

Raum benutzen. Räume grösserer Tiefe wird man nicht von einer Seite aus mit frischer Luft versorgen können; vielmehr wird eine Zuführung von den beiden gegenüberliegenden Seiten nothwendig.

Der große Sitzungsaal des Reichstagsgebäudes in Berlin hat, bei einer Tiefe von 22 m, derartige einander gegenüberliegende Oeffnungen, welche etwa 9 m über den höchsten Sitzen der Abgeordneten sich befinden; die Abfaugung der Luft findet durch Oeffnungen statt, welche in den lothrechten Theilen des aufsteigenden Fußbodens sich befinden. Man sagte mir, daß eine Belästigung durch Zug nicht stattfindet, selbst wenn die einströmende Luft 3 bis 4 Grad kälter sei, als diejenige des Saales<sup>43)</sup>.

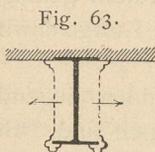


Fig. 63.

Eine noch bessere Vertheilung der Einströmungsöffnungen ist zu erreichen, indem man die lothrechten Wandungen kastenartig hergestellter Unterzüge (die eigentlichen Tragbalken sind dann aus Eisen zu fertigen) etc. als solche verwendet (Fig. 63). Man nähert sich dann mehr und mehr der im Allgemeinen besten Einführungsart, nämlich derjenigen von der Decke aus.

Was die Abströmungsöffnungen anbelangt, so wird man sie, so weit irgend möglich, über den Grundriß des in Frage kommenden Raumes vertheilen, um eine möglichst gleichförmige, also für jeden Ort möglichst geringe Luftgeschwindigkeit zu erhalten. Bei festen Plätzen der Insassen ist das immer zu erreichen. In Hörsälen, Sitzungsräumen, Theatern, Krankenhäusern (bei letzteren unter den Betten) sind un schwer geeignete Plätze für die Abführungsöffnungen zu finden. In Tanzsälen u. dergl. wird man sich mit feilich liegenden Abzugsöffnungen begnügen müssen; bei Wohnräumen kann man dasselbe Verfahren anwenden, theils weil dieselben nicht sehr groß sind, theils weil die in demselben sich aufhaltenden Menschen nur gering an Zahl sind.

Das Ergebnis der vorliegenden Erörterung ist sonach, daß regelmäsig die Eintrittsöffnungen oben, die Austrittsöffnungen in Fußbodenhöhe sich befinden müssen. Es ist das um so angenehmer, als eine und dieselbe Anordnung sowohl für den Winter, als auch für den Sommer gebraucht werden kann. Vielfach will man im Sommer die Luft in der Nähe der Decke abführen, weil sich hier die wärmere Luft befindet. Im geheizten Raume ist thatsächlich die Luft der höheren Schichten wärmer, als diejenigen der unteren Schichten; im ungeheizten Raume liegt kein Grund für einen derartigen Temperaturunterschied vor. Das Heizen oder Erwärmen der Luft findet nun, wie bekannt, nicht allein durch die eigentlichen Heizflächen, sondern auch durch die in dem betreffenden Raume lebenden Menschen und die Beleuchtungseinrichtungen statt. Man wird deshalb in einzelnen Fällen die Luftabführung im Sommer oben stattfinden lassen.

Es ist hier immer die Rede von der Abführung der Luft am Fußboden gewesen. Gleichzeitig wurde erwähnt, daß man für eine geeignete Vertheilung der Abzugsöffnungen zu sorgen habe. Hieraus kann man ohne Weiteres schließen, daß z. B. die Logen und Galerien der Theater, die Tribünen der Versammlungssäle etc. in der Nähe ihrer Fußböden besondere Abzugsöffnungen haben müssen; ich halte es für nothwendig, hierauf besonders aufmerksam zu machen<sup>44)</sup>.

### 3) Entnahmestellen für die frische Luft.

Die zufällige Lüftung läßt sich die Stellen, von wo aus die frische Luft entnommen werden soll, nicht vorschreiben.

<sup>43)</sup> Vergl. auch die am Schluss des 11. Kapitels aufgenommenen Beispiele ausgeführter Heizungs- u. Lüftungs-Anlagen (unter 2).

<sup>44)</sup> Vergl. übrigens: FERRINI, R. Technologie der Wärme etc. Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1878, S. 415 u. ff. — HUDELO. Die Eintritts- und Austrittsöffnungen der Luft bei der Ventilation. *Revue d'hyg.* 1879, S. 213.

116.  
Lage der  
Abströmungs-  
öffnungen.

117.  
Winter-  
u. Sommer-  
lüftung.

118.  
Entnahme  
der Luft.

Die künstliche Lüftung dagegen gestattet eine Auswahl der Schöpfstellen. Dieselben sollen sich selbstverständlich da befinden, wo auf möglichste Reinheit der Luft gerechnet werden kann. Wegen der Ausdünstungen der Erdoberfläche und auch, weil der Staub im Allgemeinen in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche stärker vertreten ist, als in einiger Höhe über derselben, entnimmt man die Luft gern wenigstens 0,5 bis 1<sup>m</sup> über der Erdoberfläche. In Rücksicht auf Staub sucht man die Luftschöpforte möglichst von verkehrsreichen Wegen entfernt zu halten oder doch an solche Plätze zu legen, die durch Gebüsch und dergleichen einigermaßen gegen Staub geschützt sind. Demnach sind Gärten für den vorliegenden Zweck beliebte Orte. Sauber gehaltene Höfe, die nicht begrenzt werden von Grundstücken mit rufenden Schornsteinen, sind jedoch ebenfalls zweckmäßige Entnahmestellen; in eng gebauten Städten dürften dieselben meistens als die besten bezeichnet werden müssen. Eben so bilden die Aufsflächen der Gebäude unter Umständen geeignete Orte zur Luftentnahme. Die vielfach geäußerte Ansicht, daß die Wandflächen, da sie (vermöge der zufälligen Lüftung) die verdorbene Luft der von ihnen umschlossenen Räume ausathmeten, als Luftentnahmestellen nicht zu gebrauchen seien, ist nur wenig begründet. Nur bei ruhiger Luft und wenn die in Rede stehenden Räume wärmer sind, als die freie Luft, ist ein solches Ausathmen verdorbener Luft an derjenigen Gebäudeseite möglich, an welcher frische Luft entnommen werden kann. Alsdann bewegt sich aber die ausgestoßene, wärmere Luft sofort nach oben und kann nur wenig schaden.

Vielfach wählt man die über dem Erdboden befindlichen Wandflächen der Kellergeschoße zur Unterbringung der Lufteintrittsöffnungen, wodurch, wenigstens in der Regel, eine weniger reine Luft gewonnen wird, als bei Benutzung der höher gelegenen Wandflächen. Jedoch muß man sich mit der Thatfache ausöhnen, wenn andere Entnahmeorte nicht zur Verfügung stehen. Schöpft man doch zuweilen die frische Luft über Dach, also an einem Orte, nach welchem die verdorbene Luft sowohl, als auch der Rauch ausgestoßen wird; findet doch in eng gebauten Städten an dieser Stelle, wo der Wind sich frei zu bewegen vermag, wo die Ergießung der Gase nicht gehemmt ist, die Verdünnung, bezw. Erfrischung der Luft fast ausschließlich statt.

Die richtige Wahl der Entnahmestellen kann nur nach örtlichen Verhältnissen getroffen werden und auf Grund der Erwägung, daß man von den verfügbaren Orten den besten auszufuchen hat.

### 3. Kapitel.

## Bewegung der Flüssigkeiten in Rohrleitungen und Canälen.

### a) Widerstände der Bewegung.

Der sog. Reibungswiderstand, hervorgerufen durch die Verschiebung der Flüssigkeit längs der Rohr- oder Canal-Wand und durch Verschiebungen im Inneren der bewegten Flüssigkeit, wird gemessen durch den Druck  $p$  (in Kilogr.) auf die Flächeneinheit des Rohr-, bezw. Canalquerschnittes  $q$  (in Quadr.-Met.). Derselbe steht in geradem Verhältniß zu dem Umfange  $u$  des von der Flüssigkeit erfüllten Querschnittes, zu der Länge  $l$  des Rohres und der Dichte  $\gamma$  (Gewicht pro 1 cbm in Kilogr.)

der Flüssigkeit. Die Abhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit  $v$  wird von verschiedenen Autoren verschieden angegeben. Ich bin der Ansicht, daß die *Prony-Redtenbacher'sche* Beziehung nicht allein genügend zutreffende Werthe liefert, sondern auch noch einigermaßen bequem zu benutzen ist, drücke dieselbe aber so aus, daß der zur Ueberwindung des Widerstandes erforderliche Druck  $p$  im geraden Verhältniß zu  $\left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} \frac{v^2}{2g}$  wächst.

