

Über die Heizung und Lüftung von Großräumen

Von

Dipl.-Ing. A. Kollmar VDI

Berlin

Mit 26 Bildern und 5 Tafeln

1943

Carl Marhold Verlagsbuchhandlung z. Halle (Saale)

Über die Heizung und Lüftung von Großräumen

Von

Dipl.-Ing. A. Kollmar VDI
Berlin

Mit 20 Bildern und 3 Tafeln

1943

Carl Marhold Verlagsbuchhandlung / Halle (Saale)



126976

V o r w o r t

Das vorliegende Heftchen ist die Zusammenfassung zweier in der Zeitschrift „Haustechnische Rundschau“ Heft 16, 17, 21 und 22 des 47. Jahrgangs (1942) erschienenener Fachaufsätze mit den Titeln der Unterabschnitte dieser Broschüre.

Es soll weniger dem erfahrenen Fachmann, dem es vielleicht nur einige Anregungen geben kann, dienen, als dem auf dem Gebiete der Lüftungsanlagen Fuß fassenden Studierenden oder angehenden Ingenieur, der auf die wesentlichen Punkte mit wenigen Seiten hingewiesen werden soll.

Die Schrifttumsangaben ermöglichen dem Lesenden weiter Wissenswertes zu erreichen und sich über ausgeführte Heizungs- und Lüftungsanlagen von Großräumen zu unterrichten.

Ich hoffe, daß das Büchlein diesen Zweck erfüllt und von dem Jungingenieur gern zu Rate gezogen wird.

Berlin, im Januar 1943.

A. Kollmar.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Allgemeine Betrachtungen über die Heizung und Lüftung von Großräumen	5
Einleitung	5
A. Das Großraumverhältnis	5
B. Heizungs-betrachtungen	7
C. Lüftungs-betrachtungen	9
1. Einteilung der Lüftungsanlagen	10
2. Die Lüftungsformen	12
3. Die Wertigkeit der Lüftungsformen	12
D. Luftheizungs-betrachtungen	18
1. Die örtlichen Wandluftherhitzer	18
2. Die zentralen Luftheizungsanlagen	21
3. Die technische Ausführung	21
a) Schaltung	21
b) Filter	22
c) Lüfter	23
d) Luftherhitzer	24
e) Rohrleitungen	25
f) Rohrnetzberechnung	25
g) Luftgitter	26
h) Temperaturregelung	27
i) Luftmengenregelung	29
E. Sinnbilder	30
II. Besondere Betrachtungen über die Lüftung von Ausstellungs- und Messehallen	31
A. Das Abführen und Vermeiden nicht-erwünschter Wärme	33
1. Im Winter	33
2. Im Sommer	39
3. Durch eine Klimaanlage	41
B. Das Verhindern der Staubplage	42
1. Entstehen des Staubes	42
2. Vorkehrungen gegen die Staubentwicklung	42
C. Die Maßnahmen gegen luftverschlechternde Vorgänge	44
1. Ausdünstungen der Menschen	44
2. Industrielle Luftverschlechterung	45
D. Lüftungstechnische Maßnahmen gegen Feuer- und Gesundheitsgefahr	46
1. Feuerschutzmaßnahmen	46
2. Gesundheitsschutzmaßnahmen	47
III. Schrifttum und Tafeln	48
A. Schrifttum	48
B. Tafeln	50

I. Allgemeine Betrachtungen über die Heizung und Lüftung von Großräumen.

Einleitung.

Mit Großräumen werden Hallen bezeichnet, die entweder aus technischen Gründen einen Luftraum einschließen, der beträchtlich über dem der Wohn- und Versammlungsräume liegt, wie z. B. Bahnhofshallen, Fabrik- und Gießereihallen, Dampfkessel- und Maschinenhallen, Speicherhallen, Flugzeughallen u. a. m., oder die aus mehr oder weniger starker architektonischer Wirkung einen über den Benutzungszweck der Halle hinausgehenden Luftraum erhalten, wie z. B. Ausstellungshallen, Messe- und Markthallen, Sporthallen, Kongreßhallen, Ehrenhallen u. a. m.

Bei den ersteren Hallen muß der Architekt den technischen Zweck in erster Linie berücksichtigen. Er wird den Großraum nur so weit freitragend überspannen, wie Einrichtungsgegenstände (Dampfkessel) oder Fahrzeuge (Lokomotiven, Flugzeuge) dies erfordern. Soweit die Halle einer Heizungsanlage bedarf, wird es auch keine größeren Schwierigkeiten hinsichtlich der Unterbringung und architektonischen Eingliederung der Heizungseinzelteile geben.

Wesentlich anders liegt der Fall jedoch bei den Hallen der zweiten Art. Hier wird der Architekt seinen Einfluß dahingehend ausüben, daß die Heizungs- und Lüftungsanlage in dem eigentlichen Hallenraum nicht in Erscheinung tritt.

Trotzdem wird sich kein Architekt dem Gedanken verschließen können, daß sein Werk in unserem Klima nur seinen Zweck erfüllen kann, wenn der Aufenthalt darin für die Menschen nicht nur erträglich, sondern auch angenehm ist.

A. Das Großraumverhältnis.

In der Erläuterung des Wortes Großraum ist noch eine weitere Unterscheidung erforderlich.

Eine Fabrikhalle in der normalen Ausführung mit zahlreichen Sheds ist ebenfalls als Großraum anzusprechen, so-

fern der gesamte Gebäudekomplex einen beträchtlichen Luftraum einschließt. Es ist dieser jedoch wieder anders zu bewerten als z. B. bei einer Ausstellungshalle.

Es kommt hier nicht auf die flächenmäßige Ausdehnung der Halle an, sondern vielmehr auf das Verhältnis Breite zur Höhe des Raumes (im weiteren Verlauf der Abhandlung als Großraumverhältnis bezeichnet). Je nachdem wie dieses Verhältnis in seinem Zahlenwert lautet, ist die Beheizung und Belüftung von anderen Gesichtspunkten aus zu betrachten und auszuführen.

In folgenden Beispielen soll dieser Gedanke näher erläutert werden.

Halle 1 (Fabrikhalle).

Breite 30 m (3 Sheds je 10 m), Höhe 5,50 m.

Hiermit wird das Großraumverhältnis $\varphi = \frac{30}{5,5} = 5,45$.

Halle 2 (Markthalle).

Breite 50 m, Höhe 23 m, $\varphi = \frac{50}{23} = 2,17$.

Halle 3 (Ausstellungshalle).

Breite 30 m, Höhe 17 m, $\varphi = \frac{30}{17} = 1,77$.

Halle 4 (Ehrenhalle).

Breite 15 m, Höhe 25 m, $\varphi = \frac{15}{25} = 0,6$.

Aus der physikalischen Tatsache der Aufwärtsrichtung warmer Luftströmung kann man die Folgerung ziehen, daß die Beheizung des Raumes um so schwieriger wird, je kleiner das Großraumverhältnis ist, unter der Einschränkung, daß die Einzelabmessungen des Raumes bereits schon größere Zahlenwerte sind.

Die Darstellung des Großraumverhältnisses läßt sich in drei Bildern bringen, die auch die Grenze für dieses Verhältnis festlegen. (Vorausgesetzt wird, daß die Länge L des Raumes stets größer ist als die Breite B.)



B (> 30 m)

Bild 1. $B_{qm} > H, \varphi > 1$.



B (> 20 m)

Bild 2. $B_{20m} \sim H$, $\varphi \sim 1$.



B (> 15 m)

Bild 3. $B_{15m} < H$, $\varphi < 1$.

B. Heizungs-betrachtungen.

Eine grundlegende Richtung in der Beheizung von Großräumen gibt die Benutzungsdauer an.

Bei den betrachteten Großräumen ist die Erreichung des Beharrungszustandes Voraussetzung. Ohne diese Voraussetzung ist die Beheizungsart mehr auf das Gebiet der Kirchenheizung zu verweisen, worüber einschlägiges Schrifttum¹⁾ hinreichend vorhanden ist.

Als weiterer aber durchaus nicht als unwichtiger Punkt ist die Lüftungsfrage bei der Beheizung gleich ins Auge zu fassen, d. h. je nach dem Verwendungszweck des Großraumes ist zu erwägen, ob eine Lüftungsanlage außer der Beheizung erforderlich wird. Ist dies zu bejahen, dann kann sich die Frage der zu entwerfenden Heizungsanlage des Raumes grundlegend ändern.

Bei größer werdenden Höhenabmessungen des Großraumes (damit kleinerem Großraumverhältnis) wird die mit freier Luftströmung vor sich gehende Konvektionsheizung mit örtlichen Heizkörpern mehr oder weniger ausgeschlossen.

Die Begründung für den Ausschluß der örtlichen Heizkörper in diesem Falle ist darin zu erblicken, daß die von diesen einzelnen Heizkörpern erwärmten Luftmengen durch

¹⁾ M. Hottinger, Die Beheizung und Lüftung von Kirchen. Abschn. V S. 173 in: Kämper-Hottinger-v. Gonzenbach, Die Heiz- und Lüftungsanlagen in den verschiedenen Gebäudearten. 2. Aufl. Berlin 1940, Julius Springer.

die nur schwach turbulente Strömung sehr gering sind und bei der freien Aufstellung im Raum auch keine hohen Oberflächentemperaturen zugelassen werden können, um Staubverschmelzung und ggf. Verbrennungen durch Berühren zu vermeiden. Damit wird auch die Auftriebskraft der vom Heizkörper erwärmten Luft klein bleiben. Die Beheizung der angegebenen Hallen ist also unter den zuvor gegebenen Gesichtspunkten fast stets eine Luftheizungsaufgabe, und sie wird dies immer sein, wenn die sich darin aufhaltenden Menschen nicht an einen festen Sitzplatz gebunden sind.

Beim Vorhandensein eines festen Gestühls in einem Großraum (z. B. Theater, Kino, Kirche) kann die Heizung, wenn man von der Lüftung vorerst absieht, so angeordnet werden, daß örtliche Heizflächen oder Warmluftaustritte ihre Wärme den Menschen mittelbar oder unmittelbar zugute kommen lassen.

Der Verwendungszweck des Raumes bestimmt also in erster Linie die Heizungsart, unter den Gesichtspunkten:

1. günstiges Wohlbefinden der Menschen,
2. wirtschaftlicher Betrieb,
3. Anlagekosten.

Die Frage des günstigen Wohlbefindens kann noch nicht als restlos geklärt betrachtet werden, immerhin sind sehr beachtliche Fortschritte gerade in letzter Zeit in der Erkenntnis der verschiedenen hierbei eine wesentliche Rolle spielenden Faktoren (Temperatur, Feuchtigkeit, Lüftungstärke, Staubgehalt, Geruch, Ionisierung) gemacht worden.²⁾

Der wirtschaftliche Betrieb ist in erster Linie eine Frage des Wärmepreises (aufzuwendender Geldbetrag für 1000 kcal) des Heizmittels (Elektrizität, Öl, Gas und Kohle), ferner sind die Betriebszeiten und die dem augenblicklichen Wärmebedarf des Raumes am günstigsten gerecht werdende Regelbarkeit der Heizanlage einzuschließen.

Die Anlagekosten hängen wesentlich von der Umwandlung des Heizmittels in Wärme ab, wie z. B. in unmittelbarer

²⁾ E. Brezina und W. Schmidt, Das künstliche Klima in der Umgebung des Menschen. Stuttgart 1937. — F. Bradtke, in: H. Gröber, Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. Berlin 1938. — W. Liesegang, Die Reinhaltung der Luft. Leipzig 1935. — H. A. Meixner, Der Einfluß der Luftelektrizität bei Lüftungs- und Klimaanlageanlagen. Ges.-Ing. 60 (1937) S. 782-85. — R. Haub, Die elektrischen Eigenschaften der Aerosole. Umschau i. Wiss. u. Techn. Bd. 41 (1937) S. 1028.

Form (Gasheizung, elektrische Strahlungsheizkörper, Feuerluftheizung) oder mittelbarer durch Dampf, Warm- oder Heißwasser als Wärmeträger.

1. Sieht man von allen einengenden Umständen bei der Großraumheizung einmal ab, so kann man diese für die drei Raumverhältnisse wie folgt ausführen:

Zu Bild 1: Beheizung durch alle bisher bekannten Heizungssysteme und Heizmittel möglich.

Zu Bild 2. Wie bei 1.

Zu Bild 3. Wie bei 1, jedoch ist die Notwendigkeit einer Lüftungsanlage zu verneinen. (Bei der geringen Grundfläche des Raumes und damit beschränkter Personenzahl und der großen Höhe wird der je Person zur Verfügung stehende Luft-Rauminhalt bereits an der Grenze einer ausreichenden Lüfrate stehen.)

2. Ist eine Lüftungsanlage notwendig, so kommt bei Bild 1 die Beheizung wie unter 1) noch in Frage, bei Bild 2 jedoch nur noch Luftheizung (mit ggf. einzelnen örtlichen Heizflächen) in Betracht.

Engere Grenzen lassen sich unter den gegebenen Gesichtspunkten nicht ziehen.

C. Lüftungsbetrachtungen.

Es wird vorausgesetzt, daß aus hygienischen Gründen eine Lüftungsanlage erforderlich wird. Es sind dann die Ausführungsmöglichkeiten für die beiden Raumtypen Bild 1 und 2 zu betrachten (Bild 3 ist nach dem Zuvorigen ausgeschlossen).

Zu den folgenden Ausführungen gelten als Unterlage für den stündlichen Luftwechsel je Kopf, die Luftgeschwindigkeiten und sonstige technische Einzelheiten die VDI-Lüftungsregeln und die Lüftungsgrundsätze, herausgegeben vom Fachausschuß für Lüftungstechnik des VDI 1937.

Die grundsätzliche Unterteilung ist durch die Wahl von Einzellüftern oder einer Sammlüftungsanlage gegeben. Beide Systeme sind möglich, wobei jedoch bei Bild 2, sofern die Raumabmessungen größer werden und keine Stützen im Raum vorhanden sind, die Sammelanlage anzuwenden ist, wenn der Architekt in der Halle keine besonderen Vorkehrungen aus raumtechnischen oder architektonischen Gründen zur Unterbringung von Einzellüftern treffen will.

Eine Gliederung der Einzellüftungsanlagen hinsichtlich

der Anwendungsformen ist nicht gegeben, wenn man den Unterschied zwischen Radial- und Axiallüfter ausschließt. Die Anordnung muß stets so sein, daß Zugbelastigungen der Rauminsassen nicht auftreten.

