

batterie anlegen. Da die Hauptverwendung des Stromes in der Beleuchtung liegt, so wird die Spannung an der Lampe die gebräuchliche von 110 Volt betragen. Dies ist eine Spannung, die als eine für den Menschen nicht lebensgefährliche bezeichnet werden kann, ein Punkt, der bei einem Theater, wo viel mit transportablen Beleuchtungskörpern hantiert werden muss, nicht unwesentlich ist. Da man den Strom natürlich auch motorischen Zwecken dienstbar machen wird, zum Antrieb von Ventilatoren etc., namentlich auch der Bühnenmaschinerie¹⁹¹⁾, so wird im allgemeinen bei einer Theaterinstallation das Dreileitersystem das angemessenste sein, vor allem wegen der großen Ersparnis an Leitungsmaterial.

Theater in großen Städten werden sich heute zumeist in der angenehmen Lage befinden, auf eine eigene Kraftquelle verzichten zu können. Die fast überall bestehenden städtischen Elektrizitätswerke versorgen dann das Theater mit Strom, so dass, abgesehen vom Fortfall der für eigene Kraftmaschinen erforderlichen Räumlichkeiten etc., noch der Vorteil auftritt, auch einer Akkumulatorenbatterie sich entschlagen zu können, da die städtischen Leitungen Tag und Nacht mit Strom versehen sind, so dass die Theater von der Elektrizität als motorische Kraft in umfassender Weise Gebrauch machen können.

9. Kapitel.

Heizung und Lüftung¹⁹²⁾.

Die Probleme der Heizung und Lüftung treten überall da auf, wo aus irgendwelchem Grunde an Räume, deren Temperatur und Luftzusammensetzung Veränderungen ausgesetzt sein würden, die Anforderung gestellt werden muss, diese beiden Faktoren auf einem gewissen konstanten oder doch nur wenig schwankenden Niveau zu erhalten. Naturgemäß treten diese Anforderungen in den Vordergrund bei allen von Menschen bewohnten oder benutzten Räumen. Als solche sind auch, und zwar in hervorragendem Maße, alle diejenigen Räume zu betrachten, welche gleichzeitige Ansammlungen vieler Menschen aufzunehmen haben und im besonderen, wenn das körperliche Behagen der letzteren von wesentlicher Bedeutung für die Erreichung des Zweckes dieser Räume ist. Hierher gehören neben Versammlungssälen, Hörsälen, Konzertsälen etc. vor allem auch die Theater und in erster Linie das Logenhaus derselben; denn abgesehen von den die Gesundheit unmittelbar gefährdenden Einwirkungen, welche bei Nichtbeachtung der erwähnten Bedingungen sich bemerkbar machen würden, ist ein normaler Mensch nur dann im Stande, Vorträgen oder Darstellungen irgendwelcher Art, welche ohnedies die Nerventätigkeit in erhöhtem Maße in Anspruch nehmen, mit Genuss und Vorteil zu folgen, wenn weder ungeeignete Temperaturverhältnisse, noch fehlerhafte Zusammensetzung der Luft von außen auf ihn einwirken und sein körperliches Wohlbefinden beeinträchtigen können. Hieraus folgt auch, dass die in nachstehendem näher zu untersuchende Heizung und Lüftung zu den wichtigsten Aufgaben der Anlage und des Betriebes der Theater zu rechnen ist. In wissenschaftlicher, sowie in technischer Beziehung sind Heizung und Lüftung so eng miteinander verwachsen, dass sie nur als die Teile eines und

^{292.}
Bedingungen.

¹⁹¹⁾ Die erste Bühne mit ausschließlich elektrischem Betriebe ist die von Herrn Direktor *Lautenschläger* mit folchem eingerichtete und vor kurzem vollendete Bühne des Hoftheaters in Mannheim.

¹⁹²⁾ Bearbeitet von Ingenieur *Manfred G. Semper*.

deselben Problems zu betrachten und demgemäfs auch hier gemeinfam zu behandeln find.

Das Schwergewicht der Aufgabe liegt aus dargelegten Gründen in der Heizung und Lüftung des Zuschauerraumes, fowie der Bühne, da die Temperatur, wie auch die Zufammenfetzung der Luft vornehmlich in diesen Räumen auf einem angemessenen Niveau möglichft konftant erhalten werden müffen.

293.
Luftver-
fchlechterung.

Die Urfachen der Veränderungen, welche die Luft in einem von Menschen erfüllten Raume erleidet, find verschiedenartige. Für den Zuschauerraum eines Theaters mußte bis vor kurzem auch die Einwirkung der Beleuchtung in namhafter Weife in Betracht gezogen werden. Bei der heute faft ausschließlich gebräuchlichen Anwendung von elektrifcher Beleuchtung, deren Einflüsse in chemifcher wie in thermifcher Beziehung gleich Null einzufetzen find, darf dieser Faktor aber unberückfichtigt gelaffen werden. Somit haben wir es in erfter Linie mit den Einwirkungen der Menschen auf die Veränderung der Innenluft zu tun, in zweiter mit denjenigen der klimatifchen Verhältnisse, welche teils unmittelbar die Temperatur der Außenluft, teils mittelbar durch Ausftrahlung der Wände diejenige der Innenluft beeinflussen. Bei Zuschauerraum und Bühne ift der letztere Punkt von untergeordneter Bedeutung, weil diese Räume durch andere fie umgebende von den Einwirkungen der Außentemperaturen ifoliert find.

Wenngleich hier nicht der Platz ift für eine umfaffende Theorie der Heizungs- und Lüftungsarten, fo erfcheint es doch notwendig, die dafür maßgebenden elementaren Bedingungen, feien fie kosmifcher oder phyfifcher Natur, einer kurzen Unterfuchung zu würdigen.

Es ift bereits ausgesprochen worden, dafs, nachdem von der Beleuchtung durch Gas abgesehen werden kann, der für eine Veränderung der Befchaffenheit der Luft im Zuschauerraum eines Theaters hauptfächlich in Frage kommende Faktor der Mensch ift. Seine Einwirkungen find zweierlei:

- 1) durch die Ausfcheidung von Wafferdampf und Kohlenfäure und
- 2) durch die vom Körper abgegebene animalifche Wärme.

Zur Beurteilung der in Frage kommenden Mengen liegen eine grofse Anzahl von Beobachtungs- und Erfahrungswerten vor. Was zunächft die Kohlenfäureabgabe anbelangt, fo ift dieselbe nach *Scharling*¹⁹³⁾ auf 0,0186 cbm in der Stunde als Abgabe eines erwachsenen Mannes festgestellt. Der Kohlenfäuregehalt der äußeren Luft beträgt im Mittel 0,4 Vomtaufend oder 0,0004 cbm für 1 cbm. Wenn nun lediglich die Abführung der Kohlenfäure aus einem Raume in Betracht gezogen wird, in welchem fich Kohlenfäurequellen, hier also Menschen, befinden, und dabei die Bedingung zu erfüllen ift, dafs der Kohlenfäuregehalt der Luft in diesem Raume fich nicht über die erfahrungsgemäfs zuläffige Höhe von 1,5 Vomtaufend heben foll, fo ergibt fich für einen Menschen mit oben erwähneter Kohlenfäureerzeugung unter der Annahme, dafs fich die Kohlenfäure gleichmäffig im Raume verteile und im Beharrungszustande befinde, ein Luftwechsel nach der Formel

$$L = \frac{nk}{a - b},$$

worin L die zuzuführende Luftmenge (in Kub.-Met. für die Stunde), a den zuläffigen Kohlenfäuregehalt (in Kub.-Met. für 1 cbm Luft), b den Kohlenfäuregehalt der

