage möglichst in dasselbe Geschloß zu legen, um den Verkehr zwischen den einzelnen Bedienungsorten zu einem wenig zeitraubenden zu machen. Diese Regel schließt nicht aus, einzelne Räume, z. B. solche mit örtlicher Heizung versehene Nebenräume, in welchen den Inassen oder den sonst dort beschäftigten Dienern die Regelung anvertraut werden kann, anders zu behandeln.

Zu den Einzelheiten der Regelung übergehend, gedenke ich zunächst der Mittel zur Erkennung der Zustände, bezw. zur Benachrichtigung über dieselben<sup>44)</sup>. Von diesen sind diejenigen für den Feuchtigkeitszustand der Luft am wenigsten durchgebildet; ähnlich vernachlässigt sind die Einrichtungen zur Beobachtung der Luftmenge, bezw. Luftgeschwindigkeit. Ich kann mich hinsichtlich beider auf die oben genannte Quelle beziehen. Größere Luftfeuchtigkeit ist bei den vorliegenden Anlagen noch mehr vom Uebel, als bei manchen anderen, während trockene Luft die Aufgabe derselben erleichtert. Ich habe zahlreiche hierher gehörende Anlagen im Betriebe gesehen, bei keiner aber gefunden, daß von einer künstlichen Luftanfeuchtung Gebrauch gemacht wurde. Es ist daher die Beobachtung der Luftfeuchtigkeit überflüssig; man ist zufrieden, wenn die Luft nur wenig feucht ist, muß es sich aber gefallen lassen, wenn sie feuchter ist, weil Mittel zum künstlichen Trocknen nicht vorgehen sind.

Das Beobachten der Luftgeschwindigkeit in den Canälen dürfte von größerem Werth sein; allein man schenkt derselben nur mittelbar einige Aufmerksamkeit. Es macht sich geringere Lüftung unter sonst gleichen Umständen durch Steigerung der Temperatur, insbesondere des Unterschiedes der Zuluft-Temperatur und der Raumtemperatur geltend und wird daher mit diesen Temperaturen beobachtet. Man paßt die Umdrehungszahlen der Bläser und Sauger und die Stellungen der Regelklappen den gemachten Erfahrungen an, spricht auch wohl von bestimmten Luftmengen, hat aber nur selten — nach der ersten Inbetriebnahme, bei welcher Messungen vorgenommen zu werden pflegen — sich die Mühe genommen, die Richtigkeit der Zahlen fest zu stellen. Außer dem Umstande, daß die Luftmenge nur mittelbar sich geltend macht, giebt die Thatfache, daß die Luftmenge nicht im geraden Ver-

<sup>44)</sup> Vergl.: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 718.

hältniffe zur Klappenöffnung sich ändert, Anlafs zu der bezeichneten Nachlässigkeit. Wenn man eine Klappenöffnung verengt, fo wird der Bewegungswiderftand an der betreffenden Stelle vergrößert, alfo die vorbeifließende Luftmenge verkleinert. Dadurch vermindern ſich die Widerftände in anderen Theilen des zugehörigen Canalnetzes, fo daß der verfügbare Ueberdruck zunimmt und den Einfluß der Durchflußverengung zum Theile wieder aufhebt. Solches macht ſich um fo mehr fühlbar, je größer die Gefamtwiderftände des Canals find.

Es feien die Gefamtwiderftände eines Canals, d. h. der Werth

$$\left[ \kappa l \frac{\mu}{g} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \gamma \frac{v^2}{2g} \quad 45)$$

vor der neuen Klappenftellung gleich 6 kg und  $v = 4$  m. Es werde nun die Klappe fo weit gefchloffen, daß der neue Durchflußquerschnitt gleich  $\frac{1}{10}$  des bisherigen wird. Die neue im Canal eintretende Gefchwindigkeit heiße  $v_1$ ; die zugehörige in der Klappenöffnung ift 10-mal fo groß, alfo gleich  $10 v_1$ ; von Contractionen foll abgesehen werden.

Es ift alsdann

$$\left[ \kappa l \frac{\mu}{g} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \gamma \frac{v^2}{2g} = \left[ \kappa l \frac{\mu}{g} \left( \frac{1}{v_1} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \gamma \frac{v_1^2}{2g} + \gamma \frac{(10 v_1)^2 - v^2}{2g}.$$

Vernachläßt man  $\frac{1}{v}$ , bezw.  $\frac{1}{v_1}$  gegen 20 und ſetzt einen mittleren Werth für  $\gamma$  ein, fo erhält man für  $v_1$  rund 1 m. Folglich ift durch Verengen des Durchflußquerschnittes auf  $\frac{1}{10}$  die Luftmenge nur auf  $\frac{1}{4}$  der früheren verringert.