Bei der Lüftheizungs Ausführung lassen sich wohl noch einige Gesichtspunkte als Unterscheidungsmerkmale für die Aufstellung von Einzelaggregaten geben, die in dem folgenden Abschnitt D enthalten sind. Die zentrale Lüftungsanlage ist in verschiedenen Ausführungen möglich, wobei man je nach dem Benutzungszweck des Großraumes und gegebenenfalls noch nach den Raumabmessungen die zweckmäßigste Art wählen wird.

1. Einteilung der Lüftungsanlagen.

Die Einteilung der Lüftungsanlagen kann man folgendermaßen vornehmen:

1. Lüftungsarten:

- a) Frischluftanlage,
- b) Umluftanlage,
- c) Mischluftanlage.

2. Lüftungszustand:

- Überdruck,
Unterdruck,
Gleichgewicht,
(dementsprechend Überdrucklüftung, Unterdrucklüftung).

3. Lüftungsformen,

die wegen ihrer Wichtigkeit in einem besonderen Abschnitt behandelt werden.

Von einer Unterscheidung in natürliche und mechanische Lüftung ist hierbei abgesehen, da die natürliche Lüftung als Auftriebslüftung geringe Bedeutung und Wirksamkeit für Räume, die über Wohnraumgröße hinausgehen, hat.

Die unter Lüftungsarten vorgenommene Unterteilung kommt in reiner Art nur für bestimmte Zwecke vor.

Die Frischluftanlage ist stets da notwendig, wo Raumluft in größeren Mengen durch Absaugen an industriellen Anlagen³⁾ entfernt wird. Für raumtechnische Lüftungsan-

³⁾ E. Weinhold und A. Kollmar, Lufttechnische Anlagen für Arbeitsräume mit Staub-, Gas- und Dämpfeentwicklung. Heizg. u. Lüftg. Bd. 11 (1937) S. 145-51. — R. Nagel, Entstaubungs- und Lüftungsanlagen in der Werkstatt. Masch.-Betr. Bd. 12 (1933) S. 333. — F. Wenzel, K. Alvensleben und Witt, Die Beseitigung der bei Tauch- und Spritzlackieren

lagen kommt die Frischluftanlage nur für den Sommerbetrieb in Frage. Die Anlage wird man hier stets so bauen, daß damit ein Misch- und Umluftbetrieb möglich ist. Reiner Umluftbetrieb wird dann nur bei sehr strenger Kälte eingestellt und bei normalen Wintertemperaturen ein Mischluftbetrieb. Die Betriebsweise ist durch wirtschaftliche und anlagekostenmäßige Erwägungen gegeben.

Die reine Umluftanlage hat besondere Bedeutung bei klimatisierter Luftbehandlung für industrielle Zwecke, wo von stetiger Frischluftzufuhr abgesehen werden kann, da keine Luftverschlechterung in hygienischer Hinsicht eintritt.

Abluftanlagen werden stets da erforderlich, wo verbrauchte Luft fortzuführen ist und diese gegebenenfalls noch besonders erfaßt werden muß. Für industrielle Anlagen ist dann hierfür die Bezeichnung **A b s a u g u n g s a n l a g e** gebräuchlich. Aber auch bei größeren raumtechnischen Lüftungsanlagen wird neben einer Frischluftanlage eine selbständige Abluftanlage öfters angeordnet. Die Gründe sind zumeist bautechnischer und auch anlagekostenmäßiger Art.

Der **L ü f t u n g s z u s t a n d** kann bei einer Lüftungsanlage dauernd oder zeitweilig gegeben sein. Bei einer reinen Frischluftanlage und auch Mischluftbetrieb mit größeren Mengen Außenluftzusatz ohne weitere Absaugung der Luft wird sich zumeist stets ein Überdruck einstellen.

Im Gegensatz hierzu hat man im Raum Unterdruck, wenn nur eine Abluftanlage vorgesehen wurde. Bei reinem

entstehenden Dämpfe. Berlin 1930. — E. Lehmann, W. Vogel, K. R. Maukisch, H. Sperk, Das Sandstrahlgebläse. Berlin 1928. — M. Kienberger, Farbnebelabsaugung im Industriebetrieb. Haust. Rdsch. Bd. 43 (1938) S. 329-34. — W. Wietfeldt, Die Be- und Entlüftung des Normalarbeitsraumes. Berlin 1937, Julius Springer. — H. Gerbis, Schutz der Gefolgschaft vor Staub, Gasen und Dämpfen in Betrieben der metallverarbeitenden Industrie. VDI-Zeitschr. Bd. 80 (1936) S. 221-24. — J. Klotz, Gesundheitsschutz bei der Oberflächenbehandlung von Metallen. Masch.bau Betrieb Bd. 15 (1936) S. 139-43. — J. Klotz, Neuzeitliche Anlagen für die Oberflächenbehandlung von Metallen. Masch.bau Betrieb Bd. 15 (1936) S. 207-10. — J. Klotz, Neuzeitliche Anlagen für das Mattieren im Sandstrahl, Schleifen und Polieren. Masch.bau Betrieb Bd. 15 (1936) S. 451-55. — E. Evers, Gesundheitsschützende Einrichtungen und Arbeitsverfahren für das Lackieren in der metallverarbeitenden Industrie. Werkstatttechn. u. Werksl. Bd. 30 (1936) H. 12 u. 17.

Umluftbetrieb mit gleicher Zu- und Abluftmenge herrscht Gleichgewicht.

Diese Luftzustände sind aber auch zu erhalten, wenn bei jeweils getrennter Frischluft- und Abluftanlage die Luftmenge verändert wird oder eine der beiden Anlagen außer Betrieb bleibt.

Für verschiedene industrielle oder gewerbliche Räume sind je nach ihrem Verwendungszweck bestimmte Luftzustände notwendig, so z. B. ist für Spritzmalereiwerkstätten aus Gründen der Staubfreiheit Überdruck erforderlich. Benzinwaschräume oder sonstige Räume mit zerknallfähigen Gasgemischen bedingen aus Sicherheitsgründen einen mäßigen Unterdruck.

2. Die Lüftungsformen.

Die vier Grundformen der Lüftung sind:

1. Lüftung von unten nach oben,
2. Lüftung von oben nach unten,
3. Lüftung von oben nach oben,
4. Lüftung von unten nach unten.

Zwischenstufen wie etwa von halb oben nach unten sind hierbei nicht gewertet, da diese in die Hauptgruppe von oben nach unten einzugliedern wäre, bzw. wenn die Luft unterhalb der Mitte eingeführt wird, ist die Einstufung in die Lüftungsform von unten nach unten vorzunehmen.

Die vierte Form ist nur der Vollständigkeit halber aufgeführt, ihre Bedeutung ist bei reinen Lüftungsanlagen gering, sofern nicht, wie zuvor erwähnt, bei hohen Räumen (Bild 2) die Luftzufuhr in einer Höhe von 2,5 bis 4 m über Fußboden hinzugerechnet wird, obwohl sie vielleicht die günstigste Anordnung hinsichtlich der Wirksamkeit und Betriebskostenfrage sein könnte, wenn die Lüftungs- bzw. bautechnische Ausführung ohne Steigerung der Nachteile bei dieser Form möglich wäre.

In den Bildern 4 bis 7 sind die Grundformen in einfacher Darstellung enthalten, und zwar für einen Großraum nach Bild 1.

Die Darstellung der Lüftungsformen für den Großraum nach Bild 2 zeigen die Bilder 8 bis 13.

3. Die Wertigkeit der Lüftungsformen.

Für das Großraumverhältnis nach Bild 1 läßt sich sagen: Zu Bild 4. Keine besonders günstige Anordnung, da durch die große Breite des Raumes der Innenraum nicht mit

Frischluft bestrichen wird. Durch größere Luftgeschwindigkeiten (Düsen) kann ein weiteres Vordringen der Frischluft in den Raum erreicht werden. Die Luftzuführung darf jedoch wegen des Auftretens der Zugerscheinungen nicht unten sein, sondern muß mindestens einige Meter über dem Fußboden (untere Hälfte) liegen.

Zu Bild 4 a. Hier gilt das unter Bild 4 Gesagte, jedoch in gemilderter Form, da wenigstens eine Querlüftung des Raumes erreicht wird.

Zu Bild 4 b. Für die Durchlüftung des Raumes ist diese Anordnung nicht ungünstig. Die Gefahr der Zugerscheinungen liegt nahe. Die Luftzuführungen sind daher nach oben (siehe zu Bild 4) zu verlegen.

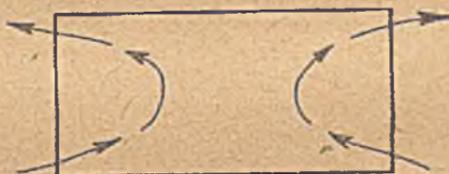


Bild 4, Lüftung von unten (untere Hälfte) nach oben, beiderseitige Luftzu- und -abführung.



Bild 4 a wie 4, jedoch einseitige Luftzu- und -abführung.

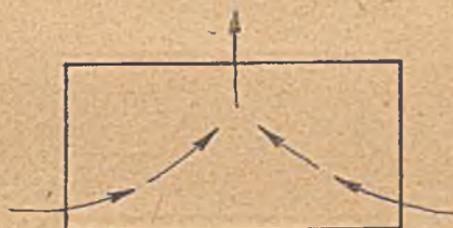


Bild 4 b wie 4, jedoch deckenmittige Luftabführung.

Zu Bild 5, 5 a und 5 b. Gebräuchliche Anordnungen von Lüftungsanlagen. Bild 5 b ist der Vorzug bei dem angezogenen Großraumverhältnis zu geben.

Zu Bild 6, 6 a und 6 b. Jede dieser Lüftungsformen ist in dem vorliegenden Falle eine brauchbare Lösung, da mit großen Luftaus- und -eintrittsgeschwindigkeiten (kleine Gitter) gearbeitet werden kann und Zugserscheinungen mit Sicherheit vermieden werden können.

Zu Bild 7. Für die Durchlüftung des Raumes wäre dies die theoretisch günstige Anordnung, die aber in der Ausführung kaum zu lösen ist.

Für das Großraumverhältnis nach Bild 2 ist hinsichtlich der Wertigkeit der Lüftungsformen folgendes zu sagen:

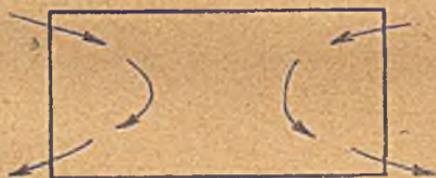


Bild 5, Lüftung von oben nach unten, beiderseitige Luftzu- und -abführung.



Bild 5 a wie 5, jedoch einseitige Luftzu- und -abführung.

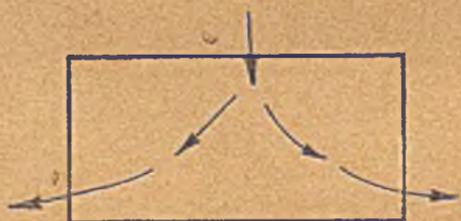


Bild 5 b wie 5, jedoch deckenmittige Luftzuführung.



Bild 6, Lüftung von oben (obere Hälfte) nach oben, einseitige Luftzu- und -abführung.

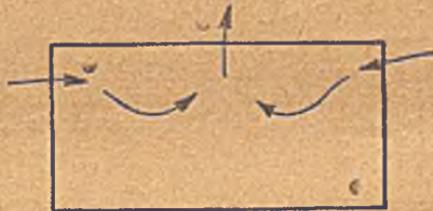


Bild 6 a wie 6, jedoch beiderseitige Luftzuführung und deckenmittige Luftabführung.

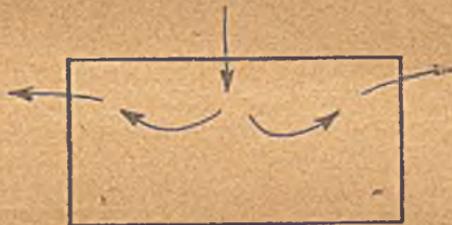


Bild 6 b, Lüftung von oben nach oben (obere Hälfte), deckenmittige Luftzuführung u. beiderseitige Luftabführung.

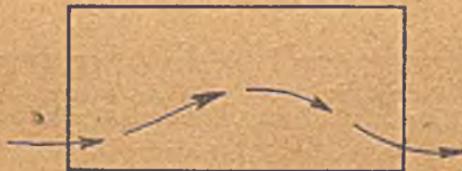


Bild 7, Lüftung von unten nach unten (untere Hälfte), einseitige Luftzu- und -abführung.

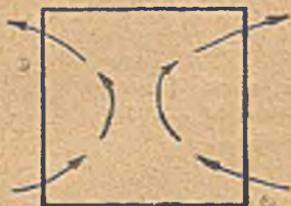


Bild 8, Lüftung von unten (untere Hälfte) nach oben, beiderseitige Luftzu- und -abführung.

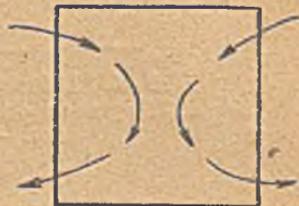


Bild 9, Lüftung von oben (obere Hälfte) nach unten, beiderseitige Luftzu- und -abführung.

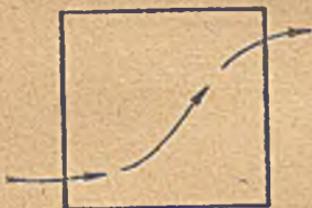


Bild 8 a wie 8, jedoch einseitige Luftzu- u. -abführung.

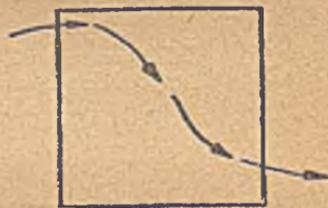


Bild 9 a wie 9, jedoch einseitige Luftzu- u. -abführung.

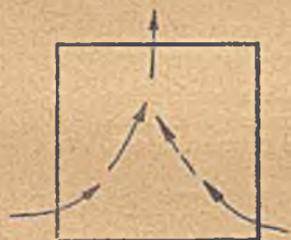


Bild 8 b wie 8, jedoch deckenmittige Luftabführung.

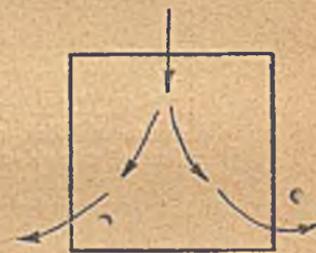


Bild 9 b wie 9, jedoch deckenmittige Luftzuführung und beiderseitige Luftabführung.