193) Siehe: LEHMANN, C. S. Handbuch der phyfiologischen Chemie. Leipzig 1854.

zugeführten Luft (ebenso), n die Anzahl der Kohlenäurequellen und k die Menge der von denselben erzeugten Kohlenäure (in Kub.-Met. für die Stunde) bezeichnen. Demnach ist

$$L = \frac{1 \cdot 0,0186}{0,0015 - 0,0004} = 17 \text{ cbm für die Stunde.}$$

Für die beiden anderen Faktoren, der Wärme- und der Feuchtigkeitsabgabe, liegen verschiedene Beobachtungswerte vor. Ohne auf die älteren, von französischen Physiologen und Chemikern angegebenen einzugehen, sollen hier diejenigen von *v. Pettenkofer* und *Voith* in Betracht gezogen werden. Nach diesen entwickelt ein erwachsener Mann in der Stunde im Mittel ruhend 100 bis 115, arbeitend 146 Wärmeeinheiten. Die Wasserdampfentwicklung beträgt nach denselben Forschern für einen erwachsenen Mann stündlich von 37 bis 119 g. Die Zahlen sind abhängig von der Art der Ernährung wie der geleisteten physischen Arbeit.

Eine Lüftungsanlage darf aber nicht mit Zugrundelegung von Durchschnittswerten arbeiten; sie muß vielmehr imstande sein, die maximalen Wärme- und Feuchtigkeitsmengen zu bewältigen; deshalb setzt *Fischer* etwa 100 Wärmeeinheiten und ca. 100 g Wasserdampf für die stündliche Lieferung eines erwachsenen Menschen als brauchbaren Wert in die Rechnung ein.

Wenn zunächst von der Abführung des erzeugten Wasserdampfes abgesehen und lediglich diejenige der animalischen Wärme berücksichtigt wird, so sind, unter der Voraussetzung, daß die Luft in dem gegebenen Raume eine bestimmte Temperatur nicht überschreiten soll, damit die Quantitäten und Eintrittstemperaturen der Ventilationsluft genau zu bestimmen.

Ist W die stündlich zu entfernende Wärmemenge in Wärmeeinheiten (W.-E.), t_1 die Temperatur der Zuluft, t die höchste zulässige Temperatur im Raume in Kopfhöhe, α der Ausdehnungskoeffizient der Luft $\left(= \frac{1}{273}\right)$ und L die abzuführende Luftmenge von t Grad, dann ist

$$L = \frac{W(1 + \alpha t)}{0,307(t - t_1)}.$$

Der Ausdruck gilt aber nur für den Beharrungszustand und unter der Annahme, daß sich die abgegebene und die fortzuschaffende Wärme gleichmäßig im Raume verteilen. Man kann nach der vorstehenden Formel eine Tabelle aufstellen, in welcher $W = 100$ W.-E., gleich der durch einen Menschen in der Stunde erzeugten Wärmemenge.

Stündlich abzuführende Luftmenge.

$t_1 =$ Temperatur der Zuluft	$t =$ Temperatur des Raumes und der Abluft in Graden C.					
	18	19	20	21	22	23
15	116	87	70	59	50	44
16	174	117	88	70	59	51
17	348	175	117	88	71	59

Grad C.

Kubikmeter.

Man sieht, daß hinsichtlich der Temperatur der Aufenthalt in einem Raume um so angenehmer sein wird, je weniger t von t_1 sich unterscheidet. Mit der Erreichung dieses Zieles wachsen aber die einzuführenden Luftmengen über praktisch erreichbare Größen; man wird sich deshalb damit bescheiden, die Differenz zwischen den beiden Lufttemperaturen möglichst herabzumindern, ohne doch den Luftwechsel dabei übermäßig zu vergrößern. So dürften als oberste Grenzen der Zuluft etwa 15 Grad, der Abluft ca. 23 Grad zu bezeichnen sein. Bei dieser Annahme ergibt sich aus der Tabelle diejenige Luftmenge, welche zur Entfernung der 100 W.-E. erforderlich ist, theoretisch auf 44 cbm in der Stunde. Dies ist ein auch für ein modernes Theater gebräuchlicher Wert, auf Grundlage dessen die Lüftungsanlagen bestimmt werden. Bei Gasbeleuchtung sind die Werte selbstverständlich höher; unter den heute bestehenden Verhältnissen kann ein Luftwechsel von 40 cbm für den Kopf und die Stunde als ein genügender angesehen werden.

Es steht nun zur Frage, wie verhält es sich mit der Abführung des durch die Menschen entwickelten Wasserdampfes.

295.
Abführung
des
Wasserdampfes.

Die Annahme von 100 g Wasserdampf für einen erwachsenen Menschen ist sehr reichlich und für alle Fälle genügend. Wenn die mit 15 Grad eintretende Luft in dem Raume auf 23 Grad erwärmt wird, so steigert sich das Verschluckungsvermögen dieser Luft bei einer Erhöhung ihrer Temperatur um 8 Grad um ca. 6 g für 1 kg¹⁹⁴). Die stündlich eingeführten 40 cbm wiegen 49,6 kg, wobei die für mittlere Feuchtigkeit brauchbare Werte gebende Formel zu Grunde gelegt ist:

$$\gamma = 1,3 - 0,004 t \text{ Kilogr. für } 1 \text{ cbm.}$$

Für $t = 15$ Grad wird $\gamma = 1,24$.

Diese Luftmenge kann mithin ca. 300 g Wasser, also den dreifachen Wert der Produktion abführen.

Da, wie oben auseinandergesetzt wurde, 17 cbm Luftwechsel in der Stunde genügen, um die produzierte Kohlenäure eines Menschen fortzuschaffen, so bildet auch die Einwirkung der Kohlenäureproduktion des Menschen für eine Lüftungsanlage nicht den Schwerpunkt. Eine Luftzufuhr, welche im stande ist, die von den Menschen produzierten Wasserdampf- und Wärmemengen abzuführen und Temperatur wie Zusammensetzung der Luft auf der richtigen Höhe zu erhalten, genügt also vollkommen, um auch die Kohlenäureproduktion zu paralisieren.

Das durch diese allgemeinen Betrachtungen gewonnene Ergebnis möge hier noch einmal kurz zusammengefaßt werden.

Die für den Kopf und die Stunde dem Zuschauerraum zuzuführende Luftmenge beträgt 40 cbm und die Eintrittstemperatur ca. 15 Grad; die Maximaltemperatur soll 23 Grad nicht übersteigen; damit werden auch die sich entwickelnden Wasserdampf- und Kohlenäuremengen abgeführt.

296.
Aufgaben.

Zur Erreichung dieser Aufgabe sind mit der Außenluft die folgenden Operationen erforderlich:

- 1) Auffaugen derselben;
- 2) Reinigen derselben;
- 3) Erwärmen, bezw. Abkühlen; Regulieren der Temperatur der Luft vor Eintritt in den Raum;

¹⁹⁴) Siehe: Fortschritte auf dem Gebiete der Architektur. Heft 5: Heizung, Lüftung und Beleuchtung der Theater und sonstiger Versammlungssäle. Von H. FISCHER. Darmstadt 1894.

- 4) Leitung und Bewegung der Luft;
- 5) Einführung der Luft in den Raum, und
- 6) Abführung der verbrauchten Luft.