Bezeichnet man einen durch Erfahrung festzustellenden Coefficienten mit  $\kappa$ , mit  $\gamma_0$  die Dichte der Flüssigkeit bei 0 Grad, mit  $\alpha$  die Ausdehnung derselben für 1 Grad Temperaturänderung und mit  $t$  die Temperatur der Flüssigkeit, so entsteht, unter dem Vorbehalt, daß die Spannung der Flüssigkeit sich nur sehr wenig ändert, bezw. durch die Spannungsänderung eine nennenswerthe Aenderung der Dichtigkeit nicht hervorgerufen wird, die Gleichung für den Reibungswiderstand:

$$pq = \kappa \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} l u \left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 56.$$

oder:

$$p = \kappa \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} l \frac{u}{q} \left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 57.$$

Die Erfahrungszahl  $\kappa$  schwankt zwischen 0,0003 und 0,001. Für Leuchtgas, Wasser etc., die in guten glattwandigen Rohren sich bewegen, darf man  $\kappa = 0,0003$  bis 0,0004, für Luft, welche in gemauerten Canälen fließt, je nach dem Zustande der Canalwände,  $\kappa = 0,0004$  bis 0,0007, für Rauch  $\kappa = 0,0006$  bis 0,001 setzen. Hierbei muß noch bemerkt werden, daß außer der Glätte der Wandflächen auch die Luftdurchlässigkeit gemauerter Canalwände die Bewegung der Luft und des Rauches beeinträchtigt. Richtiger würde man diesen Einfluß besonders berechnen; in Ermangelung genügenden Anhaltes für diese Berechnung schliesse ich, dem Gebrauch gemäß, den Einfluß der Luftdurchlässigkeit in die Größe  $\kappa$  für Rauch und Luft ein und bemerke hierzu, daß derselbe sich besonders fühlbar macht bei freistehenden Schornsteinen, aber auch bei mit dünnen Wänden ausgestatteten Luftleitungscanälen.

Für große Werthe von  $v$  verschwindet der Quotient  $\frac{1}{v}$  gegen 20, für sehr kleine Geschwindigkeiten dagegen 20 gegen  $\frac{1}{v}$ , so daß für diese Sonderfälle die Gleichung, welche den Reibungswiderstand ausdrückt, in die einfacheren übergeführt werden kann:

$$p = 20 \kappa \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} l \frac{u}{q} \frac{v^2}{2g}, \dots \dots \dots 57a.$$

$$\text{bezw. } p = \frac{\kappa}{2g} \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} l \frac{u}{q} v. \dots \dots \dots 57b.$$

Der Widerstand, welcher eine rechtwinkliche Ablenkung der Bewegungsrichtung verursacht, kann ausgedrückt werden durch

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 58.$$

Richtungsänderungen, welche bewegte Flüssigkeiten in gut gerundeten rechtwinklichen Canal- oder Rohrknieen erfahren, verursachen einen geringeren Widerstand, nämlich etwa

$$p = (0,3 \text{ bis } 0,5) \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 59.$$

120.  
Richtungs-  
u. Querschnitts-  
änderungen.

Querschnittsveränderungen verursachen, abgesehen von dem entstehenden, bzw. hervorzubringenden anderen  $v$ , ebenfalls Bewegungshindernisse. Man wird dieselben möglichst zu vermeiden und in unvermeidlichen Fällen möglichst sanfte Uebergänge zu schaffen suchen. Alsdann können die entstehenden Widerstände vernachlässigt werden. In einigen unvermeidlichen Fällen muß man jedoch auf einen entsprechenden Widerstand Rücksicht nehmen. So bei geöffneten Ventilen, bei welchen der Widerstand:

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} (0,5 \text{ bis } 1) \frac{v^2}{2g}; \quad \dots \dots \dots 60.$$

bei geöffneten Hähnen, bei welchen derselbe:

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} (0,1 \text{ bis } 0,3) \frac{v^2}{2g} \quad \dots \dots \dots 61.$$

ist, und bei Vergitterungen, die einen Widerstand erzeugen:

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} (0,8 \text{ bis } 1,3) \frac{v^2}{2g}, \quad \dots \dots \dots 62.$$

so fern die Querschnitte keine gröfsere, als die Geschwindigkeit  $v$  verlangen.

Bedeutende Querschnittserweiterungen, wie dieselben z. B. bei Eintritt des Wassers in Heizkörper, bei Eintritt der Luft in die Zimmer etc. eintreten, finden dadurch gebührende Berücksichtigung, daß man die der Flüssigkeit bisher eigene Geschwindigkeit als verloren gehend betrachtet.

Endlich ist der Druck zu berücksichtigen, welcher die Geschwindigkeit  $v$  überhaupt hervorruft; derselbe ist oft in ein und derselben Leitung wegen bedeutender Querschnittserweiterungen mehrere Male in Ansatz zu bringen. Der betreffende Druck hat die Gröfse

121.  
Erzeugung  
der  
Geschwindigkeit.

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} 1 \frac{v^2}{2g} \quad \dots \dots \dots 63.$$

Bezeichnet man mit  $\xi$  die Factoren der Gleichungen 58. bis 63., welche mit  $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{v^2}{2g}$  multiplicirt die einzelnen Widerstände  $p$  geben, so ist der Gesamtwiderstand zwischen zwei Punkten der Leitung auszudrücken durch:

122.  
Gesamtwiderstand.

$$p_1 - p_2 = \Sigma p = \left[ \kappa l \frac{u}{q} \left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} + \Sigma \xi \right] \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{v^2}{2g} \quad \dots \dots 64.$$

Man mißt die Pressung der eingeschlossnen Flüssigkeit, indem man durch die Wand des Rohres oder des Canales  $A$  (Fig. 64) ein U-förmig gebogenes, an beiden Enden offenes Rohr  $B$  steckt, welches eine genügend schwere Flüssigkeit enthält. Der lothrechte Abstand der beiden Flüssigkeitsspiegel in  $B$  stellt den Druckunterschied dar, welcher zwischen dem Inneren des Rohres  $A$  und seiner Umgebung herrscht. Verwendet man für die Flüssigkeit des U-förmigen Rohres  $B$  Wasser, so entspricht 1 mm des Flüssigkeitsspiegel-Abstandes  $z$  genau genug 1 kg Druckunterschied für 1 qm Fläche, da eine Wasserplatte von 1 qm Gröfse und 1 mm Dicke 1 l mißt und im Zustande größter Dichte 1 kg wiegt. Verwendet man in dem Rohr  $B$  Quecksilber, so entspricht jedes Millimeter des Flüssigkeitsspiegel-Abstandes 13,6 kg Druckunterschied pro 1 qm.

b) Einfluss der Verschiedenheit der Gewichte geleiteter Flüssigkeiten.

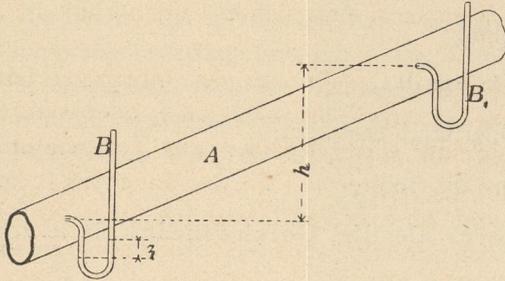
Der vorhin genannte Druckunterschied ist in verschiedenen Höhenlagen (abgesehen von den eigentlichen Bewegungshindernissen) verschieden, sobald die Flüssig-

123.  
Einfluss v. Ge-  
wichtsverschie-  
denheiten.

keit, welche die Rohrleitung oder den Canal füllt, schwerer oder leichter ist, als die auf den freien Schenkel des Druckmefserrohres drückende Flüssigkeit, also die atmosphärische Luft.

Heifse die Höhe, um welche zwei Druckmefser  $B$  und  $B_1$  (Fig. 64) von einander entfernt sind,  $h$ , das Gewicht pro 1 cbm der in  $A$  geleiteten Flüssigkeit  $\Gamma$ , das Gewicht pro 1 cbm der umgebenden Luft  $\gamma$ , so wirkt, wenn bei  $B_1$  im Inneren des Rohres  $A$  der Druck  $P$  herrscht, auf den mit  $A$  verbundenen Schenkel des Druckmefers  $B$  der Druck  $P + h\Gamma$ ; dagegen, wenn der Druck auf den freien Schenkel des Druckmefers  $B_1 = p$  ist, auf den freien Schenkel des Druckmefers  $B$  der Druck  $p + \gamma h$ . Der Unterschied der Druckunterschiede ist sonach

Fig. 64.



$$\{ (P + h\Gamma) - (p + \gamma h) \} - \{ P - p \} = \mathfrak{P}$$

$$\text{oder} \quad \mathfrak{P} = h \{ \Gamma - \gamma \} \quad \dots \quad 65_a.$$

Befstehe z. B. die geleitete Flüssigkeit aus Leuchtgas von 0,6 kg Gewicht pro 1 cbm, während 1 cbm der umgebenden Luft das Einheitsgewicht 1,2 kg habe, so wird für  $h = 1 \text{ m}$ :

$$\mathfrak{P} = 1 (0,6 - 1,2) = -0,6 \text{ kg,}$$

d. h. der Druck in der Rohrleitung vermindert sich dem Aufsendrucke gegenüber für jedes Meter geringerer Höhenlage um 0,6 kg.