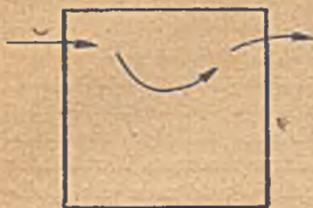


Bild 10, Lüftung von oben (obere Hälfte) nach oben, einseitige Luftzu- und -abführung.

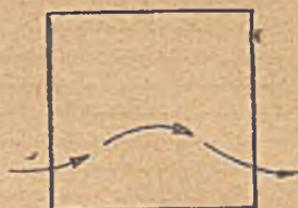


Bild 11, Lüftung von unten (untere Hälfte) nach unten (untere Hälfte), einseitige Luftzu- und -abführung.

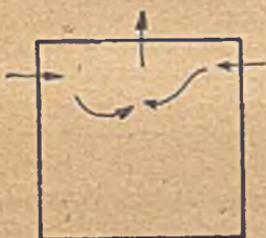


Bild 10 a wie 10, jedoch beiderseitige Luftzuführung und deckenmittige Luftabführung.

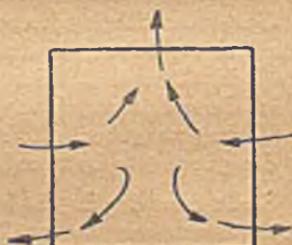


Bild 12, Lüftung von mitte nach oben und unten, beiderseitige Luftzuführung sowie deckenmittige und beiderseitige Luftabführung.

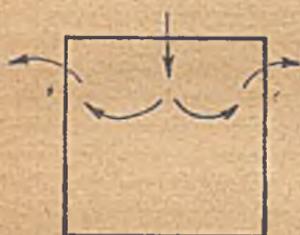


Bild 10 b wie 10, jedoch deckenmittige Luftzuführung und beiderseitige Luftabführung.

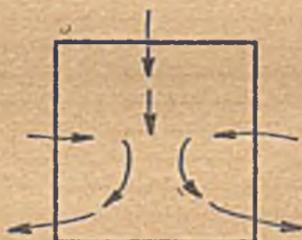


Bild 13, Lüftung von oben und mitte nach unten, beiderseitige Luftzu- und -abführung sowie deckenmittige Luftzuführung.



Zu Bild 8, 8 a und 8 b. Es sind dies die gleichen Lüftungsformen wie unter Bild 4, 4 a und 4 b. Durch die geringere Breite und größere Höhe des Raumes sind hier günstigere Voraussetzungen gegeben, mit Ausnahme von Bild 8 a. Die erforderliche sorgsame Ausbildung der Luftzuführungen, die hier auch nicht unmittelbar über dem Fußboden liegen dürfen, gilt hier ebenfalls.

Zu Bild 9, 9 a und 9 b. Mit Lüftungsformen der Bilder 5, 5 a und 5 b übereinstimmend. Wenn man die Luftzuführungen von Bild 9 und 9 a in die obere Hälfte des Raumes legt, sind dies brauchbare Lösungen.

Zu Bild 10, 10 a und 10 b. Mit Lüftungsformen der Bilder 6, 6 a und 6 b übereinstimmend. Bei dem vorliegenden Großraumverhältnis kann man jedoch hier nicht für diese Ausführungsformen sprechen.

Zu Bild 11. Hier gilt sinngemäß das unter Bild 7 Gesagte. Zu Bild 12 und 13. Für die gegebenen Raumverhältnisse ist diese Lüftungsform gut brauchbar, wobei Bild 13 der Vorzug zu geben ist. Man kann diese Lösung wohl als die günstigste betrachten.

Stellt man die Ergebnisse in der Reihenfolge ihrer Wertigkeit zusammen, so ergäbe sich etwa folgendes Schema:

Großraumverhältnis $\varphi > 1$ ($B > H$):

5 b, 5 a, 5, 6 a, 6 b, 6, 7, 4 b, 4, 4 a.

Großraumverhältnis $\varphi \sim 1$ ($B \sim H$):

13, 12, 9, 9 b, 9 a, 11, 8 b, 8, 8 a, 10 a, 10 b, 10.

Dies kann naturgemäß kein exaktes Ergebnis sein, da weitere Anhaltspunkte, die nicht in die Betrachtung einbezogen wurden, wie Verwendungszweck des Großraumes, Insassendichte, Bestuhlung, bauliche Innengestaltung (Galerie, Empore), Luftwechselzahl u. a. mehr oder weniger noch eine Rolle spielen. Die gleiche Lüftungsform kann für Sommer- oder Winterlüftung wieder verschieden günstig beurteilt werden. Grundsätzlich ist jedoch zu erkennen, daß verschiedene Großraumverhältnisse auch verschiedene Lüftungsformen bedingen.

D. Luftheizungsbetrachtungen.

1. Die örtlichen Wandluftheritzer.

Die Luftheizungsanlage mit örtlichen Wandluftherizern ist einfach in der Anordnung und auch kostenmäßig die billigste Ausführung. Die Möglichkeit des Um- und Frisch-

luftbetriebes ist gegeben. Eine Gliederung dieser Anlage ist nach der grundrisslichen Anordnung der Einzelapparate möglich.

Nach den Bildern 14 bis 18 kann man demnach unterscheiden in ein-, zwei- und mehrreihige Anordnung, entweder versetzt oder gegenüberliegend, und ferner noch rein innenseitige Anordnung oder mit Einschluß der Außen-

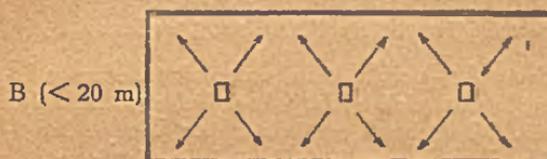


Bild 14. Einreihige Anordnung innenseitig.

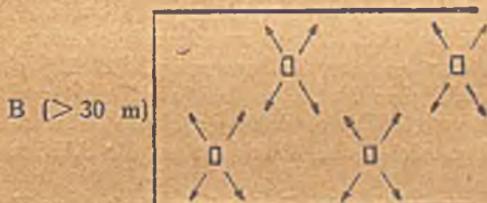


Bild 15. Zweireihig versetzte Anordnung, innenseitig.

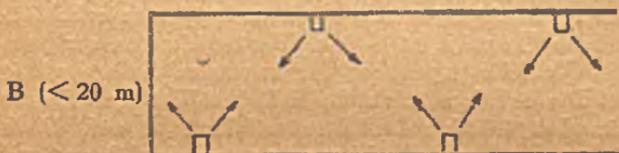


Bild 16. Zweireihig versetzte Anordnung, außenseitig.

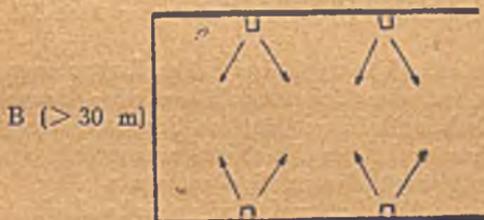


Bild 17. Zweireihig gegenüberliegende Anordnung, außenseitig.

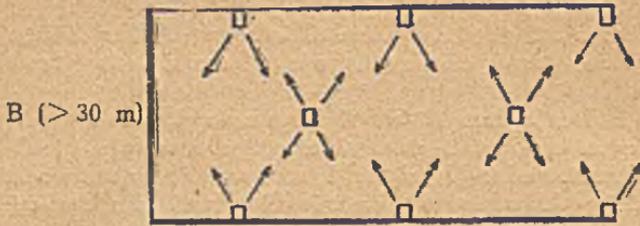


Bild 18. Dreireihig versetzte Anordnung, außenseitig.

wände. Besondere Vor- und Nachteile der einen oder anderen Ausführung lassen sich nicht ohne weiteres aus den Bildern erklären. Maßgebend ist immer der Verwendungszweck der Halle. Eine innenseitige Anordnung ist in erster Linie nur möglich, wenn die Halle Stützen besitzt.

Wird die Halle als Werkstatt benutzt, dann ist das Anblasen der Außenwände mit warmer Luft bei an den Fenstern angeordneten Werkbänken zweckmäßiger, als wenn der Wandluftherhizer an der Außenwand (Bild 17) sitzt. Trotzdem wird sich eine Fußkälte bei einstöckigem Bau nicht vermeiden lassen. Es ist dann gegebenenfalls durch örtliche Heizflächen hinter den Werkbänken für Abhilfe zu sorgen.

Zu erwähnen wäre bei der Luftheizung mit Einzelluftherhizern, daß die Luftfilterung nicht in diesem Maße vorgenommen werden kann wie bei einer Sammeluftheizung. Eine gute Luftreinigung würde die Einzelapparate erheblich verteuern, die Unterhaltungs- und Wartungskosten steigern, so daß die Vorteile gegenüber der zentralen Anlage völlig wegfielen. Die auf dem Markt befindlichen Wandluftherhizer weisen überhaupt keine Luftfiltervorrichtungen auf. Doch lassen sich auch Wandluftherhizer in guter Ausführung mit Filterplatten herstellen.

Ein Unterscheidungsmerkmal der Einzelluftherhizer ist noch durch die Anwendung von Radial- oder Axiallüftern gegeben.

Da bei Einzelluftherhizern keine hohen Luftpressungen verlangt werden, ist der Schraubenlüfter oder Propeller brauchbar. Bei hohen Drücken (längere Saugrohrleitungen) muß die Umdrehungszahl des Propellers wesentlich erhöht werden, und damit steigt dessen Geräuschstufe.

Der Schraubenlüfter hat mehr industrielle Bedeutung (Luttenlüfter in Bergwerksstollen, Fabrikhallen-Ent- und -Belüftung).

Die Einzelluftheizung hat die meiste Bedeutung wohl für technische und gewerbliche Hallen, wie z. B. Fabrikhallen, Flugzeughallen, Reithallen, Markthallen. Für repräsentative Hallen kommen die Einzelgeräte kaum zur Anwendung.

2. Die zentralen Luftheizungsanlagen.

Die Sammeluftheizungsanlage ist eigentlich bereits mit den Lüftungsanlagen beschrieben. Der Wärmebedarf des Raumes wird bei Frischluftbetrieb durch eine Übertemperatur der Warmluft über die Raumluft gedeckt. Bei Umluftbetrieb fällt die Aufwärmung der Frischluft weg. Es ist dann nur diese höhere Aufwärmung noch zu leisten. Bei nur teilweisem Frischluftzusatz ist je nach dem Mischungsverhältnis von Um- und Frischluft und unter Berücksichtigung der Außentemperatur die Wärmeleistung aufzubringen.

3. Die technische Ausführung.

Die technische Ausführung einer Sammeluftheizungsanlage ist im Prinzip stets gleich. Die Außenluft wird über ein Luftfilter geleitet und hier gereinigt. Der Fliehkraftlüfter saugt die Luft an und drückt sie über einen Luftherhitzer in ein mehr oder weniger verzweigtes Rohrnetz.

a) S c h a l t u n g.

Die Reihenfolge von Filter (1) — Fliehkraftlüfter (2) — Luftherhitzer (3) kann selbstverständlich auch geändert werden, z. B. 2—3—1 oder 1—3—2, jedoch wird die erste Lösung die günstigste bleiben aus folgenden Gründen:

1. Die sofortige Reinigung der Außenluft verhindert das Verschmutzen des Luftherhitzers (Lamellen). Die verschmutzten Lamellen beeinträchtigen den Wärmeübergang; wenn auch dieser auf der Luftseite mit der an sich nicht hohen Wärmeübergangszahl (30 bis 40 kcal/m² h °C) gegenüber der Innenseite (Dampf oder Wasser — 10 000 bzw. 2000 kcal/m² h °C) nicht sehr verringert wird, so ist doch im Verlauf einer längeren Betriebszeit ohne Reinigung der Lamellen eine Beeinträchtigung der Wärmeleistung durch das völlige Zusetzen der mit geringem Abstand voneinander stehenden Lamellen zu erwarten.
2. Das Drücken der Luft durch den Luftherhitzer ist wirk-

samer als das Ansaugen der Luft über den Luftheritzern. Der Ausblas des Fliehkraftlüfters weist mehr oder weniger starke turbulente Strömung auf, die sich als wärmeaufnehmender erweist als die gleichmäßigere Luftströmung im Ansaugquerschnitt.

3. Wird erwärmte Luft über ein ölbenetztes Filter geleitet, also das Luftfilter nach dem Luftheritzer angeordnet, so kann bei höherer Lufttemperatur gegebenenfalls bei unzuverlässigem Öl ein Ölgeruch im Raum auftreten.
4. Bei druckseitiger Anordnung des Filters können durch die dann zumeist höhere und auch wirbelnde Luftströmung Öltröpfchen aus der Filterfläche mitgerissen werden und den Luftkanal verölen oder sogar in den Raum gelangen.

Als Vorteil der Luftheritzeranordnung vor dem Fliehkraftlüfter kann gelten, daß die durch gegebenenfalls nur teilweise Beaufschlagung des Luftheritzers (das Regelventil hat die Dampf- oder Warmwasserzufuhr abgestellt) eintretenden, verschieden hoch erwärmten bzw. noch kalten Luftteilströme durch den Fliehkraftlüfter gut gemischt werden. (Eine andere Möglichkeit, dies zu erreichen, ist später noch angeführt.)

Über die technischen Anforderungen an Lüftungsanlagen und demnach auch Luftheizanlagen wird auf die VDI-Lüftungsregeln verwiesen.

b) Filter.

Die ölbenetzten Saalfilter lassen sich in zwei Hauptgruppen unterscheiden.

1. Umlaufendes Filter. Durch Motor- oder Handantrieb betätigter Umlauf von einzelnen Filterplatten oder Filterband, im Ölbad sich dann selbstreinigend und benetzend.
2. Feststehendes Filter. Einzelne, hintereinandergeschaltete Filterplatten oder Filterkästen mit Füllkörpern als Flächen- oder Stufenfilter.

Andere Filterarten sind Stofffilter (ältestes Filter) in Taschen- oder Schlauchform, Elektrofilter und das neuerdings in den USA. aufgekommene Glaswollefilter.⁴⁾ Die

⁴⁾ Neuartige amerikanische Luftfilter aus Glaswolle. Heizg. u. Lüftg. Bd. 10 (1936) S. 19.