Das Auffaugen der frischen Außenluft geschieht zweckmässig an einer Stelle, welche möglichst wenig den verunreinigenden Einflüssen von Rauch, Staub etc. ausgesetzt ist. Bei Theatern, welche doch meist in der Nähe von anderen Gebäuden und an verkehrsreichen Strassen liegen, wird aber immerhin die Reinheit der angelegenen Luft eine sehr fragwürdige sein. Der erste Vorgang, welchem die Luft unterzogen werden muss, ist deshalb das Reinigungsverfahren. Die Luft wird genötigt, Filter zu passieren, welche, aus geeignetem Stoff bestehend, die gröberen Verunreinigungen, Staub- und Rufsteilchen, zurückzuhalten haben, der Luft jedoch keine zu grossen Widerstände entgegenzusetzen dürfen. Um diesem letzteren Umstande zu begegnen, ist deshalb der Querschnitt des Zuluftkanals vor den Filtern zu erweitern; auch sind behufs Vergrößerung der Oberfläche fächer- oder wellenförmige Filter sehr zweckmässig. Als Stoff wird ein dicht gewebter Flanell immer der geeignetste sein; auch in solchen Betrieben, wo die Staubteile ihres Wertes wegen aufgefangen und gesammelt werden sollen, werden die Filter aus diesem Material hergestellt. Als zweckmässige Belastung eines Filters gibt *Fischer* 100 g stündlich für 1 qm; diese Zahl sollte nicht überschritten werden¹⁹⁵⁾. Selbstverständlich ist das Filter auch durch öftere Reinigung vor zu grosser Belastung mit abfiltriertem Staub zu bewahren.

297.
Auffaugen
und Reinigen
der Zuluft.

Die feineren Verunreinigungen, welche die Filter noch durchlassen, werden meistens noch durch fog. Waschen entfernt. Das Verfahren ist zweckmässig, sofern das Wasser durchaus rein, namentlich geruchfrei ist. Es kann aber bei hoher Aussentemperatur der Luft der ungünstige Fall eintreten, dass dieselbe bei diesem Waschprozess zu reichlich mit Feuchtigkeit beladen und damit ihr Aufnahmevermögen für die im Raum entwickelte Feuchtigkeit verringert wird; immerhin ist jedoch in unseren Breitengraden selbst im Sommer dieser Umstand ohne Bedeutung. Das Wasser wird in sehr feinen Strahlen oder noch besser in Staubform in den Luftstrom gespritzt und nimmt beim Niederfallen feine Fremdkörper mit; auch befreit es die Luft bis zu einem gewissen Grade von den in ihr enthaltenen, in Wasser leicht löslichen Gasen, wie schwefelige Säure und auch Kohlenäure. Die Zerstäubung geschieht wohl durch feine Brausen. Zweckmässig sind auch die fog. *Körting'schen* Streudüsen, welche durch eine im Inneren befindliche Schraubenfläche das Wasser in eine Garbe ganz feiner Tröpfchen höchst gleichmässig verteilen.

Die dergestalt geschöpfte und gereinigte Luft ist nun die ausschliesslich die inneren Räume eines Theaters versorgende. Wenngleich, wie im weiteren Verlaufe darzulegen sein wird, diese Luft zunächst nur in das Auditorium, die Foyers, Korridore etc. getrieben wird, so dient sie doch auch mittelbar dazu, die Nebenräume des Theaters auf dem Wege der natürlichen Kommunikation zu versorgen, da eine unmittelbare Einführung der Außenluft durch Fenster etc. im allgemeinen als ausgeschlossen zu betrachten ist. An warmen Sommerabenden wird solche Nebenlüftung wohl hie und da am Platze sein können; für den normalen Betrieb aber und

¹⁹⁵⁾ Nach Versuchen von *Rietchel* ist der Druckhöhenverlust bei Filtern

$$h' = \frac{m L}{F} \text{ Meter,}$$

wobei L die gefilterte Luftmenge in der Stunde, F die Gesamtfilteroberfläche und $m = 0,024$ bis $0,030$ ist. Diese Formel gilt für *Müller'sche* Filter von gerauhtem Barchent.

namentlich in der kälteren Jahreszeit ist sie aber belanglos und deshalb hier beiseite zu lassen.

298.
Einpressen
der
Zuluft.

Um von außen in den Kanal eintreten, denselben durchströmen und die Filter passieren zu können, bedarf die Luft einer bewegenden Kraft; für ihre späteren Wege bis zum Austritt aus dem Raume genügt vielfach der Auftrieb durch die Erwärmung. Den ersten Impuls empfängt sie durch einen in den Frischluftkanal eingebauten Ventilator. In allen bekannten Fällen haben Ventilatoren mit wagrecht liegender Achse ohne verwickelte Konstruktionen Verwendung gefunden. Nach seiner Wirkungsweise ist er als Saug- und Druckventilator zu bezeichnen, und, abgesehen von der genau zu bemessenden Leistungsfähigkeit, ist die Hauptbedingung vor allem ein geräuschloser Gang. Besondere Gehäuse werden auch nur selten zu finden sein; er stellt meistens ein den entsprechenden Querschnitt der betreffenden Stelle des Kanals vollständig ausfüllendes Schraubenrad dar. Der Antrieb erfolgte früher meistens durch eine Dampf- oder Gasmaschine; heute wird man wohl stets zu dem reinlichen, leicht zu behandelnden und vermöge seiner hohen Tourenzahl sich besonders dafür eignenden Elektromotor greifen, umfomehr, als in modernen Theatern die Elektrizität auch als motorische Kraft immer größere Verwendung findet.

Wenn somit die Hauptarbeit dieses Ventilators darin besteht, den Transport der Luft bis in die Heizkammern, bzw. in das Auditorium zu bewirken, so findet in diesen und in anderen Räumen und Kanälen die Bewegung nur durch den Auftrieb infolge der Temperaturdifferenzen statt¹⁹⁶⁾.

In vielen Fällen zeigt es sich geboten, diese Bewegung der Luft durch einen in den nach außen führenden Sammelkanal eingebauten Ventilator zu beschleunigen, welchem hiernach die Aufgabe zufällt, die Abluft aus dem Auditorium aufzufangen und im genannten Sammelkanal nach außen zu drücken. Die Öffnungen, durch welche die Abluft dem Sammelkanal zugeführt wird, befinden sich immer an den höchsten Stellen des Auditoriums, also entweder in seinem Plafond selbst oder doch unmittelbar unter demselben.

299.
Erwärmen
der
Zuluft.

Weitaus komplizierter und mit größeren Unkosten verbunden als die im vorstehenden dargelegte Reinigung der dem Auditorium zuzuführenden Luft ist die zweite der Hauptanforderungen, nämlich die richtige und genaue Temperierung derselben.

Dabei kommen zwei verschiedene Faktoren in Betracht: einerseits die Außentemperatur der Luft, mit welcher sie also in das Gebäude eintritt, und andererseits die Anzahl der im Auditorium anwesenden Personen als die Temperatur in demselben wesentlich beeinflussend. Wie auch diese beiden Faktoren sich gestalten mögen, ob die Außentemperatur im Winter 20 Grad unter Null oder im Sommer eine lästige Hitze aufweise, ob das Auditorium bis auf den letzten Platz gefüllt oder nur wenig besetzt sei, immer bleibt die Bedingung bestehen, daß die Luft daselbst von allen Verunreinigungen möglichst befreit sei, und daß die Temperatur im Saale sich nicht über die den daselbst sich Aufhaltenden angenehme Höhe von ca. 15 Grad erhebe.