Man wird deshalb von dem den Bewegungswiderstand darstellenden Druck einen entsprechenden Betrag abziehen, wenn die Bewegung in der Leitung nach oben gerichtet ist, dagegen den Ausdruck für die Bewegungswiderstände um die in Frage kommende Gröfse vermehren, sobald die leichtere Flüssigkeit nach unten fließt.

124.  
Auftrieb.

Ein Gleiches ist natürlich der Fall, wenn zwar eine gleichartige Flüssigkeit, also z. B. Luft, in und ausserhalb des Rohres  $A$  (Fig. 64) sich befindet, wenn sie jedoch verschiedene Temperaturen hat. Bezeichnet noch  $t$  die Temperatur der freien,  $t_1$  diejenige der in  $A$  eingeschlossenen Luft,  $\gamma_0$  das Gewicht von 1 cbm Luft bei 0 Grad und  $\alpha = 0,00366$  die Ausdehnung derselben für 1 Grad, so sind die Gewichte der Luftfäulen zwischen  $B_1$  und  $B$  für 1 qm Grundfläche:  $\frac{h \gamma_0}{1 + \alpha t}$ , bzw.  $\frac{h \gamma_0}{1 + \alpha t_1}$ , somit der Unterschied des Ueberdruckes zwischen  $B_1$  und  $B$

$$p_1 - p = h \left\{ \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1} \right\}, \quad \dots \quad 65.$$

welcher Druckunterschied der Auftrieb des Höhentheiles  $h$  genannt wird und in erwähnter Weise von der die Bewegungswiderstände ausdrückenden Gröfse abzuziehen oder ihr hinzuzuzählen ist.

Hierbei kann offenbar der Fall eintreten, dass der Auftrieb die Bewegungswiderstände ganz aufhebt.

c) Einfluss der Wärmeleitung der Canal-, bzw. Rohrwände.

125.  
Einfluss  
d. Temperatur-  
änderungen.

Die soeben besprochene Beeinflussung der Flüssigkeitsbewegung ist nicht allein von Bedeutung, wenn die geleitete Luft überhaupt eine andere Temperatur hat, als die freie Luft, sondern selbstverständlich auch, wenn die Temperatur in der Leitung sich ändert, sei es durch Wärmezufuhr oder Wärmeabfuhr.

Eine Verminderung der Temperatur des aufsteigenden Stromes, wie eine Vergrößerung der Temperatur im absteigenden Strome haben eine Hemmung der Bewegung, das Umgekehrte eine Förderung der Bewegung zur Folge. Angesichts des meistens unregelmäßigen Verlaufs der Canäle ist eine analytische Behandlung des in Rede stehenden Einflusses nur in besonderen Fällen gerathen. Meistens sucht man derartige Temperaturänderungen möglichst zu verhüten (durch Lage der Canäle und Rohrleitungen, gröfsere Wandstärken, Umhüllungen etc.) und vernachlässigt sie alsdann. Ist man nicht im Stande, die Temperaturänderungen in genügendem Mafse zu verhindern, so wird aus dem mittleren Temperaturunterschied (vergl. Formel 39.) die Aenderung besonders berechnet.

Nicht zu berechnen sind die Wirkungen des Auftriebes bei Inbetriebsetzung der Leitungen. Alsdann sind die Wände der Leitungen entweder kälter oder wärmer, als die zu leitende Flüssigkeit; ein Zufall könnte eine Gleichheit der Temperaturen hervorbringen. Ich will hier nur die Vorgänge besprechen, die bei Inbetriebsetzung von Luft- und Rauchleitungen eintreten und oft von recht unangenehmen Folgen sind. Die Anordnung eines Canalnetzes sei derartig, dafs der Auftrieb allein die Bewegung hervorzubringen und zu erhalten hat; die Canäle seien kälter, als die Luft oder der Rauch. Alsdann kühlt sich die Luft ab und bringt einen dem entsprechend geringeren Auftrieb hervor. Die Widerstände sind (im Grofsen und Ganzen) dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional; somit ist der geringe Auftrieb im Stande, eine geringe Bewegung zu erzeugen, vermöge welcher mehr und mehr warme Luft dem Canalnetz zugeführt wird, also dieses mehr und mehr auf diejenige Temperatur erwärmt wird, die dem Beharrungszustande entspricht. Nach der Inbetriebsetzung verstreicht somit eine gewisse Zeit, die oft recht lang ist, bevor der Beharrungszustand eintritt. Bei der gegebenen Auseinandersetzung wurde angenommen, dafs die Canalwände nicht kälter seien, als die freie Luft. In Folge des Temperaturwechsels, oft schon des regelmässigen, der zwischen Tag und Nacht stattfindet, kann nun der Fall eintreten, dafs die Canalwände kälter sind, als die freie Luft. Die Folge hiervon ist, dafs die in den Canälen befindliche Luft kälter als diejenige des Freien ist, so dafs ein fog. verkehrter Auftrieb eintritt, der, wenn die Mündungen der Canäle freigelegt werden, also die Inbetriebsetzung der Anlage erfolgen soll, die Luft in den steigenden Theilen des Canales nach unten drückt, d. h. die der beabsichtigten entgegengesetzte Bewegung hervorbringt. Die gewünschte Bewegungsrichtung ist alsdann nur nach einem entgegengesetzten Temperaturwechsel der freien Luft möglich.

Das weifs Jeder, welcher versuchte, am Tage einen Schornstein in Betrieb zu setzen, welcher mehrere Tage lang nicht benutzt wurde; das müssen unsere Hausfrauen erfahren, wenn sie nach kühlen Nächten erst am späten Vormittag während warmen Sonnenscheines das Küchenfeuer entzünden lassen. Im Volksmunde sagt man: »Die Sonne drückt den Rauch im Schornstein herab«. Versucht man dasselbe am kühlen Abend nach einem warmen Tage, so gelingt die Inbetriebsetzung spielend. Damit ist angedeutet, was für Mittel gegen den genannten Uebelstand anzuwenden sind: neue Schornsteine oder solche, welche selten benutzt werden, aber eine solche Lage haben, dafs sie sich erheblich abzukühlen vermögen (z. B. die Schornsteine der Kirchen), setze man regelmässig am Abend in Betrieb; andere nicht dauernd benutzte Schornsteine schütze man gegen Wärmeverluste, so dafs ihre Wandungen bei erneuter Inbetriebsetzung von der vorigen Benutzung noch genügende Wärme enthalten.

Immer ist nöthig, so fern man auf eine rasche Inbetriebsetzung Werth legt, den nach dem Beharrungszustande berechneten Mafsen einen Zuschlag zu geben.

Die der Temperaturänderung entsprechende Raumänderung vernachlässigt man bei Wasser in so weit, wie die Geschwindigkeit durch dieselbe beeinflusst wird. Bei

126.  
Inbetrieb-  
setzung der  
Leitungen.

127.  
Wasser- u.  
Luftleitungen.

Luftleitungen setzt man häufig die Geschwindigkeit  $v$  als mit der Temperatur veränderlich ein, wie weiter unten geschehen wird, rechnet aber häufiger mit demjenigen  $v$ , welches der mittleren Temperatur entspricht.

128.  
Dampf-  
leitungen.

Zur Berechnung der Dampfleitungen ist der Raum, welchen der Dampf an jedem Orte der Leitung einnimmt, bzw. die diesem entsprechende Geschwindigkeit, wegen der stattfindenden theilweisen Verdichtung des Dampfes, unbedingt in Rechnung zu ziehen. Es sei  $Q$  die stündlich an den Ort des Verbrauchs zu fördernde Dampfmenge (in Kilogr.);  $p$  die Spannung des Dampfes (in Kilogr.) für 1 qm, und zwar  $p_1$  diejenige am Anfange,  $p_2$  diejenige am Ende der Leitung;  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm Dampf;  $v$  die secundliche Geschwindigkeit des Dampfes (in Met.), und zwar  $v_1$  diejenige am Anfange,  $v_2$  diejenige am Ende der Leitung;  $l$  die Länge der Leitung (in Met.);  $x$  ein Theil derselben;  $D$  die Weite derselben (in Met.);  $\delta$  die doppelte Wandstärke des Rohres, nach Umständen vermehrt um die einfache Dicke der Umhüllung derselben.