Stoff- und das Elektrofilter⁵⁾ haben mehr industrielle Bedeutung (Sandstrahlereien, Gasreinigung).

c) Lüfter.

Bei der Wahl des Fliehkraftlüfters (von dem Schraubenlüfter oder Propeller wird hier abgesehen) kann man auf den einseitig ansaugenden Lüfter oder den doppelseitig ansaugenden Lüfter zurückgreifen. Der letztere hat den Vorteil, größere Luftmengen bei einer geringeren Umfangsgeschwindigkeit des Lüfterrades zu leisten und damit geräuschloser zu arbeiten. Bei dessen Aufstellung ist zu beachten, daß möglichst beide Ansaugseiten gleichmäßig belastet werden, um eine einseitige Beaufschlagung des Lüfterrades zu vermeiden.

Der Antrieb des Fliehkraftlüfters kann entweder mit einem direkt gekuppelten Elektromotor (bei kleineren Luftleistungen sitzt das Flügelrad direkt auf der Motorwelle) oder durch einen Keilriemenantrieb erfolgen. Bei größeren Luftmengen ist der Keilriemenantrieb günstiger, da dann der Lüfter selbst mit einer niedrigen Umdrehungszahl, der Motor dagegen mit einer höheren (billigerer Motor) laufen kann.

Das in einem Fliehkraftlüfter eingebaute Schaufelrad hat eine dreifache Ausführungsmöglichkeit, und zwar:

1. gerade Schaufelung, bei Förderung von staubhaltigen Gasen und Luft zweckdienlich, da in den Ecken keine Schmutzablagerung entsteht.
2. vorwärtsgekrümmte Schaufeln. Die Charakteristik dieses Lüfters weist im p-v-Diagramm einen An- und Abstieg mit Maximum auf und ergibt daher Doppelseitigkeit bei verschiedener Fördermenge und gleicher Widerstandshöhe (ungleicher Kraftbedarf hierdurch, Ursache des Pendelns).
3. rückwärts gekrümmte Schaufeln, die einen guten Wirkungsgrad ergeben. Die Charakteristik zeigt nur einen Abfall vom Maximum.

Zur Geräuschminderung sind einige Regeln⁶⁾ zu be-

⁵⁾ R. Heinrich, Die elektrische Gasreinigung und ihre Anwendung in den wichtigsten Industriezweigen. ETZ. Bd. 51 (1930) S. 971. — Reinigung von Gasen mittels Elektrofilter. VDI-Zeitschr. Bd. 74 (1930) Nr. 7.

⁶⁾ Richtlinien für die Lärmabwehr in der Lüftungstechnik. Hrsg. vom Fachausschuß für Lüftungstechnik des VDI. 1938.

achten, die in dem am Schluß angegebenen Schrifttum ausführlicher behandelt sind.

Kurz zusammengefaßt läßt sich hierzu sagen, daß niedere Umdrehungszahl des Fliehkraftlüfters, schalldämmende Unterlage für Fliehkraftlüfter und Motor, keine hohen Luftgeschwindigkeiten im Rohrnetz und strömungstechnische Rohrführung erforderlich sind.

d) Luftherhitzer.

Die Beheizung des Luftherhitzers kann durch Dampf, Warm- oder Heißwasser, Gas, elektrischen Strom oder Feuergase geschehen.

Durch die Wärmeübertragung von Dampf oder Wasser an Luft mit den dabei ganz erheblichen Unterschieden der Wärmeübergangszahlen (siehe zuvor) hat der Rippenluftherhitzer hierfür eine überragende Bedeutung gewonnen. Die Rippen haben nur Zweck auf der Wandseite der kleineren Wärmeübergangszahl (Luftseite) und müssen in Strömungsrichtung liegen. In strömungstechnischer Vervollkommnung werden die Heizrohre selbst noch elliptisch ausgebildet. Bedingung für die gute Wirksamkeit der Rippen ist eine gute metallische Verbindung mit dem Heizrohr (Verschweißen oder Verzinken).

Die Verwendung von Rippen auf dem Rohr ermöglicht eine erhebliche Steigerung der Wärmeabgabe bezogen auf das glatte Rohr. Mittelbar ist dies dann eine Vergrößerung der Wärmeübergangszahl des Rohres. Die dadurch erreichte Verbesserung der Wärmeübergangszahl ist aber nicht proportional der Vergrößerung der Heizfläche. Der Grund für diese Verringerung ist darin zu ersehen, daß die Luftströmung zwischen den einzelnen Rippen anders verläuft als um das glatte Rohr, ferner der Strahlungsaustausch mit der Umgebung durch die gegenseitige Anstrahlung der Rippen eingeschränkt wird. Die Rippenfläche bezogen auf eine beliebige Maßeinheit hat ferner infolge ihres größeren Temperaturabfalles durch den längeren Weg des Wärmeflusses eine geringere spezifische Wirksamkeit als die Grundfläche, auf der die Rippe sitzt. Außerhalb dieser Wärmeübertragungsbetrachtungen für Flüssigkeiten und Gase steht der elektrische Luftherhitzer, da hier der elektrische Strom durch Widerstandserwärmung unmittelbar auf die Luft wirkt. Die Heizleiter müssen, da sie Spannung führen, gegenüber der Ummantelung des Gerätes elektrisch isoliert werden. Die

Heizleiter werden waagrecht im Luftstrom liegend angeordnet, da durch die höheren Temperaturen die Festigkeit des Materials zurückgeht.

e) Rohrleitung.

Die Ausführung des Rohrleitungsnetzes ist je nach den Gebäuden gegeben. Gemauerte Kanäle, Rabitzkanäle, Baustoffplattenkanäle (Eternit, Xylotekt u. a.) und Blechkanäle (rund oder rechteckig) sind gebräuchlich.

Die Blechkanäle sind hinsichtlich der Reinigung (Möglichkeit der Wasserreinigung) und der kleinsten Reibungswiderstände am günstigsten. Eine genügende Anzahl von Reinigungsöffnungen ist vorzusehen. Das Reinigen von Rabitz-, Mauer- und sonstigen Kanälen kann trocken mit einem fahrbaren Staubsauger, bei dem das Mundstück entsprechend ausgebildet wird und dessen Führung mit einem längeren Schaft erfolgt, geschehen.

Die Verbindung der Blechkanäle und -rohre kann auf verschiedene Art erfolgen, wie Schweißen, Falzen, Nieten, Flanschen, Stoßen, wobei die zwei ersten Arten bevorzugt werden.

Die Wanddicken richten sich ganz nach den Kanalabmessungen,⁷⁾ man wird bei Blech als geringste Dicke 0,75 mm wählen.

Bei der Ausführung von größeren Luftheizanlagen erweist es sich als zweckmäßig, nach dem Luftherhitzer eine größere Luftkammer anzuordnen, die erstens schalldämmend wirkt und zweitens die Luft gut mischt, so daß auch hier kalte und warme Luftströme im Kanal durch die ungleichmäßige Erwärmung des Luftherhitzers (bei Drosselung durch ein Regelorgan) vermieden werden.

f) Rohrnetz berechnung.

Eine wichtige Grundlage für den einwandfreien Betrieb einer Anlage ist die sorgfältige Berechnung des Druckgefälles der gesamten Anlage. Der Druckabfall von Filter und Luftherhitzer werden von den Lieferwerken für die verlangte Luftgeschwindigkeit nach deren Untersuchungsergebnissen angegeben. Der Rohrleitungsdruckabfall ist rechnerisch zu erfassen, wobei man zumeist eine Luftgeschwindigkeit zuvor festlegt und damit die Kanalabmessungen ermittelt. Die

⁷⁾ W. Herbst, Blechkanäle für Lüftungsanlagen. Heizg. u. Lüftg. Bd. 11 (1937) S. 85-87.

Berechnung kann nach Rietschel-Gröber⁸⁾ oder Blaeß⁹⁾ erfolgen. Der Druckabfall durch Einzelwiderstände für Rohr- abzweige, Bogen, Erweiterungen u. a. ist formel- und zahlenmäßig festgelegt und aus Tabellen zu entnehmen.

Der Druckabfall durch die Rohrreibung in der Rohr- leitung für eine bestimmte Luftgeschwindigkeit und Menge ist aus den Tabellen (Rietschel oder Blaeß) ermittelbar. Die Zahlenwerte in Rietschels-Gröbers Tabellen sind auf den neuesten Stand nach den Untersuchungen in den letzten Jahren gebracht worden, die von Blaeß sind dagegen als überholt anzusehen.

Der Hauptunterschied beider Berechnungsarten ist darin zu erblicken, daß bei Rietschel-Gröber Einzel- und Rei- bungswiderstände getrennt erfaßt werden, dagegen bei Blaeß die Einzelwiderstände in äquivalente Rohrlängen umgelegt werden. Die Blaeßsche Berechnungsart ist nur für Blech- rohrleitungen mit wenigen Arten von Einzelwiderständen gut geeignet und wird auch hier angewendet [Absaugungs- Rohrleitungen für Holzbearbeitungsmaschinen,¹⁰⁾ Schleife- reien usw.]. Für nicht einfache Kanalausführungen liegen die Vorteile der Berechnungsart bei Rietschel-Gröber, die auch den weiteren Vorteil hat, jederzeit über den Einzelwider- stand eines Kanalteiles (Abzweig, Krümmer usw.) Aufschluß zu geben und damit bei zu hohem Werte darauf hinweist, eine Änderung vorzunehmen.

g) Luftgitter.

Die Luftaustrittsanordnungen sind in drei Arten ge- bräuchlich:

1. das normale Luftaustrittsgitter in Metall oder Stukka- tur mit verschiedenerlei Lochung oder Musterung,
 - a) ohne Mengenregelung durch Anordnung eines ein- fachen Gitters,
 - b) mit Mengenregelung durch feststehende bzw. ver- stellbare Jalousie oder durch gegenseitige Verschie- bung zweier Metallgitter mit Stegen.

⁸⁾ H. Gröber, Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüf- tungstechnik, 11. Aufl. Berlin 1938, Julius Springer.

⁹⁾ V. Blaeß, Die Strömung in Röhren und die Berech- nung weitverzweigter Leitungen und Kanäle. München 1911, R. Oldenbourg.

¹⁰⁾ H. R. Karg, Pneumatische Materialtransporte. Mün- chen 1927, R. Oldenbourg.

2. besonders ausgebildete Luftaustrittskörper (Anemostate), die den Hauptluftstrom in Teilströme mit geringeren Austrittsgeschwindigkeiten zerlegen.
3. durch düsenförmige Ausbildung des Luftaustritts, um eine Luftichtung zu erzielen.

Je nach dem Lüftungssystem hat die eine oder andere Luftaustrittsanordnung Vor- bzw. Nachteile.

Bei unterem Warmluftaustritt ist Anordnung 1 und 2 zu bevorzugen, dagegen ist bei oberer Luftzuführung im Raum die Ausführung nach 3 günstig und zulässig.

Über die Luftaustrittsgeschwindigkeiten lassen sich allgemein gültige Zahlenwerte nur in weitem Rahmen angeben. Bei Ausblas in unmittelbarer Nähe von Menschen sind die Angaben nach den VDI-Lüftungsregeln zu beachten. In Höhen von über 3 m kann die Austrittsgeschwindigkeit bis zu 1 m/s und in noch größeren Höhen bis zu einigen m/s gesteigert werden.

h) Temperaturregelung.

Auf die Vorteile einer guten Regelung sei besonders hingewiesen. Bei reiner Handregelung läßt es sich kaum vermeiden, daß bei wechselndem Wärmebedarf des Raumes (durch veränderliche Außentemperatur oder mehr oder weniger starke Besetzung des Raumes) eine Überheizung eintritt oder zu kalte Luft einströmt, die Zugserscheinungen hervorruft.

Die selbsttätige Regelung der Warmlufttemperatur durch elektrischen Strom, Preßluft oder Druckwasser (installations-technisch und auch bei ausgedehnter Regelanlage wird die elektrische Regelung anderen Regelarten stets überlegen sein) kann auf zwei Arten erfolgen, entweder wird die Lufttemperatur konstant gehalten (Wärmefühler in Luftstrom, Regelkörper in der Heizmittelzuleitung), oder die Warmlufttemperatur wird von der Raumlufttemperatur gesteuert [Wärmefühler im Raum, durch mehrere Raumthermostate kann mit einer mittleren Raumtemperatur (Hinter-einanderschaltung) gesteuert werden]. Anzuraten ist der Einbau einer thermischen Rückführung bei elektrischer Regelung, um einen pendelfreien Verlauf der Temperatur zu erreichen. Die elektrische Regelung weist zwei Arten von Regelkörpern auf, und zwar das Magnethubventil, das mit „auf“ und „zu“ arbeitet, sowie das Motorventil, das allmählich schließt und öffnet. Der Ventilkegel kann hier

noch eine besondere Charakteristik zur Regelung der Einströmmenge erhalten.

Die erstere Regelung hat den Vorteil, daß die Warmlufttemperatur nie unter einen Mindestwert kommen kann und damit kalte Luftströme ausgeschlossen sind; doch kann eine Überheizung dann eintreten, wenn der Wärmebedarf des Raumes sinkt.

Die zweite Regelung ist an sich für die Raumlufitemperatur günstiger, doch muß die Luftzuführung so erfolgen, daß der Austritt nicht in der Nähe von Menschen geschieht.

Gegebenenfalls kann die zweite Regelung dahin erweitert werden, daß eine Mindesttemperatur der Zuluft gewahrt bleibt. Anstatt das Regelorgan in die Dampf- oder Warmwasserleitung zum Luftherhitzer einzubauen, kann die Regelung in gleicher Weise wie zuvor erfolgen, jedoch wird eine Mischklappe (kalte und warme Luft) durch einen Antriebsmotor gesteuert.

Auf einen regeltechnischen Vorteil wäre noch hinzuweisen, und zwar die Unterteilung des Luftherhitzers in zwei oder mehrere Elemente, von denen nur eines geregelt und das andere Element von Hand je nach Außentemperatur zu- oder abgeschaltet wird. Es wird durch die eingestellte Grundlast vermieden, daß bei dem Schließvorgang des Regelventils kurzzeitig kalte Luft einströmen kann. Der Regelhub des Ventils steht dann einer kleineren Temperaturdifferenz zur Verfügung, und es kann damit genauer geregelt werden. Gegebenenfalls kann auch statt der Handbedienung des einen Luftherhitzerelements dessen selbsttätige Steuerung nach der Außentemperatur erfolgen, und zwar derart, daß bei einem festgelegten Außentemperaturwert das Regelventil für dieses Element schließt.