Die Benutzung der Theater fällt in der Hauptsache in die kältere Jahres-, sowie Tageszeit. Hieraus ergibt sich, daß diejenigen Einrichtungen zunächst die wichtigsten sind, welche die Erhöhung der eingeführten Außenluft bezwecken und dem Betriebsleiter die Mittel an die Hand geben, die Temperatur der Innenluft immer

¹⁹⁶⁾ Siehe: FISCHER, a. a. O.

auf gleicher Höhe zu halten. Von Wichtigkeit ist dabei auch, daß etwaige Abänderungen schnell bewirkt werden können; denn bei der Größe der in den Zuschauerraum eintretenden Luftmengen würde eine träge und langsame Regulierung der Temperatur sehr unangenehm empfunden werden und den Aufenthalt unter Umständen unerträglich machen können.

Die Erwärmung der durch den Frischluftkanal eingefogenen Außenluft erfolgt dadurch, daß dieselbe mittels des Ventilators in Kammern geprefst wird, in welchen sie mit erwärmten Flächen in Berührung tritt.

Früher bediente man sich zu diesem Zwecke durchweg der Feuerluftheizung. Bei diesem System wurde die kalte Luft über die Außenseite von Kanälen geleitet, welche unmittelbar von den Feuergasen des Ofens durchströmt waren, und ihre Wärme an die sie umspielende kalte Luft abgaben. So einfach dieses System erscheint, so ist es doch heutzutage als veraltet anzusehen und kommt in normalen Fällen, wenigstens für Theater, wohl kaum mehr zur Anwendung. Ein Nachteil dieses Heizsystems besteht u. a. darin, daß die Temperatur der Luftheizungsöfen, die weit über 100 Grad steigt, es mit sich brachte, daß die selbst bei der besten Filtration noch immer in der Luft schwebenden Staubpartikelchen an der Außenfläche der eisernen Ofenteile und Kanäle verbrannten, durch ihre Verbrennungsprodukte aber die Luft in einer sehr unangenehmen Weise beeinflussten und die Empfindung der Trockenheit hervorriefen. Schließlich ist der Feuerluftheizung vorzuwerfen, daß ihre Bedienung und Reinigung umständlich und daß eine gewisse Feuergefährlichkeit damit verbunden ist.

Besser und zweckmäßiger sind die Vorrichtungen, welche den wärmeabgebenden Heizflächen die notwendigen Wärmemengen mittels sie durchströmender Flüssigkeiten zuführen, welche letztere ihrerseits an anderen Punkten des Gebäudes in geeigneten Feuerungsanlagen auf die erforderliche Temperatur gebracht werden. Die in Frage kommende Flüssigkeit ist das Wasser, und zwar ebenfowohl in tropfbar flüssigem, wie in dampfförmigem Zustand. Man unterscheidet demnach Wasserheizungen im engeren Sinne und Dampfheizungen und je nach dem Druck, mit welchem dieselben arbeiten, d. h. der mit dem gleichen Quantum Wasser transportierten Wärmemenge — Hoch-, Mittel- und Niederdruckheizungen.

Die Wirtschaftlichkeit der beiden Heizungsarten, sei es daß sie mit tropfbar flüssigem oder mit gasförmigem Wasser arbeiten, ist ungefähr die gleiche; man rechnet in beiden Fällen für den Kessel eine stündliche Wärmefaufnahme von etwa 8000 bis 10000 Wärmeeinheiten für 1 qm Heizfläche.

An sich ist eine Wasserheizung der ersteren Art einfach zu bedienen; auch erfüllt sie die Bedingung einer leichten Regulierbarkeit ziemlich gut. Bei einer Heißwasserheizung aber, die mit hohem Druck arbeitet, bei welcher also das in derselben zirkulierende Wasser, folglich auch die die Wärme abgebenden Heizkörper bis auf 200 Grad erhitzt werden, tritt der an anderer Stelle bereits beleuchtete Uebelstand auf, daß die in der Luft enthaltenen oder auf dem Rohrsystem sich niederfallenden Staubpartikelchen verbrannt oder doch geröstet werden und die Luft verunreinigen, ein Uebelstand, der bei einer mit geringeren Wärmemengen arbeitenden Anlage, also bei einer Niederdruckheizung, vermieden ist.

Bei der Hochdruckwasserheizung werden fowohl als Wärmefahrer, wie auch als Abgeber Rohrflangen aus geschweißten, etwa 3 cm im Durchmesser haltenden Rohren, den sog. *Perkins*-Rohren, verwendet. Dem Drucke, welcher in diesem

Heizungssystem sehr hohe Werte annimmt, würden weite, gusseiserne Heizkörper nicht gewachsen sein, ohne unpraktische Stärken und Gewichte annehmen zu müssen. Derartige Heizkörper, welche zum Zwecke der Vergrößerung ihrer Wärmeabgabe an ihrer Oberfläche mit Rippen versehen sind, sog. Rippenheizkörper, finden Verwendung bei den mit geringerem Drucke arbeitenden Heizsystemen. Eine Unbequemlichkeit der eigentlichen Wasserheizungen, gleichviel ob Hochdruck- oder Niederdrucksystem, besteht in dem Umfande, daß die sämtlichen Rohrleitungen in einem gewissen, nach dem Kessel führenden Gefälle verlegt werden müssen.

In erster Linie und fast ausschließlich kommen zur Zeit für die Zwecke der Theaterheizung nur noch die Dampfheizungen in Betracht, weil ihre Anlage im Vergleich zu derjenigen einer Wasserheizung eine verhältnismäßig einfache ist, und auch, weil der erzeugte Dampf außer zur Heizung auch noch anderen Zwecken dienstbar gemacht werden kann. Die Regulierfähigkeit einer Dampfheizung ist eine gute, die Aufstellung der Wärmeerzeuger eine beliebige und leichte und die Bedienung eine einfache.

Auch für die Dampfheizungen unterscheidet man Hochdruck- und Niederdrucksysteme, je nach der Höhe des dabei angewandten Dampfdruckes. Bei ersteren wird in einem gewöhnlichen Dampfkessel, der als Flammrohr- oder Wasserrohrkessel ausgeführt sein kann, Dampf von etwa 5 Atmosphären Druck erzeugt und dieser mit geringerer Spannung der Verteilungsleitung und den Heizkörpern zugeführt. Für letztere wird durch Einschaltung von Reduzierventilen der Kesseldruck auf $1\frac{1}{2}$ bis 2 Atmosphären ermäßigt.

Bei der Niederdruckheizung erzeugt der Kessel Dampf von nur $0,5$ Atmosphären Ueberdruck. Dieser Kessel ist abweichend von einem gewöhnlichen Dampfkessel konstruiert. Zumeist werden stehende Kessel mit zentralem Feuerrohr verwendet, eine Konstruktion, welche nur eine äußerst einfache Bedienung erfordert. Diese beschränkt sich darauf, daß das Feuerrohr voll Koks gehalten und von Zeit zu Zeit Asche und Schlacke vom unten liegenden Roste entfernt werden muß. Der Kessel kann angesichts seines geringen Druckes ein oben offenes Standrohr erhalten. Die Speisung kann sich selbsttätig gestalten, in der Weise, daß ein Schwimmer, sobald der tiefste Wasserstand erreicht ist, ein Ventil öffnet, welches den Kessel durch das Standrohr speist; sobald der Wasserstand wieder auf normale Höhe gelangt ist, schließt der Schwimmer das Ventil. Ist somit die Bedienung dieser Kessel durchaus einfach, so sind sie auch als völlig gefahrlos anzusehen; sie bedürfen deshalb irgend welcher behördlichen Konzessionen nicht und können unter jedem bewohnten oder von Menschen erfüllten Raum aufgestellt werden.