Es bedarf keines Beweiſes, daß die durch eine der Klappenöffnungen ſtrömende Luftmenge ſich ohne neues Einftellen dieſer Klappe ändert, wenn eine andere Klappe, welche den Luftabfluß von demſelben Canalnetz zu einem anderen Raume zu regeln beſtimmt ift, neu eingeſtellt wird.

Das bisher wohl allgemein gebräuchliche, oben angegebene Verfahren — Einftellen der Klappen und der Bläſer, bezw. Sauger nur nach der Erfahrung — ift daher recht unvollkommen; es follte, wenigftens für umfangreichere Anlagen, verlaſſen und durch Luftgeſchwindigkeitsmeſſer die wirklich gelieferte Luftmenge überwachbar gemacht werden. Hierfür dürften die bekannten fog. ſtatifchen Anemometer genügen.

Zur Beobachtung der Temperaturen dient in erfter Linie das Queckſilberthermometer; ihm wird aber ein Metallthermometer vielfach vorgezogen, wenn man die Temperaturanzeigen auf elektriſchem Wege nach einem entfernten Orte verlegen will.

Unter dieſen dürfte das Fernthermometer von *Mönnich* <sup>45)</sup> eines der beſten, wenn nicht überhaupt das beſte ſein, da daſſelbe die von dem fern gelegenen Metallthermometer angegebenen Temperaturgrade nach dem Beobachtungsorte überträgt, ohne hierzu irgend welcher — bekanntlich leicht verſagender — Contacte zu bedürfen.

Die von *Mönnich* benutzte Uebertragungsweiſe läßt ſich ohne Weiteres auch für ſtatifche Anemometer verwenden.

Die Mittel zur Ausführung der Regelung beſtehen in Klappen, Schiebern, Ventilen und Hähnen, ſo wie zuweilen im Riemenführer, welcher den Treibriemen für den Bläſer, bezw. Sauger an die eine oder andere Stelle der abgeſtumpfte Kegel bildenden Riemrollen ſchiebt, um die Umdrehungszahlen zu regeln. Sie laſſen ſich am bequemſten unmittelbar mittels der Hand bethätigen. In Rückſicht hierauf ſucht man ſie möglichſt in den Maſchinenraum oder deſſen Nähe — an den Heizergang —

<sup>45)</sup> Siehe: Handbuch der Architektur, a. a. O., Art. 180, S. 162.

<sup>46)</sup> D. R.-P. Nr. 40295. — Siehe auch: Gefundh.-Ing. 1889, S. 327 — ſo wie: Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 21.

zu legen. Dampfheizkörper, welche wegen örtlicher Umstände vom Heizer nicht bequem erreicht werden können, versteht man mit gefonderten Dampfleitungen, auch wohl mit eigenen Niederflagswasserröhren, deren Dampfventile dann, in der Ventilkammer zusammengefasst, an einem mit der Hauptdampfleitung verbundenen Ventilstock angebracht sind. Man ist auf diesem Wege im Stande, die Wärmeabgabe dieser Dampfheizkörper auch aus grosser Entfernung zu regeln. Es wird auch wohl von jedem der Dampfheizkörper eine enge Röhre nach seinem Ventil zurückgeführt und hier mit einem Manometer versehen, um bei Bethätigung des Ventils seine Wirkung auf den Heizkörper beobachten zu können. Die Handlichkeit und auch Zuverlässigkeit dieses Verfahrens empfiehlt dasselbe; das erforderliche Röhrenwerk aber ist zuweilen sinnverwirrend; die verloren gehende Wärme wirkt höchst belästigend, und häufigeres An-, bezw. Abstellen der einzelnen Röhrenstränge verursacht Geräusch und verhältnissmässig rasche Zerstörung derselben. Deshalb sollte man diese Art der Dampfvertheilung vermeiden. Eine einzige Dampfrohre, welche dasselbe leistet, wie jene Schaar, hat eine viel kleinere Oberfläche wie die Summe jener, verliert also weniger Wärme. Sie unterliegt geringeren Temperaturwechseln, hat daher eine grössere Dauer. Man wird in den meisten Fällen, ohne zu grosse Ausdehnung des Heizerganges, die Heizkörper von dieser aus regelbar machen können, wenn auch zuweilen Kettenzüge hierfür erforderlich werden.

Entfernt liegende Luftklappen, -Schieber oder -Thüren bethätigt man vielfach durch Kettenzüge, welche, wenn zweckmässig durchgebildet, ihre Aufgabe gut lösen und wenig belästigen. Je nach dem erforderlichen Kraftaufwande werden die Ketten unmittelbar durch die Hand oder mittels Winden bewegt; die Länge, um welche die Kette herangezogen oder fort gelassen wird, bezw. der Drehungsgrad der betreffenden Windentrommel lassen erkennen, in welchem Grade die betreffende Klappe oder dergl. geöffnet ist.





08. Juli 2002



GHP: 03 M18985



2284 LXXI F.