Bei kleineren Luftheizanlagen kann durch die Raumtemperatur der Antriebsmotor des Fliehkraftlüfters ein- und ausgeschaltet werden (mit Verzögerung), und der Luftherhitzer steht dann stets unter Vollheizung. Hiermit wird unbedingt vermieden, daß Kaltluftströme auftreten. Die Schaltleistung und Anlaufstromstärke des Motors muß dabei jedoch klein sein und ist demnach nur für Motoren bis etwa 1 kW Leistung anwendbar.

Bei Verwendung eines elektrischen Luftherhitzers wird die elektrische Regelanlage einfacher durch Wegfall des Regelventils. Zu beachten ist jedoch, daß der Luftherhitzer sich bei Stillstand des Lüfters ausschaltet, da sonst eine zu starke Überhitzung der Widerstandsdrähte eintreten

könnte. Durch eine entsprechende Anzahl von Schaltern kann bei sinkendem Wärmebedarf die elektrische Heizfläche jeweils verkleinert werden. Eine Unterteilung der Heizleiter so, daß jeweils bei 3° C Temperaturdifferenz geschaltet wird, ist zweckmäßig und ist bei Drehstrom mit einzelner Phasenanschluß durch Herausziehen des Nullleiters möglich.

Die Schalterbetätigung der einzelnen Heizstufen kann auch selbsttätig in Abhängigkeit von der Außen- bzw. Zulufttemperatur erfolgen.

i) Luftmengenregelung.

Eine Luftmengenregelung ist durch Veränderung der Umdrehungszahl des Fliehkraftlüfters oder Widerstandsvergrößerung auf der Druck- oder Saugseite in dem angeschlossenen Rohrleitungsnetz mittels Schiebers, Klappe oder Drosselscheibe möglich.

Die Regelbarkeit durch Veränderung der Umdrehungszahl kann auf den Antriebsmotor des Lüfters oder auf ein Schaltgetriebe übertragen werden.

Der Gleichstrommotor ist in weiten Grenzen, bei annähernd gleichem Wirkungsgrad regelbar, nicht jedoch der durchweg gebräuchliche Drehstrommotor. Der Drehstrommotor hat zwei Haupttypen, und zwar den billigeren Kurzschlußläufer und den Schleifringläufer, dessen Nachteil seine größere Störungsempfindlichkeit ist.

Der Kurzschlußläufer ist nur in bestimmten Drehzahlbereichen erhältlich, wie: 500, 750, 1000, 1500, 3000 U/min, wobei die drei unteren Drehzahlen für geräuscharme Lüftungsanlagen in Frage kommen. Spezialausführung für Lüftermotoren sind hierbei noch Drehstrommotoren mit Gleitlagern anstatt Kugel- oder Wälzlager und mit besonderer Magnetgeräuschkchwachheit. Der Kurzschlußläufer kann bis zu etwa 5 kW mit einem einfachen Hebel- oder Walzenschalter direkt an das Stromnetz gelegt werden, darüber hinaus sind besondere Anlaßvorrichtungen erforderlich. Als einzige Umdrehungszahländerung kommt die Polumschaltbarkeit in Frage, die die Tourenzahl um die Hälfte jeweils vermindern kann.

Der Schleifringläufer ist nach unten in gewissen Grenzen regelbar, jedoch ist diese Regelung unwirtschaftlich, da dem Netz die volle Leistung entnommen und im Regelwiderstand nutzlos in Wärme umgesetzt wird.

Wird die Umdrehungszahlregelung durch ein besonderes Getriebe (Kegel- oder Zahnradgetriebe) geändert, so kann man auf einen billigeren Kurzschlußläufermotor zurückgreifen.

Die Entscheidung, welche Umdrehungszahlregelung auszuführen ist, hängt ganz von der Größe der Luftheizanlage und der gewünschten Luftmengenregelung ab und bedarf daher erst der genauen wirtschaftlichen und kostenmäßigen Berechnung.

Bei kleinen Luftheizanlagen wird die Luftmengenregelung stets die Drosselung sein, die in der Ansaugrohrleitung des Lüfters durch eine fein einstellbare Irisblende (auch Schieber und Klappe) möglich ist.

E. Sinnbilder.

Seit langem sind Sinnbilder im Wärmekraftbetrieb¹¹⁾ bekannt. Diese systematisch entwickelten Symbole haben den Zweck, den Wärmekreislauf in neuzeitlichen Kraftanlagen übersichtlich und in zweifelfreier Klarheit darzustellen.

Durch den Deutschen Normenausschuß wurden Sinnbilder für Rohrleitungen¹²⁾ (DIN 2429 Bl. 1 bis 4), die im Schrifttum Eingang gefunden haben, herausgegeben. Einige Zeichen sind hierin für das Heizungsfach und die Gesundheitstechnik enthalten. Die schematische Darstellung von Lüftungsanlagen ist im Schrifttum auch durch Sinnbilder üblich, die jedoch noch keine Einheitlichkeit aufweisen.

Im Angebotswesen des Heizungsfaches und Lüftungsfaches hat sich dagegen seit Jahren eine ziemlich gleichmäßige Darstellungsweise eingebürgert. Hierbei spielt jedoch der Farbstift eine große Rolle. Für Druckzeichnungen und Pausen ist diese Farbtechnik aber nicht verwendbar.

In den Tafeln 1 bis 3 sind Vorschläge für einheitliche Zeichen der Lüftungs- und Klimatechnik enthalten.

¹¹⁾ W. Stender, Schaltbilder im Wärmekraftbetrieb. Berlin 1928, VDI-Verlag.

¹²⁾ In der Zeitschrift „Heating and Ventilating“ sind im April- und Maiheft 1937 ähnliche Sinnbilder enthalten, die das Klimafach mit einbeschließen. Gegenüber den deutschen Sinnbildern sind Änderungen vorhanden, die in der anderen Installationstechnik der Amerikaner ihre Ursache haben.

II. Besondere Betrachtungen über die Lüftung von Ausstellungs- und Messehallen

Die besonderen Betrachtungen über die Lüftung von Ausstellungs- und Messehallen bedingen eine in gewissen Grenzen liegende Kenntnis der Benutzungsart und Nutzungsdauer solcher Hallen. Es ist leicht einzusehen, daß bei den vielseitigen Ausstellungen, wie beispielsweise Textilmesse, Baumesse, Kunstausstellung, Ausstellungen der Land- und Forstwirtschaft, des Handels, Gewerbes und der Industrie (Automobil, Rundfunk, Werkzeugmaschinen u. a. m.), diese Betrachtungen nur in einem weiten Rahmen gelten können, was naturgemäß eine Verflachung der Ausführungen zur Folge hat. Um diesem Mangel vorzubeugen und eine einigermaßen erschöpfende Behandlung des Themas zu erreichen, wurde im folgenden eine Beschränkung auf Ausstellungen industrieller Art vorgenommen.

Die meisten Ausstellungen sind saisonbedingt, und gerade die einen größeren Besucherkeis interessierenden Industrieausstellungen (technische Messe, Rundfunk- und Automobilausstellung) liegen normalerweise in Jahreszeiten, in denen Temperaturschwankungen und Feuchtigkeit die Ursachen zahlreicher Krankheiten sind. Eine stark ins Gewicht fallende Tatsache ist ferner, daß die Besucher der Ausstellungsräume entsprechend der äußeren Witterung diese zumeist in Überkleidung betreten, das Ausstellungspersonal dagegen in Raum- bzw. Schutzbekleidung sich aufhält. Wichtig in diesem Zusammenhang ist noch die unterschiedliche Betätigungsweise beider Interessentengruppen. Während der Besucher sich fast dauernd in Bewegung befindet, bleibt der Verkäufer bei relativ wenig Bewegung sitzend oder stehend innerhalb seines Messestandes.

Diese unterschiedlichen Vorbedingungen wirken sich für die Frage der Heizung und Lüftung erschwerend aus.

Zu den ungünstigsten Bedingungen größerer Industrieausstellungen (lüftungs- und heizungstechnisch) gehört die hohe Besucherzahl. Eine nicht zu vermeidende Begleitererscheinung hierbei ist die Wärmeabgabe der Menschen. Diese Wärmemenge kann sehr beträchtlich sein und erreicht in Übergangszeiten sogar die Höhe des gesamten Wärmebedarfs der Halle.

Ein weiterer unangenehmer Umstand ist die Staubentwicklung, einmal durch das Hereintragen von Staub an Kleidern und Schuhen, ferner die Aufwirbelung durch das Umhergehen.

Als letzter nicht unwichtiger Punkt wäre in diesem Zusammenhange noch die Verschlechterung der Raumluft durch Abgase, Dämpfe und Staub von zu Demonstrations- oder sonstigen Zwecken in Gang gesetzten Maschinen zu erwähnen. Wärmekraftmaschinen geben dabei auch noch größere Mengen Wärme an die Raumluft ab. Diese Mißstände treten besonders bei industriellen Ausstellungen auf.

Es treten demnach folgende, das Wohlbefinden der Besucher störende Ursachen ein:

1. Wärmezufuhr durch Menschen und Maschinen,
2. Fußbodenstaubaufwirbelung,
3. Luftverschlechterung durch Menschen und Maschinen.

Eine völlige Beseitigung der obengenannten Störungsquellen ist praktisch nicht möglich, doch ist der Umfang der Störungen bei zweckentsprechender Bauweise unter Beachtung bestimmter heiz- und lüftungstechnischer Gesichtspunkte stark einschränkbar. Diese Störungsquellen rufen bei dem Hallenbesucher erfahrungsgemäß Müdigkeitserscheinungen, Abgespanntheit und Unbehaglichkeit durch Schweißausbrüche, trockenen Gaumen und Rachen hervor. Das Ausmaß der Störungen hängt von den vorkehrenden Maßnahmen in heiz-, lüftungs- und bautechnischer Hinsicht, ferner auch von der Besucherzahl ab. Einschränkend zum vorstehenden muß natürlich auch gesagt werden, daß Müdigkeitserscheinungen nicht ausschließlich eine Folge schlechter Luft und erhöhter Raumtemperatur sind, sondern auch durch körperliche Ermüdung von dem Umhergehen und der Reaktion der Nerven auf die geistige Anstrengung durch die Aufmerksamkeit heischenden Schaustellungen hervorgerufen werden können.

A. Das Abführen und Vermeiden nichterwünschter Wärme.

Die Betrachtungen sind für Winter- und Sommerverhältnisse verschieden.

1. Im Winter.

Um im Winter einen geschlossenen Raum für den menschlichen Aufenthalt geeignet zu machen, ist die Beheizung notwendig. Die hierzu erforderliche Wärmemenge ist bei einer festen Innentemperatur nur mit der Außentemperatur veränderlich. Um also Schwankungen zu vermeiden, muß der Wärmebedarf der Halle der Außentemperatur angepaßt werden.

Findet nun in der Halle selbst eine Wärmeentwicklung beispielsweise durch Wärmeabgabe der sich darin aufhaltenden Personen (durchschnittlich 100 kcal/h je Person) sowie wärmeabgebender Maschinen statt, und ist diese Wärmemenge je nach der Menge der Besucher und der Zahl der Maschinen verschieden, so wird hieraus schon die Schwierigkeit der Heizungsfrage ersichtlich.

Die zusätzliche Wärmeentwicklung in der Halle erfordert eine Verminderung der aufzubringenden Heizwärme, wobei berücksichtigt werden muß, daß die zusätzliche Wärmemenge zumeist unbekannt ist und nur von Fall zu Fall annähernd geschätzt werden kann. Die algebraische Summe beider Wärmemengen (Bild 19) ergibt den tatsächlich erforderlichen Wärmeaufwand der Halle. In Übergangszeiten kann u. U. ein negativer Wert (Bild 20) entstehen. Die Beheizungsschwierigkeit ist während dieser Zeit meistens größer als im Winter.

Erfolgt die bei starker Besucherzahl notwendig werdende Wärmeabfuhr nicht, so tritt bei den Besuchern allmählich ein Unbehaglichkeitsempfinden auf, das seine Ursache in der steigenden Raumlufttemperatur und dem damit verbundenen Wärmestau hat.¹⁾ Durch die dichtgedrängten Menschen kann deren stets erforderliche Wärmeabgabe nicht mehr größtenteils durch Konvektion erfolgen. Eine höhere Raumtemperatur ($> 20^{\circ}$ C) verlangt eine starke Luftbe-

¹⁾ F. Bradtke in H. Gröber, Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. 11. Aufl., S. 240. Berlin 1938.

wegung (Umspülung des Menschen) bei gleichbleibender Wirksamkeit der Konvektionswärmeabgabe, die aber durch die dichtstehenden Menschen gehemmt wird. Der Strahlungsanteil an der Gesamtwärmeabgabe wird ebenfalls aus den gleichen Gründen vermindert, demnach muß die Wasserverdunstung der Hautoberfläche (Schwitzen) die Wärmeabfuhr übernehmen. Die Wasserverdunstung ist ebenfalls abhängig von der Luftbewegung und der Luftfeuchtigkeit (Sättigungsdefizit). Wenn, wie zuvor gesagt, die erstere klein ist und die Luftfeuchtigkeit groß, so wirkt sich der Wärmestau voll aus, d. h. es treten Übelkeit, Drang nach frischer Luft und Ohnmachtsanfälle auf.

Eine generell regelbare Heizungsanlage mit örtlichen Heizflächen (Warmwasserheizung) kann bei Steuerung der Vorlauftemperatur in Abhängigkeit von der Raumtemperatur (also nicht von der Außentemperatur) dem Erfordernis einer mit steigender Besucherzahl sinkenden Wärmezufuhr entsprechen.

Diese Heizungsanlage kann ihre Aufgabe jedoch nicht erfüllen, wenn Wärmeabfuhr notwendig wird. Ohne örtliche regelbare Kälteflächen kann nur eine Lüftungsanlage diese Aufgabe lösen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit von Lüftungsanlagen für Ausstellungshallen.

Nach dem in den allgemeinen Betrachtungen über die Heizung und Lüftung von Großräumen zum Ausdruck Gebrachten kommt je nach dem Großraumverhältnis der Halle bei der Notwendigkeit einer Lüftungsanlage die Luftheizung zur Ausführung in Frage. Durch die Übertemperatur der Zuluft über die Raumtemperatur ist die Luftheizung in der Lage, die Heizung generell zu regeln.