Die Heizkörper einer Niederdruckheizung unterscheiden sich in ihrer Konstruktion nicht wesentlich von denjenigen einer Hochdruckheizung, wie im nachstehenden noch auszuführen sein wird. Bei Abwägung der Vorteile dieser beiden Systeme für Theaterheizungen sprechen für die Hochdruckdampfheizung die folgenden Momente. Der hochgespannte Dampf des Kessels kann für motorische Zwecke nutzbar gemacht werden, also zum Betriebe der Maschine für Erzeugung des elektrischen Lichtes, etwaiger Pumpen, der Ventilatoren etc. Der in die Heizkörper tretende Dampf von 2 Atmosphären repräsentiert bei gleichem Rauminhalt größere Wärmemengen als bei niedrigerem Druck; die Oberfläche der Heizkörper wird also für eine bestimmte Wärmeabgabe um so viel kleiner sein können. Als nachteilig ist bei diesem System zu erkennen, daß für die Bedienung der einer behördlichen Konzession

unterliegenden Dampfkessel ein geschultes Heizer- und Kesselpersonal vorhanden sein muß und schließlich eine nicht geringe Komplikation der Anlage infolge der Einschaltungen der notwendigen Druckreduzierventile.

Die hier nebeneinander gestellten Vorzüge und Nachteile der beiden Systeme schreiben nun von selbst jedem derselben seinen Verwendungsort vor. Ein Theater, welches durch städtische Elektrizitätswerke mit dem erforderlichen Strom versorgt werden kann, ist der Anschaffung einer eigenen Lichtzentrale enthoben und zugleich auch aller übrigen Motoren, da der Strom auch für motorische Zwecke dienstbar gemacht werden kann. In einem solchen Falle wird fraglos die Wahl auf die Niederdruckdampfheizung fallen. Im anderen Falle aber, bei der Notwendigkeit eigener Lichterzeugung, wird man zur Hochdruckdampfheizung greifen; denn es wäre selbstverständlich höchst unpraktisch, außer einem Niederdruckkessel für die Zwecke der Heizung noch einen Hochdruckkessel für die Motoren aufzustellen. Die neuesten Ausführungen von Heizungsanlagen in Theatern bestätigen die Richtigkeit dieser Anschauung, und alle in den letzten 5 Jahren, also seit dem Allgemeinwerden der Kabelnetze in den Städten, ausgeführten Theater sind ausnahmslos mit Niederdruckheizungen versehen.

Zu erwähnen ist hier noch die Notwendigkeit, dem in den Heizkörpern sich ansammelnden Kondenswasser Ableitung zu verschaffen. Dies geschieht durch Wasserabscheider und ähnliche Vorrichtungen. Bei den Niederdruckdampfheizungen wird das Kondensat dem Kessel wieder zugeführt. —

In der von der frischen, durch den Ventilator angefaugten und filtrierten Luft durchströmten Heizkammer befindet sich das die Wärme abgebende Heizkörpersystem. In älteren Theatern waren dies von der Feuerluft durchflossene Kaloriferen; in neueren sind es Rippenkörper und Rohrsysteme, welche von höher oder niedriger gespanntem Dampf durchströmt sind. Da ist zunächst die Heizfläche dieser Körper der am meisten interessierende Faktor.

Die größte Anforderung wird an die Leistungsfähigkeit der Heizungsanlage bei niedriger Außentemperatur gestellt. In diesem Falle tritt eine gewisse maximale Belastung der Heizung, je nach der Anzahl der im Saale anwesenden Personen, ein und der ungünstigste Fall dann, wenn eine große Luftmenge zugeführt werden muß, also bei starker Besetzung. Als Bedingung für eine neu anzulegende Anlage möge angenommen werden, daß dieselbe bei einer Außentemperatur von -20 Grad im Stande sein müsse, die Luft auf eine Temperatur von $+15$ Grad zu bringen, mit welcher diese in das Auditorium eintreten solle, und daß die Menge so erwärmter Luft einzuführen sei, welche für den Sitzplatz stündlich 40 cbm betrage. Danach läßt die annähernde Bestimmung der notwendigen Heizfläche wie folgt sich darstellen:

$$40 \text{ cbm Luft} = 49,6 \text{ kg Luft.}$$

Sonach müssen $49,6 \text{ kg}$ Luft in ihrer Temperatur um 35 Grad erhöht werden. Die spezifische Wärme der Luft ist $0,24$. Um 1 kg Luft von -20 Grad auf $+15$ Grad zu bringen, bedarf es also $0,24 \cdot 35 = 8,4 \text{ W.-E.}$, für $49,6 \text{ kg}$ somit rund 417 W.-E.

Ist demnach für einen Saal mit 1500 Zuschauern ein Gesamtluftwechsel von 60000 cbm in der Stunde gefordert, so bestimmt sich die gesamte theoretisch abzugebende Wärmemenge auf rund 625500 cbm . Man rechnet, daß ein Rippenheizrohr für 1 qm Oberfläche stündlich etwa 500 Wärmeeinheiten abgibt; mithin müßte im vorliegenden Falle die Gesamtheizfläche ca. 1250 qm betragen. Der erforderliche Kessel gibt für 1 qm seiner Heizfläche stündlich ca. 8000 Wärmeeinheiten ab; mithin müßte seine Heizfläche ca. 78 qm betragen.

Mit diesem Beispiel sollte nur im allgemeinen der physikalische Zusammenhang zwischen den einzelnen Faktoren zur Anschauung gebracht werden; für die praktische Ausführung einer Anlage stehen noch eine große Anzahl von Erfahrungswerten zu Gebote, welche aus in Betrieb befindlichen Anlagen hergeleitet sind und wichtige Korrekturfaktoren für die obigen theoretisch entwickelten Werte bieten. Es würde zu weit führen, denselben hier im einzelnen nachgehen zu wollen.

300.
Kühlen der
Zuluft.

Hier muß noch ein wichtiger Punkt Erwähnung finden, nämlich eine unter Umständen gebotene Kühlung der in das Auditorium einzuführenden Luft. Sobald die Temperatur der Außenluft über 15 Grad steigt, so muß der letzteren, sofern die Bedingung aufrecht erhalten werden soll, daß die Temperatur der in das Auditorium eintretenden Luft 15 Grad nicht übersteige, der Wärmeüberschuß entzogen werden.

Dieser Fall wird, zum mindesten in unseren Breiten, nur von untergeordneter Bedeutung sein; denn einerseits fällt die Spielzeit der Theater zum größeren Teil in die kühleren Jahreszeiten; andererseits sind aber selbst im Sommer in den Abendstunden viel höhere Temperaturen nicht häufig. Immerhin müssen diese Möglichkeiten aber doch in das Auge gefaßt werden, und es müssen die Mittel geboten sein, um auch den durch sie bedingten Anforderungen bis zu einem gewissen Grade gerecht werden zu können. Eine nicht unwesentliche wärmeentziehende Wirkung üben auf die sie durchströmende Luft schon die kühlen Wände der im Keller der Theater liegenden Zuluftkanäle und Mischkammern aus, eine Wirkung, die in den meisten Fällen genügen dürfte, um die erforderliche Temperaturerniedrigung der eingefogenen Luft herbeizuführen, und welche noch in sehr bedeutendem Maße durch die früher besprochenen, in erster Linie zur Waschung der Luft dienenden Wasserfleier unterstützt würde. Deshalb hat man nur selten Veranlassung gehabt, andere besondere Kühlanlagen einzuschleiben, die an sich in einfacher und in sehr verschiedener Weise hergestellt werden könnten.