Sodann ist der Widerstand, welcher in einer  $dx$  Meter langen Rohrleitung auftritt, nach 57.:

$$dp = \kappa \gamma \frac{D \pi}{D^2 \frac{\pi}{4}} \left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} \frac{v^2}{2g} dx \dots \dots \dots 66.$$

In dieser Gleichung ist  $\kappa = 0,00036$  zu setzen und kann der Ausdruck  $\frac{1}{v}$  gegen 20 vernachlässigt werden, da  $v$  selten unter 10 m genommen wird. Alsdann erhält man die einfachere Gleichung

$$dp = 0,0015 \gamma \frac{dx}{D} v^2 \dots \dots \dots 67.$$

Es ist sowohl  $v$  als auch  $\gamma$  veränderlich; letzteres, weil die Spannung  $p$  des Dampfes wegen des Reibungswiderstandes von dem Endpunkte der Leitung ab zunimmt, also  $p_1$  grösser sein muß als  $p_2$ ; ersteres, weil eine gewisse Dampfmenge, unvermeidlicher Wärmeverluste halber, verdichtet wird, somit die Menge des Dampfes ebenfalls von dem Endpunkte der Leitung ab wächst. Das Gewicht pro 1 cbm Dampf, also  $\gamma$ , ist nach der Navier'schen Näherungsformel:

$$\gamma = \frac{o + p}{n}, \dots \dots \dots 68.$$

worin die Erfahrungszahlen  $o$  und  $n$  folgende GröÙe haben:

$$\left. \begin{array}{l} \text{für } p < 36\,000 \text{ ist } n = 19\,995; o = 1200 \\ \text{» } p > 36\,000 \text{ » } n = 21\,224; o = 3000 \end{array} \right\} \dots \dots \dots 69.$$

Der Wärmeverlust des Dampfes ist abhängig von der Art der Rohrwandung, dem Temperaturunterschied, welcher zwischen dem Dampf und der Umgebung des Rohres herrscht, und dem Bewegungszustande der umgebenden Luft. Die zuletzt genannten beiden Einflüsse sind nicht allgemein zu verfolgen, indem die betreffende Dampfleitung gewöhnlich durch verschiedene Räume mit wechselnden Lufttemperaturen geführt wird; es mag deshalb nur die Art der Rohrwandung berücksichtigt werden. So fern bestimmte Zustände der umgebenden Luft bekannt sind, wird man dieselben durch Wahl der in dem Folgenden näher bezeichneten Coefficienten  $K$  gebührend in Rechnung stellen.

Die Rohrwandungen werden ausschliesslich aus Metall hergestellt und sind verhältnismässig dünn, weshalb man, ohne einen erheblichen Fehler zu machen, den

Wärmeverlust im geraden Verhältniß zu der Rohraußenfläche setzen kann, so dafs, bei nackten Rohren jedes Längenmeter des Rohres stündlich  $(D + \delta) \pi (T - t) k$  Wärmeeinheiten verliert, wenn  $\frac{\delta}{2}$  die Wanddicke des Rohres,  $T - t$  den mehr erwähnten Temperaturunterschied und  $k$  die Zahl der Wärmeeinheiten bezeichnet, welche stündlich für 1 Grad Temperaturunterschied und durch 1 qm Fläche überführt wird.

Meistens werden die Rohre eingehüllt, um den Wärmeverlust zu vermindern. Alsdann dürfte der Wärmeverlust derjenigen Fläche proportional sein, welche in der Mitte zwischen der äufseren und inneren Fläche der Hülle sich befindet; der vorhin gegebene Ausdruck ist somit auch für diesen Fall zutreffend, wenn  $\frac{\delta}{2}$  gleich der Wanddicke des Metalles, vermehrt um die halbe Wanddicke der Hülle gesetzt wird.

Die Wärmemenge, welche bei Verdichtung von 1 kg Dampf frei wird, bezw. welche verloren gehen mufs, um 1 kg Dampf in Wasser zu verwandeln, schwankt (für Dampf, dessen Spannung 10 000 bis 50 000 kg für 1 qm, oder dessen Ueberdruck etwa 0 bis 4 Atm. beträgt) nur zwischen 537 und 502 Wärmeeinheiten. Daher dürfte es für den vorliegenden Zweck genügen, für jedes Kilogramm Dampf 520 Wärmeeinheiten in Rechnung zu stellen. Es ist somit die von 1 m Rohrlänge stündlich verdichtete Dampfmenge (in Kilogr. ausgedrückt):

$$\frac{(D + \delta) \pi (T - t) k}{520} = (D + \delta) K, \quad \dots \dots \dots 70.$$

in welcher Gleichung  $K$  einen für den einzelnen Fall zu bestimmenden Coefficienten bezeichnet.

Am Ende der Leitung sollen  $Q$  Kilogr. Dampf zur Verfügung stehen; somit mufs einen Rohrquerschnitt, welcher um  $x$  Meter von dem Ende der Leitung entfernt ist, die Dampfmenge

$$Q + (D + \delta) K x$$

durchströmen, so dafs die in diesem Querschnitt herrschende Geschwindigkeit  $v$  auszudrücken ist durch:

$$v = \frac{4}{D^2 \pi} \frac{Q + (D + \delta) K x}{3600} \frac{n}{o + p}, \quad \dots \dots \dots 71.$$

und der Reibungswiderstand, welcher an dieser Stelle eine Rohrlänge  $dx$  verurfacht, nach den Gleichungen 67. und 68.

$$dp = 0,0015 \frac{o + p}{n} \frac{1}{D} \frac{4^2}{D^4 \pi^2} \left\{ \frac{Q + (D + \delta) K x}{3600} \right\}^2 \left( \frac{n}{o + p} \right)^2 dx \quad \dots \dots 72.$$

Es sei nun für kurze Zeit

$$\frac{0,0015 \cdot 4^2}{3600^2 \pi^2} = \mathfrak{A}; \quad \dots \dots \dots 73.$$

dann erhält man aus Gleichung 72. nach wenigen Umänderungen:

$$(o + p) dp = n \frac{\mathfrak{A}}{D^5} \left\{ Q + (D + \delta) K x \right\}^2 dx \quad \dots \dots \dots 74.$$

und durch Integriren beider Seiten:

$$\frac{(o + p)^2}{2} = n \frac{\mathfrak{A}}{D^5} \frac{\left\{ Q + (D + \delta) K x \right\}^2}{3(D + \delta) K} + Const. \quad \dots \dots 75.$$

Für  $p = p_1$  ist  $x = l$ ; für  $p = p_2$  ist  $x = o$ , fonach

$$o^2 + 2 o p_1 + p_1^2 = \frac{2 n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3(D + \delta) K} \left\{ Q^2 + 3 Q^2 (D + \delta) K l + 3 Q (D + \delta)^2 K^2 l^2 + (D + \delta)^3 K^3 l^3 \right\} + Const. \quad \dots \dots \dots 76.$$

$$o^2 + 2op_2 + p_2^2 = \frac{2n\mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3(D+\delta)K} \{Q^3\} + Const. \quad 77.$$

Durch Abziehen der Gleichung 77. von 76. verschwindet die unbekannte Constante und entsteht die folgende Gleichung:

$$p_1^2 + 2op_1 - p_2^2 - 2op_2 = \frac{2n\mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3(D+\delta)K} \{3Q^2(D+\delta)Kl + 3Q(D+\delta)^2 K^2 l^2 + (D+\delta)^3 K^3 l^3\} \quad 78.$$

oder, nach entsprechender Umformung,

$$p_1^2 + 2op_1 - p_2^2 - 2op_2 - \frac{2n\mathfrak{A}l}{3D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D+\delta)Kl](D+\delta)Kl\} = 0$$

und

$$p_1 = -o \pm \sqrt{o^2 + 2op_2 + p_2^2 + \frac{2n\mathfrak{A}l}{3D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D+\delta)Kl](D+\delta)Kl\}} \quad 79.$$

In dieser Gleichung gilt zweifellos das + Zeichen vor der Wurzel; nach Einsetzen des Werthes für  $\mathfrak{A}$  aus Gleichung 73. und einigen Umformungen wird sie zu der anderen

$$p_1 = \sqrt{(o + p_2)^2 + \frac{20,0015 \cdot 4^2 n l}{33\,600^2 \pi^2 D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D+\delta)Kl](D+\delta)Kl\} - o} \quad 80.$$

Hieraus gewinnt man, nach Einsetzen der Werthe von  $n$  und  $o$  aus 69, für:

$p_1$  und  $p_2 < 36\,000$ :

$$p_1 = \sqrt{(1200 + p_2)^2 + \frac{l}{400\,000 D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D+\delta)Kl](D+\delta)Kl\} - 1200} \quad 81.$$

$p_1$  und  $p_2 > 36\,000$ :

$$p_1 = \sqrt{(3000 + p_2)^2 + \frac{l}{37\,600 D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D+\delta)Kl](D+\delta)Kl\} - 3000} \quad 82.$$

Was den Werth  $K = \frac{\pi(T-t)k}{520}$  anbelangt, so darf man denselben im Allgemeinen für nackte Rohre = 10, für eingehüllte Rohre = 2 setzen.