Es kommt nun ganz auf die Ausführung der Lüftungsform (d. h. hier also auch Luftheizungsform) an. Je nach dem Fall kann diese Übertemperatur höher oder niedriger gewählt werden. Zum Beispiel kann man bei oberer Luftzuführung mit der Luftaustrittstemperatur höher gehen, als wenn der Warmluftaustritt unmittelbar in der Nähe von Menschen erfolgt. Je größer diese Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Raumluft sein kann, desto genauer kann die Regelung erfolgen und gegebenenfalls die zuzuführende Luftmenge (nur für Heizungszwecke) kleiner werden. Bei der Luftheizung kann demnach die Veränderlichkeit der Luft-

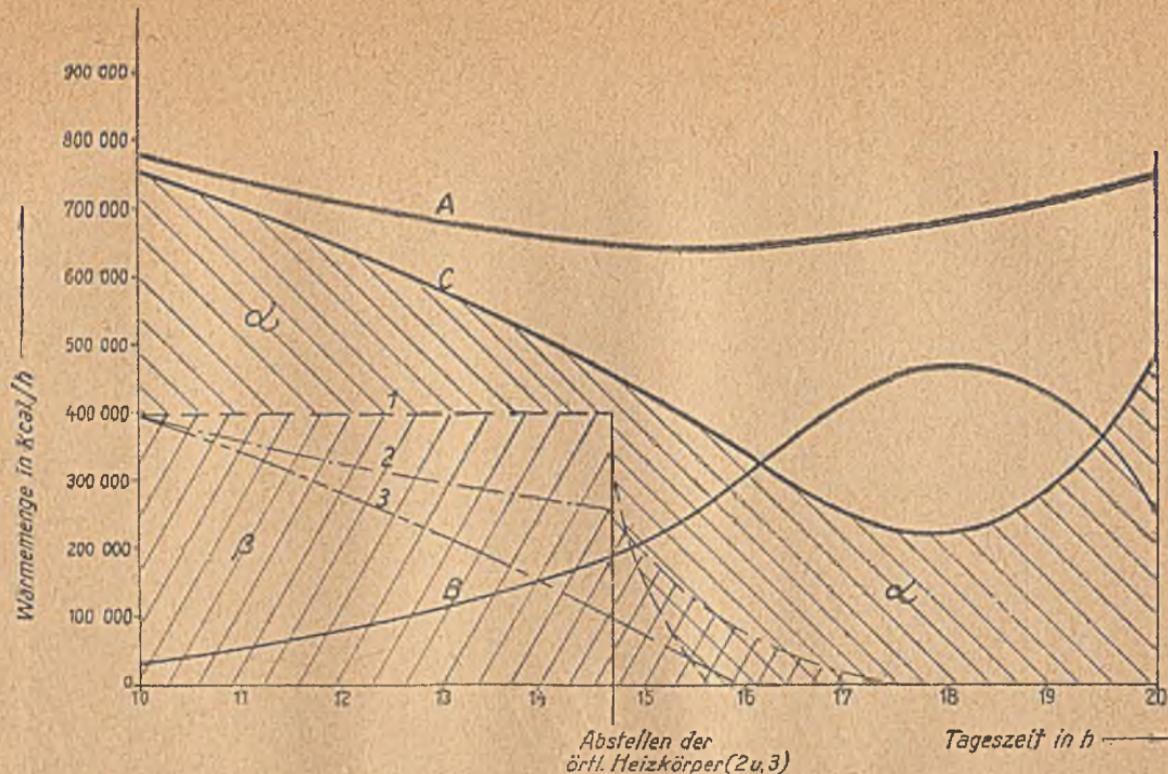


Bild 19. Wärmeaufwand zur Beheizung einer Ausstellungshalle während eines kalten Wintertages.

A = Wärmeverlust der Halle entsprechend der Außentemperatur, B = Wärmeabgabe der Besucher, C = wirklicher Wärmebedarf (A—B). 1 = durch örtliche Dampfheizkörper zugeführte Wärmemenge, 2 = durch örtliche Warmwasserheizkörper zugeführte Wärmemenge, Regelung der Heizwassertemperatur in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur, 3 = wie 2, jedoch Regelung in Abhängigkeit von der Raumlufttemperatur. α = die von der Luftheizung aufzubringende Wärmemenge (zwischen den Kurven 1, 2 oder 3 und C). β = die von örtlichen Heizkörpern aufzubringende Wärmemenge (zwischen den Kurven 1, 2 oder 3 und der Abszissenachse).

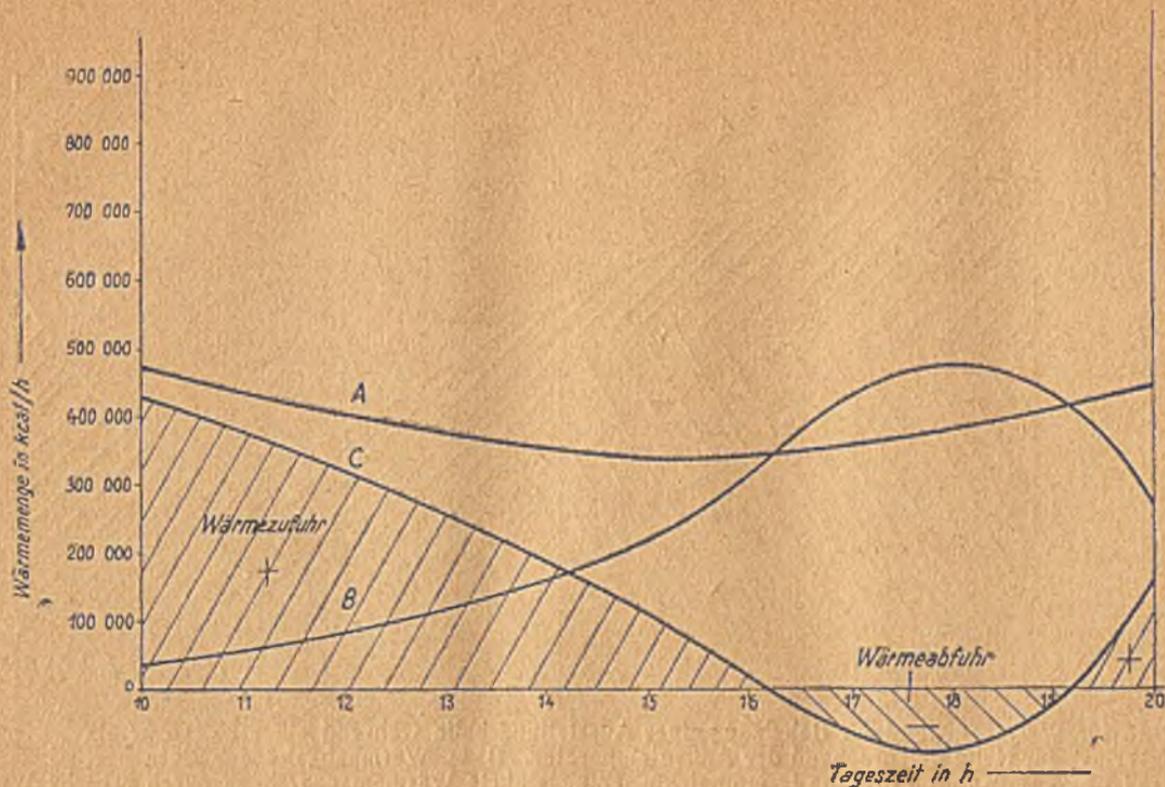


Bild 20. Wärmeaufwand zur Beheizung einer Ausstellungshalle während eines milden Wintertages.
(Erklärungen siehe unter Bild 19.)

menge in den Bereich der Regelungsmöglichkeit mit einbezogen werden.

Die Luftmenge ist nach unten durch gewisse Mindestforderungen (VDI-Lüftungsregeln), nach oben durch wirtschaftliche Erwägungen begrenzt. Mithin ist auch je nach der Bauausführung ein Maß der möglichen Übertemperatur zur Beheizung der Halle gegeben.

Erreicht diese Temperaturdifferenz trotzdem eine Größe, die mit der Lüftungsform nicht mehr vereinbar ist, so ist diese jederzeit durch Anordnung von örtlichen Heizflächen, die eine Grundlast übernehmen, auf eine gewisse Größe zurückführbar. Als Vorteil für die Grundlast kann gelten, daß sie nicht durch ein generell regelbares Heizmittel, wie dies Heiß- oder Warmwasser ist, gedeckt zu werden braucht, sondern z. B. durch Dampfheizkörper aufgebracht werden kann.

Nicht unerwähnt soll dabei bleiben, daß bei generell regelbarer Grundlast diese stets nach der Raumtemperatur eingestellt werden und der von der Luftheizung zu deckenden Restwärmemenge bei jeder Außentemperatur in gleichmäßigem Abstände folgen kann (Bild 19).

Unter vereinfachten Annahmen läßt sich zeigen, daß die generelle Regelung der zentralen Luftheizungsanlage durch die Übertemperatur möglich ist.

Es ist die stündlich aufzubringende Wärmemenge für die Wärmeverluste der Halle:

$$Q = k_{ae} \cdot F (\vartheta_R - \vartheta_A) \quad \text{kcal/h,}$$

worin

k_{ae} = die äquivalente Wärmedurchgangszahl für sämtliche Baustoffe (ohne Temperaturabhängigkeit) in kcal/m² h °C,

F = die gesamten wärmeabgebenden Wand- und Fensterflächen in m²,

ϑ_R = die Raumtemperatur in °C,

ϑ_A = die Außentemperatur in °C

ist.

Diese Wärmemenge muß durch die Luftheizung aufgebracht werden. Es gilt hierfür:

$$Q = G c_p (\vartheta_Z - \vartheta_R) \quad \text{kcal/h,}$$

worin

G = das stündlich umgewälzte Luftgewicht der Halle in kg,

c_p = die spezifische Wärme der Luft (bei konstantem Druck) in kcal/kg °C,

ϑ_Z = die Zulufttemperatur in °C

bedeuten.

Mithin ist:

$$Q = k_{a0} F (\vartheta_R - \vartheta_A) = G c_p (\vartheta_Z - \vartheta_R)$$

und hieraus:

$$\frac{\vartheta_R - \vartheta_A}{\vartheta_Z - \vartheta_R} = \frac{G \cdot c_p}{k_{a0} \cdot F} (= K).$$

Der letztere Ausdruck ist aber ein konstanter Wert (K), ebenso ist die Raumtemperatur gleichbleibend erwünscht.

Die Gleichung nach ϑ_Z aufgelöst lautet dann:

$$\vartheta_Z = \vartheta_R \frac{1+K}{K} - \frac{\vartheta_A}{K} \quad \text{°C.}$$

Es ist dies die Gleichung einer Geraden. Die Zulufttemperatur ist also linear abhängig von der Außentemperatur.

Die Abführung überflüssiger Wärme geschieht in gleicher Weise wie die Beheizung der Halle, jedoch in umgekehrtem Sinne, da die Zulufttemperatur unter der Raumlufttemperatur liegt. Diese Temperaturdifferenz darf nur wenige Grad ($< 10^\circ \text{C}$) betragen, weil sonst die Führung der Kaltluft nicht mehr zu beherrschen ist. Die Differenz wird in praktischen Fällen auch sehr klein sein, wenn die Hallenheizung nur mittels Luft erfolgt. Sind jedoch noch örtliche Heizkörper vorhanden, dann muß deren Wärmezufuhr in dem Augenblick der notwendigen Wärmeabführung eingestellt werden.

Aus vorstehenden Gründen ist ersichtlich, daß bei einer Hallenheizung und -lüftung eine gute Regelanlage erforderlich ist, wenn ein Überheizen und Zugserscheinungen vermieden werden sollen.

Die durch aufgestellte Maschinen der Ausstellungshalle zugeführte Strahlungs- und Konvektionswärme wird kaum einen größeren Betrag ausmachen. Abgase und Abdämpfe in der Halle mit ihren zum Teil erheblichen Wärmemengen dagegen sind anders zu bewerten.

Die zuvor angestellten Betrachtungen beziehen sich nur auf die Heizperiode. Im Sommer sind andere Umstände maßgebend, die nachstehend besprochen werden.

Bei einer höheren Außentemperatur kann die Lüftung die von den Besuchern erzeugte zusätzliche Wärme nicht mehr abführen. Diese Aufgabe könnte nur eine Klimaanlage bewältigen, doch sind deren Anlage- und Betriebskosten für große Hallen sehr hoch.

Ausnahmen sind eigentlich in unserem Klima nur für besondere Markt- und Lagerhallen (Südfrüchte, Fleisch, Fische) erforderlich. Diese sollen aber hier nicht behandelt werden.

Die Lüftungsanlage kann nur den Vorteil einer lebhafteren Luftbewegung in der Halle bringen und damit eine Annehmlichkeit für die Besucher sein. Zudem kann in den kühlen Morgenstunden die Halle ausgekühlt werden.

Zu entbehren ist die Lüftungsanlage im Sommer keineswegs, denn die meisten Sommertage haben Außenlufttemperaturen, die bei starker Hallenbesetzung niedriger sind als die Raumtemperatur (bei bedecktem Himmel ohne Einstrahlung auf das Gebäude).

2. Im Sommer.

Im Sommer, wenn also eine Wärmeabführung nur an günstigen Tagen möglich ist, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den Aufenthalt in der Halle zum mindesten nicht ungünstiger als im Freien zu gestalten.

Als Hauptübel ist an klaren, heißen Sommertagen die Sonneneinstrahlung zu betrachten. Dies zu vermindern ist durch bauliche Maßnahmen möglich. Wenn zugänglich, sind die Hallen in Ost-West-Richtung anzuordnen, da dann die Nordseite für die Sonnenbestrahlung fortfällt und in unseren Breitengraden die Südseite während des Sommers in den Mittagsstunden²⁾ nur streifend getroffen wird.

Die Fensterflächen mit Sonnenstrahlung erhalten zweckmäßigerweise Sonnenschutzvorrichtungen, die aber außerhalb des Raumes angebracht werden müssen, wenn sie wirksam sein sollen. Als eine einfache Maßnahme kann sich bei sachgemäßer Anordnung die Dachberieselung günstig auswirken. Gerade die Dachfläche, die im Hochsommer fast

²⁾ E. Brezina und W. Schmidt, Das künstliche Klima in der Umgebung des Menschen. Stuttgart 1937.

senkrechte Einstrahlung erhält, führt zu einer starken Erwärmung des Rauminnern. Temperaturen auf der Dachoberfläche von 60 bis 70° C³⁾ sind möglich. Die Anordnung einer Dämmschicht ist daher immer anzuraten, die auch für Winterverhältnisse nutzbringend ist.