So sind Rohrsysteme, welche mit kaltem, erforderlichenfalls durch eine Eismaschine gekühltem Wasser durchflossen sind, oder große, offene, mit solchem Wasser gefüllte Becken in Vorschlag gebracht worden; doch sind extreme Fälle, welche solche Ausführungen erwünscht erscheinen lassen würden, zu vereinzelt, bzw. diese Anforderungen an die Lüftungsanlagen werden zu selten gestellt, als daß es geboten erscheinen könnte, bei einem nur allgemeinen Ueberblick auf diese Eigenheiten einzugehen.

301.
Regulieren
der
Zuluftmenge.

Nunmehr sind die Mittel zur Regulierung der Luftmenge zu erörtern, sowohl hinsichtlich der Quantität wie auch der Temperatur. An anderer Stelle ist bereits darauf hingewiesen worden, daß, so vielerlei Faktoren auch auf die Eigenschaft der Luft einwirken und der Kürze der in Frage kommenden Zeitabschnitte ungeachtet, an eine Lüftungsanlage dennoch die Anforderung gestellt werden muß, eine der Personenzahl entsprechende Luftmenge mit immer gleicher Temperatur dem zu ventilierenden Raum zuzuführen. Es mag hier auch daran erinnert werden, daß etwaige Schwankungen der Außentemperatur und entsprechende Änderungen der einzuführenden Luftmenge in fortwährenden Wechselwirkungen stehen, die aber nicht zur Geltung kommen dürfen, sondern durch die Reguliervorkehrungen ausgeglichen werden müssen.

Selbst in solchen Fällen, wo das Theater sehr schwach besetzt wäre und die Schwankungen der Außentemperatur sehr plötzliche und empfindliche sein sollten,

dürfen bei einer zweckmäßig angelegten Lüftung den Befuchern eines Theaters solche Unterchiede nicht bemerkbar werden.

Das Abmessen der Menge der einzuführenden Außenluft erfolgt mittels Droffelklappen oder durch Veränderung der Tourenzahl des Ventilators. Die Droffelklappen, wohl das einfachste und zur Erzielung kleinerer Abänderungen vollständig ausreichende Mittel, befinden sich an verschiedenen Stellen: eine Hauptklappe im Frischluftkanal selbst, eine vor der später zu besprechenden Mischkammer, und eine im Hauptluftkanal hinter der Mischkammer. Andere Vorrichtungen, welche man auch als Droffelklappen bezeichnen kann, sind die Verschlüsse der Austrittsöffnungen der Frischluft an denjenigen Stellen, wo diese in die zu lüftenden Räume einströmt; diese Vorrichtungen sind meist als Jalousieklappen ausgebildet.

Die Regelung der Tourenzahl des Ventilators wird bei Riemenantrieb mit Zuhilfenahme von Stufenscheiben erzielt, bei direkter Kuppelung mit dem Elektromotor durch Veränderung der Tourenzahl dieses letzteren.

Eine erste rohe Regulierung der Temperatur der Luft geschieht in der Heizkammer selbst. Die gesamte vorhandene Heizfläche, sei sie durch von Dampf durchströmte Rippenkörper dargestellt oder durch Feuergase unmittelbar erwärmt, ist in mehrere Gruppen geteilt. Die Zahl der Gruppen richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und wird ihre Grenzen finden in der Komplikation der Rohrleitung, die mit der Anzahl der Gruppen wächst. Je nach Bedarf werden nun die einzelnen Gruppen in Tätigkeit gesetzt, so daß die wirksame Heizfläche vergrößert wird. In untergeordneter Weise kann bei der Dampfheizung auch noch durch entsprechende Droffelung des Frischdampfes eine Variation der Wärmeabgabe für 1 qm Heizfläche erzielt werden. Man versteht sofort, daß auf diese Weise wohl eine ziemlich genaue Regelung der Temperatur des die Heizkammer verlassenden Luftstromes sich ermöglichen läßt; aber ebenso einleuchtend ist, daß die Änderungen sich nur sehr langsam vollziehen werden, viel zu langsam, um bei Schwankungen der Außentemperatur und der Luftmenge eine konstante Temperatur im Auditorium etc. auch nur annähernd aufrecht erhalten zu können. Es wird z. B. immer eine längere Zeit dauern, bis eine abgestellte Gruppe aufhört, Wärme abzugeben; umgekehrt bedarf eine neu eingeschaltete Heizkörpergruppe geraume Zeit, sich selbst so weit zu erwärmen, daß sie im stande ist, Wärme an die sie umspülende Luft abzuführen.

Diesem Uebelstande wird durch die folgende Vorkehrung entgegengetreten. Der in das Theater eingeführte kalte Luftstrom gabelt sich vor Eintritt in die Heizkammer in zwei Wege, die sich hinter derselben wieder vereinigen. An der Vereinigungsstelle ist nun im Kanal eine Klappe oder ein Ventil angeordnet, das in seinen beiden äußersten Lagen den einen oder den anderen Weg der Gabelung versperrt. In seinen Mittellagen erlaubt es der Luft, durch jeden der beiden Zweige zu strömen, und zwar je nach seiner Stellung zwischen den äußersten Lagen wird in jedem der Zweige eine entsprechende Luftmenge passieren. Der eine Weg der Gabelung führt durch die Heizkammer; der andere umgeht sie, so daß nur ein Teil der notwendigen Ventilationsluft durch die Heizkammern strömt. Da die gesamte Luftmenge eine bestimmte Zahl von Wärmeeinheiten aufzunehmen hat, um die richtige Eintrittstemperatur zu erreichen, so muß der die gesamte Kalorienzahl aufzunehmende Teil der Gesamtluft wärmer werden, als der geforderten Eintrittstemperatur entspricht. Wenn nun der kalte und der erwärmte Luftstrom mittels der hinteren Klappe in einem der Klappenstellung entsprechenden Verhältnisse wieder vereinigt

werden, so nehmen diese vereinigten beiden Ströme eine Temperatur an, welche dem so resultierenden Mischungsverhältnisse entspricht. Man nennt dieses Organ deshalb Mischklappe oder Mischventil, und es ist jetzt ganz klar, daß durch seine Betätigung hinter ihm eine fast momentane Abänderung der Lufttemperatur bewirkt werden kann. Ebenso klar ist es aber auch, daß es nur als Hilfsorgan angesehen werden muß. Es vermag eben nur die Schwankungen auszugleichen und muß immer in seinen Funktionen durch eine gewisse Regulierfähigkeit der Wärme abgebenden Organe selbst unterstützt werden.

Dieser Notwendigkeit wurde bereits Erwähnung getan; dies mag hier aber noch einmal wiederholt werden, daß je besser und schneller sich die Wärmeabgabe der Heizkörper regeln läßt, umso gleichmäßiger der Zustand der Luft aufrecht erhalten werden kann und somit die ganze Anlage an Vollkommenheit gewinnt.