Beispielsweise sei:

für nackte Rohre mit  $D = 0,05$  m und mehr (Gusseisen) . . .  $\delta = 0,009 \cdot 2 = 0,018$  m  
 » » mit  $D = 0,044$  und weniger (Schmiedeeisen)  $\delta = 0,008 \cdot 2 = 0,006$  m  
 » eingehüllte » mit  $D = 0,05$  m und mehr . . .  $\delta = 0,009 \cdot 2 + 0,03 = 0,048$  m  
 » » mit  $D = 0,044$  m und weniger . . .  $\delta = 0,008 \cdot 2 + 0,03 = 0,036$  m;  
 es sei ferner  $Q$  am Ende einer  $l = 100$  m langen Rohrleitung bei größtem Dampfbedarf = 120 kg, bei durchschnittlichem Dampfbedarf = 30 kg, so giebt die Formel 81. folgende Werthe:

a) Nackte Rohre,  $l = 100$  m.

$D$	$Kl(D+\delta)$	$\frac{Kl(D+\delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
0,025	31	0,26	120	12 000	38 600	26 600	43,6	102,9
0,031	37	0,31	120	»	24 800	12 800	44,4	66,9
0,037	43	0,36	120	»	18 600	6 600	42,5	47,1
0,044	50	0,42	120	»	15 200	3 200	37,8	33,2
0,050	68	0,57	120	»	14 000	2 000	35,0	25,7
0,060	78	0,65	120	»	13 000	1 000	27,4	17,8
0,070	88	0,73	120	»	12 460	460	21,7	13,1
0,080	98	0,82	120	»	12 250	250	17,9	10,0
0,090	108	0,90	120	»	12 215	150	14,9	7,9
0,100	118	0,98	120	»	12 090	90	12,7	6,4

$\beta)$  Nackte Rohre,  $l = 100 \text{ m.}$ 

$D$	$Kl (D + \delta)$	$\frac{Kl (D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
0,025	31	1,03	30	10 800	17 600	6 800	36,7	28,28
0,031	37	1,23	30	»	13 200	2 400	34,2	18,40
0,037	43	1,43	30	»	12 000	1 200	28,5	12,91
0,044	50	1,66	30	»	11 400	600	23,2	9,13
0,050	68	2,26	30	»	11 240	440	22,29	7,07
0,060	78	2,60	30	»	11 040	240	17,33	4,91
0,070	88	2,93	30	»	10 913	113	14,06	3,61
0,080	98	3,26	30	»	10 867	67	11,79	2,76
0,090	108	3,60	30	»	10 842	42	10,04	2,18
0,100	118	3,93	30	»	10 828	28	6,59	1,77

 $\gamma)$  Gut umkleidete Rohre,  $l = 100 \text{ m.}$ 

$D$	$Kl (D + \delta)$	$\frac{Kl (D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
0,025	12,2	0,10	120	12 000	36 100	24 100	40,11	102,9
0,031	13,4	0,11	120	»	23 400	11 400	39,92	66,9
0,037	14,6	0,12	120	»	17 300	5 300	37,60	47,1
0,044	16,0	0,13	120	»	14 600	2 600	31,52	33,2
0,050	19,6	0,16	120	»	13 450	1 450	25,16	25,7
0,060	21,6	0,18	120	»	12 610	610	20,15	17,8
0,070	23,6	0,20	120	»	12 290	290	15,37	13,1
0,080	25,6	0,21	120	»	12 150	150	12,05	10,0
0,090	27,6	0,23	120	»	12 090	90	9,70	7,9
0,100	29,6	0,24	120	»	12 040	40	8,00	6,4

 $\delta)$  Gut umkleidete Rohre,  $l = 100 \text{ m.}$ 

$D$	$Kl (D + \delta)$	$\frac{Kl (D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
0,025	12,2	0,41	30	10 800	14 400	3 600	30,61	28,28
0,031	13,4	0,44	»	»	12 200	1 400	23,84	18,40
0,037	14,6	0,48	»	»	11 400	600	18,29	12,91
0,044	16,0	0,53	»	»	11 070	270	13,69	9,13
0,050	19,6	0,65	»	»	10 960	160	11,54	7,07
0,060	21,6	0,72	»	»	10 870	70	8,40	4,91
0,070	23,6	0,79	»	»	10 833	33	6,45	3,61
0,080	25,6	0,85	»	»	10 818	18	5,12	2,76
0,090	27,6	0,92	»	»	10 810	10	4,14	2,18
0,100	29,6	0,98	»	»	10 806	6	3,513	1,77

Aus den gegebenen Tabellen ist zunächst (was hier nebenfächlich) zu ersehen, welchen hohen Werth eine gute Rohrumhüllung in Bezug auf Dampfersparnis hat. Ferner erfieht man aus denselben die Bedeutung des Wärmeverlustes für den Reibungswiderstand, sobald man die Zahlenreihen unter  $p_1 - p_2$  vergleicht; endlich geht aus dem Vergleich der Zahlenreihen  $v_1$  und  $v_2$  hervor, wie nothwendig es ist, die allerdings unbequemen Formeln 81. und 82. anstatt solcher zu verwenden, welche die Wärmeverluste vernachlässigen.

Die Reihen  $\frac{Kl (D + \delta)}{Q}$  in den Tabellen  $\alpha)$  und  $\beta)$ , namentlich aber in  $\beta)$

lehren, das man den Dampfleitungen oft eine erheblich grössere Dampfmenge überliefern mus, als die am Bestimmungsorte geforderte ist. Die Frage, welche Mittel zu ergreifen sind, um die grossen Dampfverluste zu mindern, beantwortet die Formel 82. gleichfalls, wie die hier folgende kleine Zusammenstellung ergibt.

$l$	$D$	$Kl (D + \delta)$	$\frac{Kl (D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
100	0,025	12,2	0,10	120	37 000	38 500	1 500	38,2	36,0
100	0,031	13,4	0,11	120	37 000	37 870	870	25,5	23,4

Eine Erhöhung der Endspannung des Dampfes  $p_2$  auf 37 000 kg oder 2,7 Atm. Ueberdruck vermindert den Reibungswiderstand in gut eingehüllten 25 mm weiten Rohren von 24 100 auf 1500 kg für 1 qm, ermöglicht also, die verlangten 120 kg Dampf mittels eines nur 25 mm weiten Rohres zu fördern.

### d) Mittel zum Bewegen der Flüssigkeiten.

Die Bewegungswiderstände können überwunden werden, indem man absichtlich den oben erwähnten Auftrieb erzeugt, die lebendige Kraft der bewegten freien Luft, des Windes benutzt, Flüssigkeiten mit entsprechenden Spannungen mittels fog. Strahlapparate auf die zu bewegendende Flüssigkeit wirken lässt, oder endlich, indem man feste Flächen zum Fortschieben der zu bewegendenden Flüssigkeiten verwendet. Ein fünftes Mittel, welches zur Bewegung des Dampfes verwendet wird und lediglich die Erzeugung der erforderlichen Dampfspannung bedingt, bedarf nur der Erwähnung.

#### a) Bewegen der Flüssigkeiten durch Auftrieb.

Der Auftrieb kann sowohl im positiven, als auch im negativen Sinne gebraucht werden, indem durch Erwärmen der Flüssigkeit der positive Auftrieb, die nach oben treibende Kraft erzeugt wird, während durch Abkühlen der Flüssigkeit eine Kraft gewonnen wird, die zum Bewegen in niedergehender Richtung benutzt werden kann. Die Erwärmung, bezw. Abkühlung kann innerhalb derjenigen Temperaturen stattfinden, welche eine Aenderung des Zusammenhangszustandes der Flüssigkeit ausschliesst, oder sie kann bis zur Aenderung desselben, so das die elastische Flüssigkeit tropfbar wird oder umgekehrt, getrieben werden.

Vorerst mag die Rede sein von dem durch mässige Er-, bezw. Entwärmung hervorgebrachten Auftrieb.

Nach Formel 65. ist derselbe

$$p = h \left\{ \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1} \right\}, \dots \dots \dots (65.)$$

wenn  $p$  die gewöhnliche Bedeutung hat,  $h$  die Höhe der Säule, welche von der Temperatur  $t$  auf die Temperatur  $t_1$  erwärmt ist, und  $\gamma_0$  das Gewicht von 1 cbm der Flüssigkeit bei 0 Grad bezeichnet.

Zu derselben Formel gelangt man, wenn man den Canal der Fig. 65 sich, wie durch Punktirung angedeutet, durch einen U-förmig gebogenen Canal zu fog. »communicirenden Röhren« vervollständigdet, bei welcher die oberen Oeffnungen beider Canalschenkel unter gleichem Druck stehen, sei es, das sie hier ein und demselben Atmosphärendruck ausgesetzt sind, sei es, das sie auch oben mit einander verbunden sind.