Die Ausführung der Berieselung kann auf zweierlei Art erfolgen, entweder durch gleichmäßig zufließendes Wasser über der ganzen Dachfläche von der höchsten Stelle des Daches aus oder durch einzelne Zerstäuberdüsen, die auf der Dachfläche verteilt angeordnet werden.

Das kühle Wasser führt die innere Wärme des Raumes durch Konvektion ab, weiterhin kühlt sich die über das Wasser streichende Außenluft ab. (Wärmeübertragung von der Luft an das Wasser, sofern die Wassertemperatur unterhalb der Kühlgrenze der Luft liegt, in Abhängigkeit von der Berührungsfläche, der Luft- und Wassergeschwindigkeit und der Strömungsrichtung beider Stoffe.)

Bei Erwärmung des Kühlwassers über die Kühlgrenze der Luft wird Wärme durch Abkühlung des Wassers in die umgebende Luft übergeführt, sofern diese nicht gesättigt ist. Die dem Wasser durch die Verdunstung entzogene Wärmemenge wird der Dachhaut entnommen, jedoch hängt die Wirksamkeit von dem Unterschied der umgebenden Luft (die wiederum von Luftdruck und Temperatur abhängig ist) und der des gesättigten Wasserdampfes bei der Temperatur des Wassers ab.

Der Kühlwasserbedarf ist bei dieser Wärmeabführung nicht unerheblich und ist wirtschaftlich betrachtet nur zu verantworten, wenn durch ein eigenes Pumpwerk die hierzu nötige Wassermenge aufgebracht werden kann.

Die Entnahme des Wassers aus dem städtischen Leitungsnetz fällt im Sommer in die Spitzenverbrauchszeit und würde für die Stadt bei vielseitiger Anwendung dieser Kühlung erhebliche Pumpwerkvergrößerung bedingen, die aber nur kurzzeitig voll ausgenutzt wäre.

³⁾ E. Brezina und W. Schmidt, Das künstliche Klima in der Umgebung des Menschen, S. 58. Stuttgart 1937. — J. S. Cammerer, Die konstruktiven Grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes im Wohn- und Industriebau, S. 58. Berlin 1936.

3. Durch eine Klimaanlage,

Der folgende Abschnitt soll den Einbau einer Klimaanlage für die Kühlung im Sommer näher in Erwägung ziehen und einige Anhaltspunkte hierfür bringen.

Als Mindestanforderungen haben die Angaben in den VDI-Lüftungsregeln zu gelten, die die Eigenheit des menschlichen Körpers, bei verschiedenen Lufttemperaturen, falls diesen eine bestimmte Feuchtigkeit zugeordnet ist, sich anzupassen, berücksichtigen.

Die praktische Ausführung einer Klimaanlage ist in zwei Arten möglich.

1. Die unmittelbare Kühlung.

a) Die trockene Kühlung.

Kühlen der Luft mittels Kältemaschine (mechanisch angetriebene Verdichter oder Dampfstrahlkühler).

Kühlen der Luft durch indirekte Kühlwasserregister.

b) Die nasse Kühlung.

Durch direktes Befeuchten mit Kühlwasser oder Eis.

2. Die mittelbare Kühlung.

Indirektes Kühlen mittels hygroskopischer Stoffe.

Temperaturänderung durch Entfeuchten und nachfolgendes Befeuchten.

Die Bewertung einer Klimaanlage bei gleichem Kühlresultat hat nach Anlage- und Betriebskosten zu erfolgen, die aber für jede Anlage einer besonderen Durchrechnung⁴⁾ bedarf. Es lassen sich nur wenig allgemeine Schlüsse ziehen.

Für unsere klimatischen Verhältnisse und für den besonderen Fall einer Ausstellungshalle mit nur zeitweiliger Benutzung sind die Anlagekosten in erster Linie ausschlaggebend. Die Ausführung nach 1 a wird also stets hinsichtlich der Anlagekosten im Nachteil sein, erst bei einer größeren Betriebsstundenzahl kann die maschinelle Kühlung mit der Kühlung nach 1 b und 2 den Wettbewerb aufnehmen.⁵⁾ Eine Sonderstellung kann die Dampfstrahlkühlung (zumal die Kühltemperatur für Klimaanlagen nicht unter dem Gefrierpunkt zu liegen braucht) einnehmen, wenn Dampf im Sommer billig zur Verfügung steht, z. B. Abdampf eines in der Nähe liegenden Kraftwerkes, das auch im Winter die Heizwärme liefert.

⁴⁾ A. Kollmar und E. Leibfried, Vergleichende Berechnung einer Klimaanlage. *Haust. Rdsch.* Bd. 46 (1941) H. 1 u. 4.

⁵⁾ W. Koeninger, Die Klima-Anlage. *VDI-Zeitschr.* Bd. 77 (1933) S. 989-97.

Eine Entscheidung über den Einbau einer Klimaanlage ist also nur möglich, wenn die Benutzung der Ausstellungshalle hinreichend übersehen werden kann und die vorerwähnte Wirtschaftlichkeitsberechnung, die aber keineswegs rein geldmäßig zu betrachten ist, sondern einen gewissen hygienischen und kulturellen Wertfaktor einschließt, durchgeführt wurde.

B. Das Verhindern der Staubplage.

1. Entstehung des Staubes.

Die meisten Besucher von Industrieausstellungen führen berechtigte Klage über die starke Staubplage in den Hallen. Bevor man hier Vorkehrungen treffen will, muß die Ursache erkannt sein. Sofort zu erkennen ist die Staubentwicklung bei vorgeführten Arbeitsmaschinen für Oberflächenbehandlung, wie z. B. Werkzeugschleifmaschinen, Sandstrahlgebläse, Poliermaschinen u. a.

Etwas anderes aber ist es mit dem Staub, dessen Ursache dem Besucher nicht sofort erkenntlich ist und, wie in der Einleitung bereits bemerkt, von ihm selbst verursacht wird. Es bestehen hierfür zwei Möglichkeiten, erstens ein für Massenbesuch ungeeigneter Fußboden (Zementfußboden), der schmirgelnd auf die Schuhsohlen wirkt und damit Staub (Gesteins- und Lederstaub) bildet, zweitens der von den Besuchern an Schuhen und an den Kleidern hereingetragene Straßenstaub.

2. Vorkehrungen gegen die Staubentwicklung.

Das Verhindern der letzteren Staubursache ist in erster Linie eine bautechnische Aufgabe. Das Vermindern des Staubgehaltes ist die Aufgabe der Lüftungsanlage.

Die Ausführung eines staubbindenden Fußbodens ist keine Unmöglichkeit, sondern in erster Linie eine Geldfrage, da die Herstellungskosten eines solchen Fußbodens (Linoleum, Holz, Steinholz, Xylolithplatten) höher sind als die eines gewöhnlichen Zementfußbodens. Ferner ist die Pflege eines staubbindenden Fußbodens teurer als die eines anderen. Ausschlaggebend ist nun aber für die Wahl des Fußbodens nicht nur der Kostenbetrag der Herstellung, sondern auch die Geeignetheit für den Zweck der Halle.

Ein Holzfußboden ist als Unterlage für schwere Maschinen wegen der Wasser- und Ölabscheidungen bzw. der

Feuerung ungeeignet. Jedoch ist als Unterlage für die Aufstellung von Maschinen nicht unbedingt ein Zementfußboden erforderlich.

Die Besucher sind auf festgelegten Wegen, deren Belag staubbindend ist (Linoleum, Teppichbelag, jedoch keine Fasermatten), an die Ausstellungsobjekte heranzuführen. Der trotz aller Vorbeugungsmaßnahmen immer noch anfallende Staub ist durch sachgemäße Pflege des Fußbodens bzw. Säuberung zu beseitigen. Hierzu eignet sich am besten ein fahrbarer Staubsauger mit beweglichem Metallschlauch. Nach dem Absaugen ist der Boden aufzuwaschen und zu ölen.

Um zu verhindern, daß der an den Schuhen der Besucher haftende Straßenstaub in die Halle getragen wird, ist die nähere Umgebung des Halleneinganges mit Steinpflasterung zu versehen. Unmittelbar vor dem Eingang wird dann zweckmäßigerweise ein in der Zugangsrichtung einige Meter breiter Gitterrost eingelegt. Beim Überschreiten fällt der an den Schuhen haftende Staub in die unter dem Rost befindliche Grube und kann hier weggespült werden.

Um das Eindringen des aufgewirbelten Straßenstaubes in die Halle zu unterbinden, soll der Zugang zur Halle nicht unmittelbar, sondern durch eine Vorhalle, die eine Art Windfang darstellt, erfolgen. Der Fußboden der Vorhalle wird ebenfalls am besten mit Steinplatten belegt, die während einer besuchsarmen Zeit rasch aufgewaschen werden können. Vor den eigentlichen Eingangstüren zur Halle ist nach Möglichkeit noch ein schuhabstreifender Belag anzuordnen.

Allgemein gilt also für die Staubplage, daß Vorbeugen besser ist als nachträgliche Beseitigung.

Die Lüftungsanlage kann eine einmal vorhandene Staubplage nicht restlos beseitigen. Dies ist auch nicht der eigentliche Zweck der Lüftungsanlage. Trotzdem trägt sie zur Beseitigung bzw. Minderung der Staubplage dadurch bei, daß die staubgemengte Luft abgesaugt und entweder nur Frischluft oder aber durch Filterung gereinigte Luft wieder eingeblasen wird. Wichtig dabei ist naturgemäß, daß das Saalfilter einen genügend guten Entstaubungsgrad besitzt. Findet in der Halle keine Luftbewegung statt, so setzt sich der durch Türen und Fenster eindringende Staub auf dem Fußboden ab. Den unmittelbaren Staub auf dem Fußboden kann die Lüftungsanlage nicht beseitigen.

Aus der Notwendigkeit der Luftreinigung erkennt man auch, daß Einzelbelüftung durch die marktgängigen Wandluftapparate nicht besonders zu empfehlen ist, da hier die Luftreinigung fehlt.

C. Die Maßnahmen gegen luftverschlechternde Vorgänge.

1. Ausdünstungen der Menschen.

Daß in geschlossenen und voll besetzten Räumen die Luft durch die Ausdünstungen der Menschen unvorteilhaft verändert wird, ist allgemein bekannt. Abgesehen von der Ansteckungsgefahr, die besonders in den Übergangszeiten gegeben ist, hat die schlechte Luft im Raum besonders eine psychologische Wirkung auf die Neueintretenden.

Hier setzt nun die eigentliche Aufgabe der Lüftungsanlage ein. Die verbrauchte Luft ist abzuführen und durch gute Frischluft zu ersetzen. Umluftbetrieb mit Reinigung (Filterung) der Luft ist in diesem Falle ungeeignet, da durch die Filterung der Geruch nicht beseitigt wird. Geruchsstoffe sind in molekularer Verteilung in der Luft (also nicht nur Aerosole wie Staub), so daß auf mechanisch-physikalischem Wege keine Ausfällung möglich ist. Die Vernichtung des schlechten Geruchs durch chemische Zusätze oder physikalische Mittel (Ozonisieren) ist nur als eine Überdeckung des Geruchs durch ein stärkeres, angenehm wirkendes Geruchsmittel aufzufassen.

Ein Maßstab der Lufterneuerung zur Geruchsbeseitigung läßt sich rechnerisch nicht ohne weiteres aufstellen. Die Hautausdünstung der einzelnen Menschen ist verschieden. Jeder Mensch hat ein eigenes Hautklima, das durch Ernährung, Berufstätigkeit, Körperpflege, Kleidung, Geschlecht und Rasse bedingt ist. Mit den in den Lüftungsregeln angegebenen Mindestforderungen (als Frischluftzusatz) wird aber stets eine praktisch ausreichende Wirkung⁹⁾ zu erzielen sein.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß gegen Luftverschlechterung keine Vorkehrungen getroffen werden können, daß diese vielmehr erst mittels Lüftungsanlagen beseitigt werden kann.

⁹⁾ M. v. Pohl, Grundlagen der Luftbewetterung. Ges.-Ing. Bd. 61 (1938) S. 160.

2. Industrielle Luftverschlechterung.

Ein anderer Fall ist die Luftverschlechterung durch aufgestellte Maschinen. Allgemein sind drei Möglichkeiten der Luftverschlechterung durch Maschinen gegeben, und zwar 1. durch Staub, 2. durch Gase und Dämpfe und 3. durch Hitze.

Die Staub entwickelnden Maschinen sind bereits erwähnt worden. Zu den Gas und Dampf bildenden Maschinen zählen Dieselmotoren, Benzin- und Gasmotoren, Dampfmaschinen, Verbrennungsöfen, Glühöfen, Gasherde u. a. m. Die Gase und Dämpfe bildenden Maschinen entwickeln in den meisten Fällen gleichzeitig Hitze.

Eine wirksame Abhilfe kann hier nur durch unmittelbares Absaugen der Schlecht- oder Staubluft an der Entstehungsquelle erfolgen.

Maschinen mit Staubentwicklung sind also mit Absauganlagen zu versehen, d. h. es sind zweckmäßige Absaughauben anzuordnen. Die Staubluft wird durch Gebläse abgesaugt. Zu diesem Zweck ist die Aufstellung von Industrieabsauganlagen (Absaughauben, Absaugrohrleitung, Lüfter, Filter und Ausblaseleitung) erforderlich.

Bei geringem Staubanfall kann auf eine Überdachführung der Ausblaseleitung verzichtet werden. Die genügend gereinigte Luft kann dann dem Raum wieder zugeführt werden. Die technische Durchführbarkeit ist mittels fahrbaren Industriestaubsaugers gegeben.

Bei einem stets gleichbleibenden Aufstellplatz für derartige Maschinen kann eine feste Absauganlage örtlich vorgesehen werden. Die Absaugrohrleitung wäre in diesem Falle in den Fußboden zu legen, das Gebläse mit Filter entweder außerhalb der Halle oder unterkellert aufzustellen. Anschlußrohrstutzen mit beweglichem Metallschlauch und veränderlichem Mundstück (Haube) sind dann entsprechend der Maschine nach deren Aufstellung noch anzuschließen.

Für die Absaugung von Dämpfen und Gasen gilt sinngemäß das vorstehende, doch ist hier stets eine Überdachführung notwendig, da sie (mit Ausnahme von Wasserdampf) meist gesundheitsschädigend (Benzol, Trichloräthylen u. a.) und geruchbildend wirken.