302.
Mischkammer.

Der hinter dem Mischventil zu stände kommende temperierte Luftstrom wird aber nicht sofort in die einzelnen Kanäle geführt, die ihn zu den Austrittstellen in den Zuschauerraum bringen. Man läßt den Strom vielmehr zunächst in einen erweiterten Raum treten, wo er durch die Querschnittsvergrößerung an Geschwindigkeit verliert. Hier vollzieht sich nun die ganz vollkommene Mischung der beiden Luftströme und damit die Ausgleichung der Temperatur durch die ganze Luftmasse hindurch. Man nennt diesen Raum daher Mischkammer. Von ihm aus verteilt sich der Luftstrom mittels Kanälen zu den Verbrauchsstellen. Die Mischkammertemperatur ist also diejenige, die auf der gleichen Höhe gehalten werden muß. Daher sind in ihr auch die Fernthermometer angebracht, welche die Temperatur dieses Raumes an einen beliebig gelegenen anderen Ort, also in einen Kontrollraum übermitteln können.

303.
Kontrollraum.

Fast in jedem modernen Theater wird ein Raum geschaffen, von dem aus die ganze Heizungs- und Lüftungsanlage dirigiert wird. Ganz ähnlich einem elektrischen Schaltbrett sind da zusammen die Absperrventile der einzelnen Heizkörpergruppen, die Stellvorrichtungen für die Misch- und Drosselklappen, erforderlichenfalls die Anlässe für die Ventilatormotoren, die Zugregler des Kessels, die Anzeiger der Fernthermometer vereinigt. Hier ist der betreffende Beamte postiert, der nur aufmerksam den Angaben der Thermometer zu folgen hat. Mindestens vier Temperaturangaben müssen ihm vor Augen sein: diejenige der kalten Zuluft, jene der Heizkammer, der Mischkammer und der Abluft. Durch Ein- und Ausschalten von Heizgruppen, durch Aenderung der Mischklappenstellung und der Drosselklappen, erforderlichenfalls des Ventilatorganges wird er fast momentan die wichtigste Angabe, diejenige der Mischkammertemperatur, beeinflussen können, und sieht die Wirkung seiner Maßnahmen sofort vor Augen.

Es ist einleuchtend, daß bestimmte Regeln für die Funktion dieser Beamten nicht oder nur in sehr weiten Grenzen gegeben werden können. Es wird eine Sache der Übung und Erfahrung sein, wie mit einer bestimmten Heizanlage am vorteilhaftesten operiert werden könne: ob z. B. derselbe Zweck in einem gewissen Augenblick besser durch Ausschalten von Heizgruppen, durch Drosselung des Heizdampfes oder durch Aenderung der Mischklappenstellung bei Belassen der gerade in Funktion befindlichen Heizkörpergruppen erreicht wird. Es wird die Qualität der verwendeten Kohle Einfluß haben, ja auch die Geschicklichkeit des eigentlichen Heizerpersonals; kurz der am Heizschaltbrett tätige Beamte hat so individuell zu arbeiten, daß man zunächst gut tun wird, immer den gleichen Mann für diesen Posten zu verwenden

und, da von feiner Kenntnis geradezu das Wohlbefinden der im Haufe Anwesenden und damit überhaupt der Zweck des ganzen Theaterinstituts abhängig ist, nur einen intelligenten Mann dafür zu wählen.

Er muß auch im Stande sein, bei etwaigem Verfaßen einiger Organe der ganzen Anlage mit den restierenden den richtigen Betrieb aufrecht erhalten zu können; denn eine so komplizierte Einrichtung, wie sie durch eine Lüftungsanlage dargestellt wird, ist derartigen kleinen Betriebsstörungen naturgemäß ausgesetzt.

Auf diese Eventualitäten muß schon in der Anlage Rücksicht genommen werden. So wird man nicht nur einen einzigen, sondern mehrere Kessel aufstellen, deren Gesamtheizfläche ebenfögroß oder größer ist, als der Rechnung nach unbedingt notwendig wäre; man wird auch zweckmäßig mehrere Heiz- und Mischkammern anordnen und namentlich auch alle Teile leicht zugänglich und übersichtlich anlegen, so daß Auswechselfungen und Ersatz schnell zu bewerkstelligen sind. Immerhin bleibt im gegebenen Falle der Intelligenz des Beamten noch sehr viel überlassen, wenn er allen den Anforderungen, die das Publikum an die Anlage zu stellen berechtigt ist, auch im Falle des Eintretens kleinerer Defekte sofort gerecht werden soll.

Die Lage der erwähnten Zuluftkanäle, Heiz- und Mischkammern in einem Theatergebäude an sich und zueinander richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen, und es würde viel zu weit führen und auch nicht in den Rahmen des vorliegenden Heftes fallen, den unzähligen Ausführungen hier nachzugehen, wie es doch notwendig wäre, um alle die verschiedenen Möglichkeiten zu erschöpfen. Erwähnt mag hier werden, daß man für große Theater am meisten eine übereinander liegende Anordnung findet, so daß das Untergeschoß unter dem Parkett in drei Stockwerke geteilt ist, die von oben nach unten den Mischraum, den Heizraum und den Kaltluftraum, in welchen der Kaltluftkanal einmündet, darstellen. Der Kaltluftraum ist mit dem Mischraum durch lotrechte Blechrohre verbunden, die den Heizraum durchsetzen und an ihrem in den Mischraum hineinragenden Ende mit einer verstellbaren Klappe verschlossen sind. Der Zwischenboden zwischen Heizraum und Mischraum, sowie zwischen Heizraum und Kaltluftraum schließt an die erwähnten Rohre an, jedoch nicht dicht, sondern so, daß ringförmige Räume verbleiben, welche erforderlichenfalls auch durch Regulierschieber zu verschließen sind. Außerdem befindet sich im Kaltluftraum vor dem Rohr eine ähnliche Klappe.

Der kalten Luft im Kaltluftraum stehen also folgende Wege zum Mischraum offen:

1) Entweder bei geöffneter oberer Klappe und geschlossenen Ringklappen unmittelbar in den Mischraum. Die gesamte Luft kommt also mit den im Heizraum liegenden Heizkörpern gar nicht in Berührung; die Mischkammer wird die gleiche Temperatur wie der Kaltluftraum aufweisen.

2) Oder die Ringklappen sind geöffnet, die im Mischraum liegende Abschlusssklappe des Rohres geschlossen. Dann muß die gesamte in den Mischraum zu fördernde Luft die Heizkörper umspielen.

Demnach wird sich je nach dem Öffnungsverhältnis der oberen Klappe und der Ringklappen die Teilung der Gesamtluftmenge in den erwärmten und den kalten Teil vollziehen. Ihre Vereinigung findet im Mischraum statt. Hier ist die früher erwähnte Mischklappe dargestellt durch die obere Abschlusssklappe und die Ringöffnungen, bzw. deren Schieber.

Wir haben diese Ausführung und Anordnung der Mischräume, Klappen etc.

304.
Rücksicht
auf etwaige
Störungen.

305.
Lage der
Zuluftkanäle
etc.

hier näher behandelt, weil sie das Prinzip ganz gut und überfichtlich veranschaulichen; wir wiederholen aber, daß es nur eine von vielen Anordnungen ist; sie findet sich unter anderen im Wiener Hofopernhaus. Wegen anderer Anordnungen möge auf das in Fußnote 194 (S. 392) bereits erwähnte Ergänzungsheft dieses »Handbuches« verwiesen sein.

306.
Einführen
der Zuluft
in die
Räume.

Von der Mischkammer aus, deren Inhalt somit die Ventilationsluft in der gewünschten Temperierung und Reinheit darstellt, erfolgt die Verteilung dieser Luft nach den zu lüftenden, bezw. zu erwärmenden Räumen.