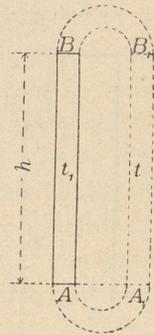
Vermöge der Kraft  $p$  wird, wenn  $t_1 > t$  ist, die  $t_1$  Grad warme Flüssigkeit emporfteigen und über den Rand  $B$  des Canales oder des Rohres (Fig. 65)  $AB$  abfliessen, während zu gleicher Zeit im Rohr  $A_1 B_1$ , oder dem dieses erfetzenden Raum die

129.  
Mittel.

130.  
Auftrieb  
durch Er-, bezw.  
Entwärmung.

$t$  Grad warme Flüssigkeit niederfinkt. Soll dieser Umlauf dauernd erhalten bleiben, so muß offenbar bei  $A$  eine Erwärmung von  $t$  auf  $t_1$ , bei  $B_1$  eine Abkühlung von  $t_1$  auf  $t$  stattfinden. Der betreffende Temperatureaustausch kann längs eines größeren Theiles der Höhe  $h$  stattfinden, oder auch innerhalb eines sehr kleinen Theiles derselben. In dem letzteren Falle ist die in Rechnung zu stellende Höhe  $h$  ohne Weiteres zu finden; im ersteren Falle muß sie noch gesucht werden.

Fig. 65.



Die Erwärmung erfolge bei  $A$  (Fig. 65) mittels einer Heizfläche  $ab$  (Fig. 66 u. 67), deren eine Seite von einer Flüssigkeit berührt wird, deren Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  größer sind, als die Temperaturen  $t_1$  und  $t_2$  derjenigen Flüssigkeit, welche  $ab$  an der entgegengesetzten Seite berührt. Die Erwärmung der links von  $ab$  befindlichen Flüssigkeit möge nun durch die Fläche  $abca_1$  dargestellt sein, in welcher  $aa_1 = t_1$ , d. h. gleich der Anfangstemperatur,  $bc = t_2$ , d. h. gleich der Endtemperatur ist. Der Verlauf der Curve  $a_1c$  ist ein verschiedener. Sobald die beiden wärmeaustauschenden Flüssigkeiten in entgegengesetzter Richtung sich bewegen (Fig. 66, Gegenstrom), so kann der Sonderfall eintreten, daß  $T_2 - t_1 = T_1 - t_2$  und in derselben Weise der Temperaturunterschied längs der ganzen Höhe  $h_1$  unverändert bleibt; alsdann nimmt die Temperatur der links von  $ab$  aufsteigenden Flüssigkeit für jeden Theil der Höhe  $h_1$  derselben Größe um gleich viel zu, d. h. die Curve  $a_1c$  wird eine gerade

Fig. 66.

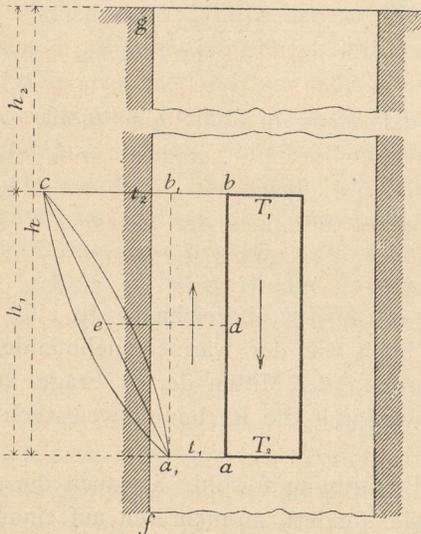
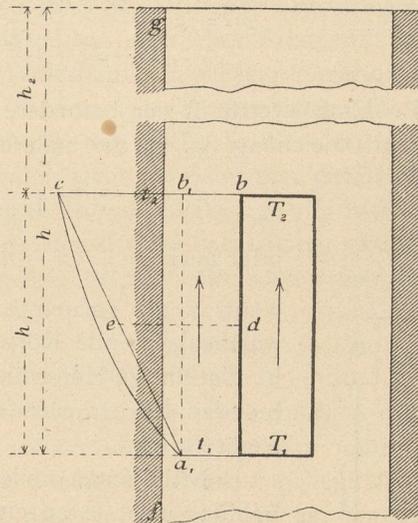


Fig. 67.

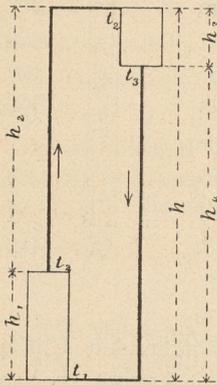


Linie. Ist bei Gegenstrom  $T_1 - t_2 < T_2 - t_1$ , so fällt die Curve  $a_1c$  links; ist dagegen  $T_1 - t_2 > T_2 - t_1$ , so fällt sie rechts der geraden Linie  $a_1c$ .

Bei Parallelstrom (Fig. 67) ist der Temperaturunterschied bei  $b$  immer kleiner, als bei  $a$ , eben so, wenn  $T$  unverändert bleibt; folglich muß in diesen beiden Fällen die Curve  $a_1c$  immer auf die linke Seite der geraden Linie fallen. Wenn man daher bei Berechnung des Auftriebes innerhalb der Höhe  $h_1$  annimmt, daß die Curve  $a_1c$  mit der geraden Linie zusammenfällt, oder die mittlere Temperatur,

durch die Länge  $ed$  dargestellt, gleich  $\frac{t_1 + t_2}{2}$  sei, so erhält man in den meisten Fällen einen kleineren Werth für die Grösse des Auftriebes, als in Wirklichkeit eintritt; man geräth daher nur sehr selten in die Gefahr, den Auftrieb grösser in Rechnung zu stellen, als derselbe wirklich ist. Es mag daher im Folgenden immer die mittlere Temperatur innerhalb  $h_1$  zu  $\frac{t_1 + t_2}{2}$ , bzw. das Einheitsgewicht der in der Höhe  $h_1$  befindlichen Flüssigkeit gleich

Fig. 68.



Temperatur innerhalb  $h_1$  zu  $\frac{t_1 + t_2}{2}$ , bzw. das Einheitsgewicht der in der Höhe  $h_1$  befindlichen Flüssigkeit gleich

$$\frac{\gamma_0}{1 + \alpha \frac{t_1 + t_2}{2}}$$

gesetzt werden. Für besondere Fälle wird man eine, beiläufig bemerkt, recht umständliche Rechnung anwenden müssen.

Für die Berechnung des Gewichtes innerhalb der Höhe  $h_3$  (Fig. 68), innerhalb welcher die Abkühlung von  $t_2$  Grad auf  $t_1$  Grad stattfindet, ist genau dasselbe Verfahren anzuwenden, so dass für den Auftrieb, welcher der schematischen Anordnung Fig. 68 eigen ist, folgender Ausdruck gewonnen wird:

$$p = \left\{ h_3 \frac{\gamma_0}{1 + \alpha \frac{t_1 + t_2}{2}} + h_4 \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1} - h_1 \frac{\gamma_0}{1 + \alpha \frac{t_1 + t_2}{2}} - h_2 \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2} \right\}$$

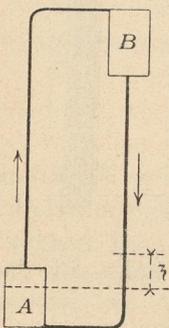
oder:

$$p = \gamma_0 \left\{ \frac{h_3 - h_1}{1 + \alpha \frac{t_1 + t_2}{2}} + \frac{h_4}{1 + \alpha t_1} - \frac{h_2}{1 + \alpha t_2} \right\} \dots \dots \dots 83.$$

Erwähnenswerth ist der besondere Fall, dass  $h_3 = h_1$ , somit  $h_2 = h_4$  ist. Alsdann wird Gleichung 83. zu der anderen:

$$p = h_2 \left\{ \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2} \right\} \dots \dots \dots 83a.$$

Fig. 69.



oder auch:  $p = (h - h_1) \left\{ \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2} \right\}$ , wenn  $h$  die gesammte Höhe =  $h_1 + h_2$  bezeichnet. Ist also der wärmeabgebende Körper so hoch wie der wärmeaufnehmende, so ist als einzige Höhe die Entfernung der Mitten der in Frage kommenden Körper einzusetzen, wodurch die Rechnung wesentlich erleichtert wird.

Nicht selten findet die Erwärmung sowohl, als auch die Abkühlung nicht je an einer Stelle, sondern an mehreren auf einander folgenden Orten statt. Alsdann sind offenbar die Höhen weiter zu zerlegen, im Uebrigen so zu verfahren wie vorhin.