Heiße Abgase lassen sich ohne besondere Absauggebläse durch Abgasrohre mit Unterbrecherhaube nach außen führen. Im Sommer ist dies aber insofern schwieriger, als

die Auftriebskraft wegen des geringen Temperaturunterschiedes zwischen Abgasen und Außenluft nur gering ist. Es dürfte sich daher empfehlen, mechanische Abführung von Gasen und Dämpfen anzuordnen. Erwähnt werden muß noch, daß bei großen Raumhöhen die Aufstellung von Maschinen und Apparaten, die mit Abluftrohrleitungen nach außen versehen sein müssen (mit oder ohne Lüfter), der anzuweisende Platz an der Außenfront sein soll zwecks Vermeidung der unschön wirkenden Schornsteine.

D. Lüftungstechnische Maßnahmen gegen Feuer- und Gesundheitsgefahr.

Mit der fortschreitenden Entwicklung der Technik wird auch das Ausstellungswesen an Bedeutung zunehmen, Gerade die Ausstellung ist in unterrichtender und übersichtlicher Weise nicht hoch genug einzuschätzen. Der Aufbau, die Güte und Arbeitsweise einer Maschine oder eines Werkstückes, die Bearbeitung, Oberflächenbeschaffenheit, Materialgüte usw. prägen sich bei dem ausgestellten Stück dem Gedächtnis besser ein als durch bildliche oder beschreibende Darstellung. Den derzeitigen Entwicklungsstand einer Maschine wie auch den gesamten Überblick über ein Spezialgebiet bringt die Ausstellung eindeutiger zum Ausdruck als das Schrifttum. Dem Spezialisten gibt das Konkurrenzfabrikat Anregungen, die zur Weiterentwicklung notwendig sind.

Mit dem vorstehenden soll zum Ausdruck gebracht werden, daß mit wachsendem Ausstellungswesen Maschinen oder chemische Apparate vorgeführt werden, die feuer- oder gesundheitsschädigende Gefahren mit sich bringen (Feuerluftöfen, Glühöfen, galvanische Bäder, Dieselmotoren usw.).

1. Feuerschutzmaßnahmen.

Für den Fall eines Feuerausbruches sind an der Lüftungsanlage Sicherungen anzuordnen, die verhindern, daß durch stetige Frischluftzufuhr das Anwachsen des Feuers gefördert oder aber durch Absaugen brennender Teile der Brand weitergetragen wird. Je nach der Feuergefährlichkeit der Ausstellungsstücke oder der Halle selbst sind die Schutzmaßnahmen zu treffen. Eine einfache Maßnahme ist der Einbau von selbstschließenden Klappen oder Schiebern in den Luftkanälen, Rohrleitungen und Aus- oder Eintritts-

öffnungen. Das Offenhalten geschieht durch eine Kette mit Sicherungstreifen (z. B. Zelluloidstreifen), der bei einer bestimmten Temperatur (80° C) schmilzt.

Eine hochwertige Anlage ist die elektrische Befehls-gabe, die durch die in der Nähe feuergefährlicher Stellen angebrachten, bei einer bestimmten Temperatur ansprechenden örtlichen Raumtemperaturfühler ausgelöst wird, und die die Antriebsmotore für abschließende Rohr- und Kanalleitungs-kappen in Gang bzw. die Lüfterantriebsmotore außer Gang setzt.

2. Gesundheitsschutzmaßnahmen.

Die gesundheitlichen Schutzmaßnahmen sind in dem vorhergehenden Abschnitt bereits behandelt worden (Absaugen von Staub, Gasen und Dämpfen). Zu erweitern wäre dies noch auf zerknallfähige Gemische, wie Elektronschleifstaub, Brenngas, Benzin- und Benzoldämpfe. Hier ist die erforderliche Absauganlage mit dem Antriebsmotor der Bearbeitungsmaschine, dem Handhebel der Betätigung (Absperrhahn) oder anderer Inbetriebnahme unmittelbar zu schalten.

Können diese zerknallfähigen Gemische nicht mit Sicherheit so ins Freie geführt werden, daß eine Selbstentzündung ausgeschlossen ist, dann sind entsprechende Niederschlags-vorrichtungen anzuordnen, wie beispielsweise Berieselung mit Wasser oder Niederschlagen auf Wasser in besonderem Abscheider bei Staubgemischen oder Absorption durch chemische Mittel bei Gasgemischen.

Für die Absaugerohrleitungen und Fliehkraftlüfter (Schaufelrad) sind funkenvermeidende Werkstoffe erforderlich (Aluminium, Silumin). In unmittelbarer Nähe sind Feuerlöschgeräte anzubringen und Handalarmvorrichtungen oder auch selbsttätige Alarmvorrichtungen anzuordnen. Der Einbau einer selbsttätig einsetzenden Feuerlöschanlage (Sprinkleranlage) ist zu erwägen.

III. Schrifttum und Tafeln.

A. Schrifttum.

Fachbücher und Zeitschriften.

1. H. Gröber, Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. 11. Aufl. Berlin 1938, Julius Springer.
2. L. Dietz, Ventilations- und Heizungsanlagen. München 1920, R. Oldenbourg.
3. F. Mode, Ventilatoranlagen. Leipzig 1931, W. de Gruyter.
4. L. Silberberg, Luftbehandlung in Industrie- und Gewerbebetrieben. Berlin 1932, Julius Springer.
5. E. Brezina und W. Schmidt, Das künstliche Klima. Stuttgart 1937, F. Enke.
6. K. R. Rybka, Klimatechnik. München 1937, R. Oldenbourg.
7. H. Kämper, M. Hottinger und W. v. Gonzenbach, Die Heiz- und Lüftungsanlagen in den verschiedenen Gebäudearten. Berlin 1940, Julius Springer.
8. M. Hottinger, Lüftungs- und Klimaanlageanlagen. Berlin 1940, Julius Springer.
9. Zeitschrift Haustechnische Rundschau. Halle a. S., Carl Marhold.
10. Zeitschrift Heizung und Lüftung. Berlin, VDI-Verlag.
11. Zeitschrift Gesundheits-Ingenieur. München, Verlag R. Oldenbourg.

Fachaufsätze.

1. E. Lübcke, Geräuschminderung in Lüftungsanlagen. Ges.-Ing. Bd. 60 (1937) S. 577.
2. J. Lindner, Bekämpfung der Geräuschausbreitung in Lüftungsanlagen. Z. techn. Physik (1932) H. 6.
3. E. Ziehl, Geräuschlos laufende Elektromotoren für Pumpen und Ventilatoren. Heizg. u. Lüftg. April 1933.
4. A. Himmel, Elektrische Antriebe für Heizungs- und Lüftungsmaschinen. Heizg. u. Lüftg. (1934) S. 118-212.
5. M. Lang, Theorie und Technik der selbsttätigen Regelung. Ges.-Ing. Bd. 58 (1935) S. 317.
6. W. Raß, Die Lüftung von Aufenthaltsräumen. VDI-Zeitschr. Bd. 81 (1937) S. 134.
7. F. Heinemann, Die heizungs- und lüftungstechnischen Einrichtungen der Frankfurter Großmarktanlagen. Haust. Rdsch. Bd. 34 (1929) H. 15.
8. O. Schmidt, Die wärme- und lüftungstechnischen Einrichtungen der Deutschlandhalle. Ges.-Ing. Bd. 59 (1936) S. 217.
9. F. Derig, Die Heizanlage des Münchner Flughafens (Luftheizung für große Hallenbauten). Ges.-Ing. Bd. 59 (1936) S. 556.

10. H. Vogt, Die Heizungs- und Lüftungsanlage der Markthalle in Karlsruhe i. B. Ges.-Ing. Bd. 59 (1936) S. 57.
11. Heizung und Lüftung der Brüsseler Ausstellungshallen. Ges.-Ing. Bd. 60 (1937) S. 30.
12. Die Lüftung des Deutschen Hauses auf der Weltausstellung Paris 1937. Ges.-Ing. Bd. 60 (1937) S. 655.
13. W. Spillhagen, Die Beheizung von Flugzeughallen. Ges.-Ing. Bd. 62 (1939) S. 61.
14. A. Schulze, Die Beheizung großer Hallen. Stahl u. Eisen Bd. 59 (1939) S. 685.
15. Heat. a. Vent. Bd. 37 (1940) Nr. 9 S. 24-58.
Die Zentralheizungsanlage des größten amerikanischen Heeresflugplatzes.
Bildbeschreibung der Dampfkessel- und Heizungsanlage des amerikanischen Heeresflugplatzes.
Die bauliche Ausführung der Heizungs- und Klimaanlage in den neuen großen Flugzeugwerken der Martin Co. in Middle River.
Luftheizungsanlage mit Ausnutzung des Abdampfes der Antriebsmaschinen der Luftkompressoren in der Flugmotorenfabrik Pratt & Whitney.
Luftheizungsanlage mit direkter Beheizung für die Werkstätten der Flugzeugwerke Stinson.
Das fensterlose Fabrikgebäude mit künstlicher Klimatisierung der Flugmotorenabteilung Allison der General Motors.
Warmluftheizung und Blaseventilatoren für die neuen Flugzeugwerke der Curtiss-Wright Co. in Buffalo.
16. A. Klein, Die Klimatisierung der Ausstellungsräume im Haus der deutschen Kunst. Ges.-Ing. Bd. 61 (1938) S. 553-57.
17. M. Willner, Die heiz- und lüftungstechnischen Anlagen im Führerbau der NSDAP. Ges.-Ing. Bd. 61 (1939) S. 535-42.

Richtlinien und Regeln.

1. Lüftungsgrundsätze, aufgestellt vom Fachausschuß für Lüftungstechnik des VDI. Berlin, VDI-Verlag.
2. Zwölf Lüftungsregeln, aufgestellt im Reichs- und Preussischen Arbeitsministerium.
3. VDI-Lüftungsregeln, herausgegeben vom VDI. Berlin, VDI-Verlag.
4. VDI-Richtlinien für die Lüftung von Arbeitsräumen in Gewerbe- und Fabrikbetrieben, aufgestellt vom Fachausschuß für Lüftungstechnik im VDI. Berlin, VDI-Verlag.
5. VDI-Richtlinien. Lüftung von großen Küchen, aufgestellt vom Fachausschuß für Lüftungstechnik im VDI. Berlin, VDI-Verlag.
6. Richtlinien für die Lärmabwehr in der Lüftungstechnik, herausgegeben vom VDI. Berlin, VDI-Verlag.

B. Tafeln.

Tafel 1.





Luftaustrittsgitter



*gegenseitig verschiebbares
Luftaustrittsgitter*



Luft Eintrittsgitter



*Gitter mit
Schlitzmuster*



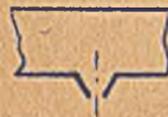
*Gitter mit
Lochung*



*Gitter mit
beliebigem Muster*



Anemostat



Düse

Tafel 2.



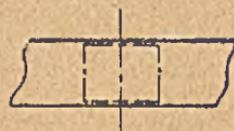
Luftaustrittsgeschwindigkeit
und Luftgittermaß



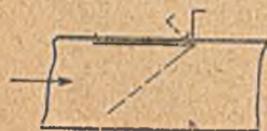
Jalousie (Grundriß)
fs - feststehend
vs - verstellbar



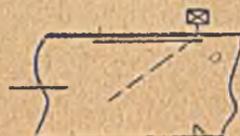
runder Querschnitt



rechteckiger Querschnitt



handbetätigte
Stellklappe



motorbetätigte
Stellklappe



Drasselklappe



Schieber



Flanschverbindung



Falzverbindung



Schweissverbindung



$\frac{500}{400} \quad 1000 \quad \frac{800}{900}$

Paßstück



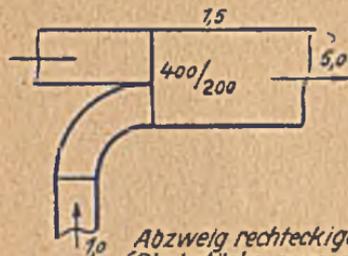
$500 \phi 1000 \quad \frac{800}{900}$

Paßstück

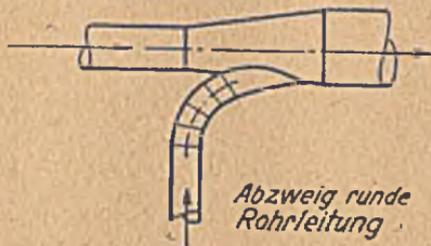


$\frac{500}{500} \quad 1000 \quad \frac{500}{400}$

Segeltuchverbindung



Abzweig rechteckiger Kanal
(Blechstärke angeschrieben)



Abzweig runde
Rohrleitung



Reinigungsöffnung

Tafel 3.



UF 1500/2000
motorbetätigtes-Umlauffilter
1500/2000 mm
Baumaß



ZF $\frac{3/16 \times 500/500}{2000/2000}$
Zellenfilter mit 16 Zellen
je 3 Platten 500/500 mm
Gesamtmaß 2000/2000 mm



SF $\frac{2/9 \times 500/500}{1000/1000}$
Schrägstromfilter 9 Zellen
je 2 Platten 500/500 mm
Gesamtmaß 1000/1000 mm



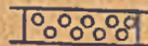
Industriestaubfilter
mit Stoffschläuchen
viereckiges Gehäuse



Industriestaubfilter
mit Taschen



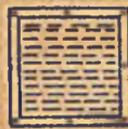
Industriestaubfilter
rundes Gehäuse



Luftheitzer
1 Element



Luftheitzer
2 Elemente



Luftheitzer
Draufsicht



direkt gekuppelt



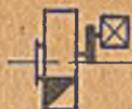
mit elastischer Kupplung



mit Keilriemen

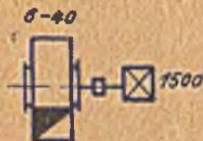


mit Zahnradvorgelege



*mit Riemen-
scheiben*

Fliehkraftlüfter



doppelseitig saugend
Mengen und Druckanzeige
6 m ³/s 40 mm WS
Umdrehungszahl 1500/min.



Weitere Fachbücher
über die Gebiete der Heizungs-,
Lüftungs- und Gesundheitstechnik

finden Sie in unserem !

VERLAGSVERZEICHNIS

das wir auf Anfordern
kostenlos abgeben

Carl Marhold Verlagsbuchhandlung

HALLE A. S.

Der Verlag der

„Haustechnischen Rundschau“

BG Politechniki Śląskiej

nr inw.: 102 - 126976



Dyr.1 126976