Das Bewegungsmittel von der Mischkammer aus in den mannigfachen Verteilungskanälen wird im wesentlichen durch den Auftrieb dargestellt; jedoch wird auch der in der Mischkammer herrschende gelinde Ueberdruck, hervorgerufen durch den Ventilator im Zuluftkanal, als Bewegungsmittel in Anschlag zu bringen sein. Was dieses Problem, die Verteilung der Luft, ihre Zuleitung nach den zu ventilierenden Räumen, die Lage der Einführung in dieselben anbelangt, so soll derselbe hier nicht näher erörtert werden. *Fischer* gibt in dem eben genannten Heft eine sehr gründliche Untersuchung dieser Fragen, die sich mit den Orten der Einführung, den Bewegungsgesetzen der Luft in Kanälen und den notwendigen Eintrittsgeschwindigkeiten befaßt, so daß es genügt, auf die genannte Abhandlung hinzuweisen. Spezielle technische Anordnungen der Einführungsorgane etc., sowie der Reguliervorrichtungen an denselben hier näher zu erörtern, würde zu weit führen; denn dies sind im Grunde sehr nebenfächliche Organe, die zudem in ungezählten Ausführungen vorliegen. Ihre Behandlung würde in ein Spezialwerk über Lüftungstechnik gehören. Auch kann auf Teil III, Band 4 dieses »Handbuches« hingewiesen werden.

307.
Abführen
der
Abluft.

Die Abfuhr der verbrauchten, d. h. mit Wasserdampf, Kohlenäure und Wärme durch die Menschen belasteten Luft geschieht in der Hauptsache durch den Auftrieb solcher erwärmter Luft. Von den einzelnen Räumen, dem Auditorium, den Bühnenräumen, den Logen etc. wird die Abluft in Kanäle eintreten, deren Oeffnungen in den betreffenden Räumlichkeiten unter der Decke liegen. Daneben ist aber zweckmäßig auch eine Abluftöffnung in Fußbodennähe anzubringen, um einen gleichmäßigen Umlauf der Luft zu bewirken. Dies betrifft besonders die kleineren, abgefloffenen Räume des Auditoriums, wie z. B. die Logen. Auch hierüber vergl. das mehrfach angezogene Ergänzungsheft. Die Oeffnung für die Abluft des Parketts befindet sich am höchsten Punkte des Auditoriums und stellt gleichzeitig die Einmündung des Hauptabluftkanals dar. In diesen Kanal münden nun auch diejenigen Kanäle, die aus den Rängen, Bühnen und anderen Räumlichkeiten die Abluft zu entfernen haben.

Wenn das Hauptbewegungsmittel auch hier durch den Auftrieb dargestellt wird, so unterstützt man doch diesen meistens noch durch einen am besten elektrisch angetriebenen saugenden Ventilator, der, im Hauptabluftkanal angeordnet, das Ausstoßen der Luft in die freie Atmosphäre über Dach des Theaters bewirkt.

308.
Nebenräume.

In den Korridoren, Foyers und anderen das Logenhaus umgebenden, mehr oder weniger unmittelbar mit demselben in Verbindung stehenden Räumen müssen — abgesehen von der Annehmlichkeit für die dort sich aufhaltenden Personen — die Temperatur und Druckverhältnisse schon um deswillen genau reguliert und mit denjenigen im Inneren des Logenhauses in Uebereinstimmung gehalten werden, weil sonst beim Oeffnen einer zwischen beiden Räumen liegenden Tür der Ausgleich des Unterschiedes plötzlich und in Form eines unter Umständen lästigen Zuges sich

vollziehen würde. Da die Personen sich in diesen Nebenräumen nur vorübergehend aufhalten, so kommen auch die Ausscheidungen von Kohlenäure oder Wasserdampf als Faktoren hier ebenfowenig in Betracht, wie die Entwicklung der tierischen Wärme.

Die übrigen Nebenräume, die Ankleidezimmer, die Büreas etc. sind bezüglich ihrer Heizung und Lüftung nicht anders zu behandeln als ähnliche Räume in öffentlichen Gebäuden oder Privathäusern.

10. Kapitel.

Feuergefährlichkeit und Feuerchutz.

a) Feuergefährlichkeit.

Neben allen bisher zur Erörterung gekommenen Fragen ist diejenige der Feuergefährlichkeit und des Schutzes gegen dieselbe eine der wichtigsten und einschneidendsten, welche den Architekten bei Anlage und Erbauung eines Theaters zu beschäftigen haben. Wichtig wegen der stets naheliegenden Gefahr eines Brandes und der entsetzlichen Folgen, welche ein solcher nach sich ziehen kann; einschneidend, weil zurückwirkend auf die Anlage, Konstruktion und Anordnung beinahe aller den verwickelten Organismus eines Theatergebäudes zusammensetzenden Teile desselben.

Bevor hier auf die Einzelheiten eingetreten werden kann, welche nach den bisherigen Erfahrungen zur Verhütung des Ausbruches eines Brandes, sowie zur Abwehr seiner schlimmsten Folgen zu beobachten sind, scheint es in erster Linie geboten, zu erörtern, in welchem Maße und aus welchen Ursachen Theatergebäude als feuergefährlich anzusehen sind, eine Tatsache, welche allein schon durch die erschreckend große Liste von Theaterbränden unwiderleglich bewiesen ist. Obgleich diese Brände nicht nur mit einer großen Vernichtung von Kapital, sondern in nur allzuvielen Fällen leider auch mit einem entsetzlichen Verluste von Menschenleben verbunden waren, konnten sie doch in fast regelmäßiger, sozusagen ungestörter Folge sich wiederholen, ohne daß ernstlich ihre Ursachen studiert und die Mittel erwogen wurden, welche geeignet sein konnten, diesen nach Kräften entgegenzutreten. Es erscheint heute ganz unerklärlich, wie schnell das Entsetzen, welches nach jeder solcher Katastrophe zuerst die Welt erfüllte, stets der gewohnten Ruhe und Sorglosigkeit wieder wich. Das Publikum, obgleich es ihm soeben erst wieder vor Augen geführt worden war, wie große Gefahren es an dem Orte umgeben, in welchem es Vergnügen und Zerstreuung suchte, vergaß schnell die von weither oder von nächster Nähe ihm zugerufene furchtbare Lehre, und ebenso gewann in der Verwaltung und im Betriebe des Gebäudes sehr schnell die alte gottvertrauende Routine ihre Herrschaft wieder; niemand dachte daran, seine Stimme zu erheben.

Fölsch hat sich ein unvergängliches Verdienst dadurch erworben, daß er der erste war, welcher der so unendlich wichtigen Frage nahe trat. Angeregt durch das lebhafteste, allseitige Interesse, welches sein am 19. März 1870 im Architekten- und Ingenieurverein zu Wien gehaltenen Vortrag gefunden hatte, erweiterte und vervollständigte er seine Studien zu dem im Jahre 1878 erschienenen Buche: »Ueber Theaterbrände und ihre Verhütung«, welchem er 1882 ein Ergänzungsheft folgen ließ. In diesem klassischen Werke hatte er schon damals an der Hand eines reichen statistischen Materials auf alle der Mehrzahl der damals bestehenden Theater drohenden Gefahren hingewiesen und den Beweis erbracht, daß nicht leere Phantasien, sondern

309.
Theaterbrände
und ihre
Folgen.