Das mit Hilfe der Gleichung 83. gewonnene  $p$  ist nun der Summe der Widerstände gleich zu setzen, um die Bedingungen zu finden, unter denen der Auftrieb im Stande ist, die geforderte Bewegung hervorzubringen.

Eine besondere Art der Verwendung des Auftriebes kommt bei Dampfheizungen vor. Es bezeichne (Fig. 69)  $A$  den Dampferzeuger,  $B$  den Wärmefrahler;

131.  
Auftrieb  
bei Dampf-  
heizungen.

der Dampf strömt nach oben, während das gebildete Wasser zum Dampferzeuger zurückkehrt. In dem Rücklaufrohr wird nun nothwendigerweise der Wasserspiegel um eine Gröfse  $z$  höher stehen, als im Dampferzeuger, welche Gröfse in derselben Weise berechnet werden kann, wie der Auftrieb bisher berechnet wurde. Da jedoch das Gewicht des Dampfes gegen das Gewicht des Wassers verschwindet, so ist das einfachere Verfahren im Gebrauch und zulässig, die Wasserhöhe  $z$  (in Millim.) der Summe der Widerstände, welche bei dem Umlauf der Flüssigkeit auftreten, gleich zu setzen.

Der Auftrieb wird, wie so eben erwähnt, benutzt, um den in niedriger gelegenen Räumen erzeugten Dampf nach höher gelegenen zu fördern; er findet Anwendung zur Fortbewegung erwärmten Wassers, dessen Wärme man in höher gelegenen Räumen benutzen will; er ist fast immer die treibende Kraft, um die an Heizflächen erwärmte Luft dem zu erwärmenden Raume zuzuführen und die hier abgekühlte zu den Heizflächen zurückzuholen; er dient auch in vielen Fällen zur Herbeiführung des Luftwechsels.

Zu dem Ende kann man die frische Luft erwärmen oder abkühlen, je nachdem die Temperatur des zu lüftenden Raumes eine höhere oder niedrigere, als die des Freien ist. Bei annähernd gleichen Temperaturen des Freien und des Zimmerinneren ist der Auftrieb gering oder gleich Null, so dafs er hier die zuletzt genannte Verwendung nicht finden kann; gröfsere Temperaturunterschiede bringen dagegen genügende Kräfte hervor. Man ist sonach in der Benutzung des Auftriebes, so weit derselbe durch Temperaturänderung der frischen Luft hervorgerufen wird, abhängig von den zufälligen Temperaturen des Freien, weshalb auf diesem Wege keine zuverlässige Lüftung hervorgebracht werden kann.

Indem man die aus dem zu lüftenden Raume abzuführende Luft erwärmt und in einen entsprechend hohen Canal treten läfst, kann man ohne Schwierigkeit einen Auftrieb erzeugen, welcher nicht allein die Widerstände in diesem Abführungschanal zu überwinden, sondern auch die Spannung in dem betreffenden Raume so weit zu vermindern vermag, dafs der äufsere Luftdruck die frische Luft durch geeignete Canäle eintreibt. Man nennt die lothrechten Schachte, welche den entsprechenden Auftrieb im vorliegenden Sinne hervorzubringen haben, Lüftungs-, Ventilations- oder Lockschornsteine, wohl auch Saugeffen oder Saugchlote, und die Art des Lüftens Lüftung durch Saugen oder Aspiration. Es wird von demselben weiter unten eingehender die Rede sein.

### β) Bewegen der Luft durch den Wind.

Der Gedanke, die lebendige Kraft des Windes zum Hervorbringen des Luftwechsels zu benutzen (nur hierfür wird der Wind benutzt), liegt sehr nahe; es erscheint gleichsam selbstverständlich, dieses von der Natur kostenfrei gelieferten Mittels sich zu bedienen für Zwecke der Reinigung unserer Häuser, wie es benutzt wird zum Betriebe der Windmühlen und zum Forttreiben der Schiffe. Die Erinnerung an die beiden zuletzt genannten Verwendungsarten mahnt jedoch schon zur Vorsicht, indem die Dampfmaschine in sehr vielen, wenn nicht in den meisten Fällen, sobald alle Umstände in Betracht gezogen werden, eine billigere Betriebskraft zu liefern vermag, als der Wind.

Wenn man beachtet, welche aufmerksame Bedienung durch Menschenhand erforderlich ist, um die Unregelmäßigkeiten des Windes für die Benutzung desselben bei Windmühlen und Segelschiffen in erträglichem Mafse auszugleichen, eine Be-

132.  
Benutzung  
des  
Auftriebes.

133.  
Aspiration.

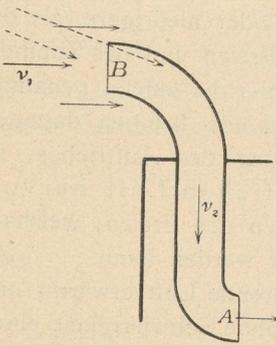
134.  
Werthschätzung  
dieses Mittels.

dienung, welche die Benutzung desselben für Lüftungszwecke zu einer recht theueren macht, wenn man ferner bedenkt, daß bei starken Luftströmungen im Freien der zufällige Luftwechsel durch die Poren der Wände, in sehr vielen Fällen wenigstens, eine künstliche Lüftung unnöthig macht, bei ruhiger Luft aber die auf Benutzung des Windes begründeten Lüftungseinrichtungen unwirksam werden; so bedarf es keiner eingehenden Ueberlegung, um zu erkennen, daß der Wind nur in einzelnen Fällen ein willkommenes Mittel zum Bewegen der Luft sein kann.

Aus diesem Grunde werde ich nur eine kleine Auswahl einschlägiger Einrichtungen beschreiben, von einer rechnungsmäßigen Behandlung derselben aber ganz absehen.

Die unmittelbarste Benutzung des Windes zum Einblasen der Luft, also zum Bewegen der frischen Luft, findet statt, indem man das Luftleitungsrohr  $AB$  (Fig. 70) mit feinem Ende  $B$  so gegen den Wind richtet, daß die Windrichtung mit der

Fig. 70.

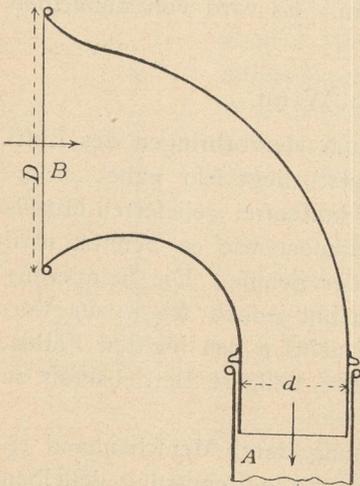


Axe des offenen Rohrendes zusammenfällt. Würden der Bewegung der Luft in dem Rohr  $AB$  und eben so an der Mündung  $A$  keine Hemmnisse bereitet, so würde die Geschwindigkeit  $v_2$  in der Leitung der Geschwindigkeit  $v_1$  des Windes gleich sein. Die angedeuteten Hemmnisse sind jedoch vorhanden, so daß zur Ueberwindung derselben die lebendige Kraft  $\frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2}$  verbraucht

wird, wenn  $m$  die Masse der secundlich in Frage kommenden Luftmenge bedeutet. Es muß somit  $v_2 < v_1$  sein; folglich tritt den Widerständen noch der Druckverlust durch Stofs an der Mündung  $B$  des Rohres hinzu.

Um eine grössere Geschwindigkeit  $v_2$  als die durch Fig. 70 wiedergegebene Einrichtung gestattet, hervorzubringen, erweitert man die Mündung  $B$  trichterförmig, wie Fig. 71 erkennen läßt, so daß der Unterschied der lebendigen Kräfte nicht mehr  $\frac{m}{2} (v_1^2 - v_2^2)$ , sondern  $\frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_2 v_2^2}{2}$  wird,

Fig. 71.



in welchem Ausdrücke  $m_1$  die Masse der auf den Durchmesser  $D$  treffenden Luft,  $m_2$  die Masse derjenigen Luftmenge bezeichnet, welche die Rohrweite  $d$  durchströmt. Die Form der Fig. 71 hat nebenbei noch den Vortheil, bei wechselnder Neigung des Windes gegen die Wagrechte, welche (wie in Fig. 70 punktirt angedeutet) bei der erstgenannten Anordnung die Wirksamkeit schwächt, den Zutritt des Windes zu erleichtern.

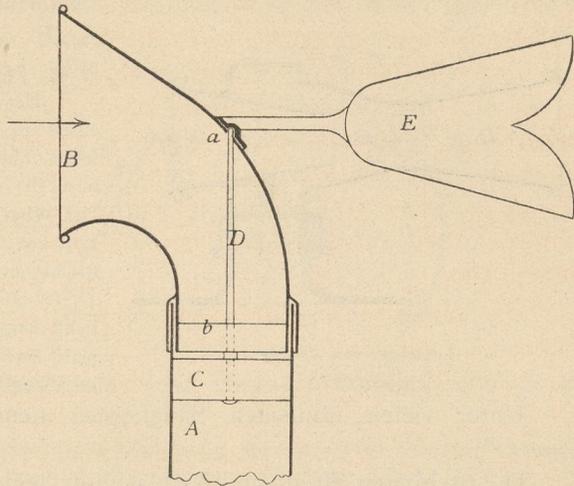
Der trichterförmig erweiterte Kopf  $B$  ist in dem festen Rohr  $A$  drehbar, um die Mündung der wechselnden Windrichtung folgen lassen zu können. Das entsprechende Einstellen erfordert regelmäßige Beaufsichtigung; man findet den Kopf Fig. 71 deshalb fast nur auf Schiffen, wo das Richten des Kopfes Seitens der Mannschaft gelegentlich besorgt wird, und bei Eisenbahnzügen, deren Geschwindigkeit meistens grösser ist, als diejenige des Windes, so daß die hier zur Verwendung kommende relative Geschwindigkeit der Luft angenähert der Fahrtrichtung entgegengesetzt ist,

also die Einstellung des Kopfes nur selten erforderlich wird.

Der Kopf, welchen Fig. 72 im lothrechten Schnitt darstellt, dreht sich selbstthätig nach dem Winde.

Zu dem Ende ist mit dem festen Rohr *A* der Steg *C* und die Spindel *D* fest verbunden. Der Kopf *B* stützt sich mit Hilfe der Pfanne *a* auf die Spitze, mit Hilfe des Steges *b*, der in der Mitte eine geeignete Bohrung besitzt, an dem Fuße der Spindel, so daß er sich um *D* leicht zu drehen vermag. Die Fahne *E* wird Seitens des Windes einseitig getroffen, so fern die Mündung des Kopfes *B* der Windrichtung nicht gehörig entgegengesetzt ist, und dreht in Folge dessen den Kopf in die richtige Lage.

Fig. 72.



Das Abfagen der Luft findet mit Hilfe ähnlicher Köpfe statt, wie die beiden Constructions in Fig. 73 und 74 zeigen.

136.  
Abfagen  
der Luft.

Beim Kopfe in Fig. 73 ist die Mündung *B* des Luftrohres *AB* von dem Winde ab gerichtet. Indem der Wind rings um den Rand in seiner bisherigen Richtung hervorströmt, reiben sich die Theilchen desselben, welche mit der hinter der Mündung *B* (nämlich bei *C*) befindlichen Luft sich berühren, an dieser und veranlassen sie, unter Verluft an eigener Geschwindigkeit, sich an ihrer Bewegungsrichtung sowohl, als auch an ihrer neuen Geschwindigkeit zu betheiligen. Es wird hierdurch der Druck vor der Mündung verringert, so daß der Druck an dem entgegengesetzten Ende der Leitung die Luft durch die Leitung treibt. In Folge des Zusammentreffens der mit der Geschwindigkeit  $v_2$  die Mündung *B* verlassenden Luft mit dem Winde, welcher sich mit der größeren Geschwindigkeit  $v_1$  bewegt, entstehen, außer der beabsichtigten Wirkung, Wirbelungen, die zu Verlusten an lebendiger Kraft führen und die Leistung beeinträchtigen. Letztere hängt, wie leicht zu übersehen, nicht allein von der Größe der Geschwindigkeit  $v_1$  und dem soeben erwähnten Verluft durch Wirbelungen, sondern auch von der Größe der Berührungsfläche zwischen bewegter und zu bewegender Luft ab.

Fig. 73.

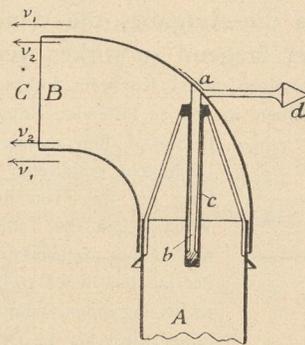
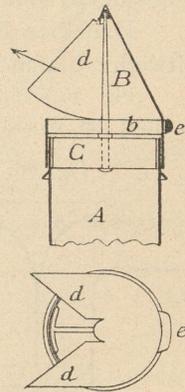


Fig. 74.

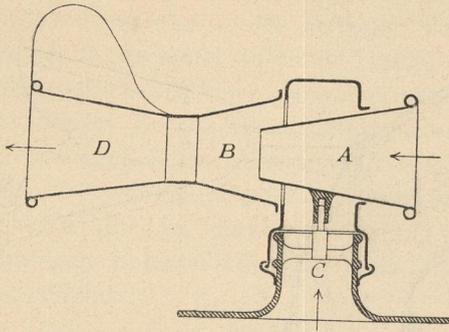


Der Kopf in Fig. 73 dreht sich selbstthätig nach der Windrichtung. Zu dem Ende ist an dem Kopf eine Spindel *ab* befestigt, deren unteres Ende am Boden, deren obere Rundung im oberen Ende des mit dem festen Rohr *A* verbundenen engen Rohres *c* Stützung findet. Die Spitze *d* nebst deren Verbindungsstück dient zur Gewichtsausgleichung des drehbaren Kopfes, so daß die Reibung der Spindel im Halslager eine möglichst geringe ist.

137.  
Drehbare  
Luftfauget.

Fig. 74 stellt einen anderen drehbaren Saugkopf im Grundriß und lothrechten Schnitt dar. Hier besteht der drehbare Kopf *B* aus einem Blechkegel, dessen Wand, nachdem man zwei wagrechte und einen lothrechten Schnitt in derselben angebracht hat, aufgebogen ist, so daß diese Wandtheile *d, d* mit der Windrichtung gleichlaufend sind. In dem festen Rohr *A* ist, mit Hilfe des Steges *C*, die Spindel *a* befestigt, deren Spitze den drehbaren Kegel *B* an dessen Spitze und deren unterer runder Theil, unter Vermittelung des Steges *b*, die Grundlinie des Kegels stützt und führt. *e* bezeichnet ein Gegengewicht zur Ausgleichung des durch das Ausbiegen der Lappen *d, d* einseitig gewordenen Gewichtes des drehbaren Kegels.

Fig. 75.



Luftsauger von Körting.

In vorteilhafterer Weise, als bei den beschriebenen Köpfen, wird die lebendige Kraft durch den Körting'schen Saugkopf (Fig. 75) ausgenützt.

Der Theil  $ABD$  dreht sich, unter Vermittelung eines auf  $D$  befestigten Flügels, um einen Zapfen des festen Theiles  $C$ , welcher im vorliegenden Falle so geformt ist, wie er bei Eisenbahnwagen Verwendung findet. Der Wind tritt in die Düse  $A$ , berührt die angefaugte Luft bei  $B$  von innen — was unwesentlich ist — und strömt mit dieser durch die Verengung zwischen  $B$  und  $D$ , so dass die ungleichen Geschwindigkeiten sich möglichst ausgleichen. An der Mündung von  $D$  tritt abermals eine Saugwirkung Seitens des an der Aussen Seite des Saugkopfes entlang strömenden Windes statt.

Unter vielen ähnlichen Saugköpfen nenne ich hier noch diejenigen von *Banner*<sup>45)</sup>.

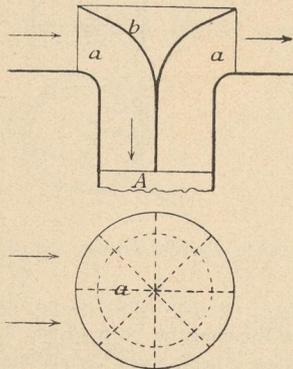
138.  
Unbewegliche  
Saug- und  
Blasköpfe.

Die drehbaren Saug- und Einblasköpfe leiden an grosser Abnutzung, da sie fast ausnahmslos den Unbilden der Witterung ausgesetzt sind. Namentlich werden die Zapfen und Lager sehr bald aufgeschliffen, indem die Oberflächen derselben verrosten und der Rost leicht abgerieben wird. Man hat deshalb die Zapfen und Lager häufig von Glas oder Quarz gemacht, dadurch aber den Preis der Köpfe nicht unwesentlich erhöht. Diejenigen Köpfe, welche ohne bewegliche Theile sind, jedoch Aehnliches leisten, wie die drehbaren Köpfe werden daher im Allgemeinen vorgezogen; man bezeichnet sie häufig mit dem Namen »Deflectoren«.

Dieselben haben die Aufgabe, die Windrichtung so abzulenken, dass dieselbe entweder blasend oder saugend zu wirken vermag.

Fig. 76 versinnlicht einen festen Kopf im lothrechten Schnitt und Grundrifs, welcher bei jeder Richtung des Windes denselben in den zu lüftenden Raum lenken soll. Im oberen erweiterten Theil des Rohres  $A$  sind radiale Wände  $a$  angebracht, welche sich an den als

Fig. 76.

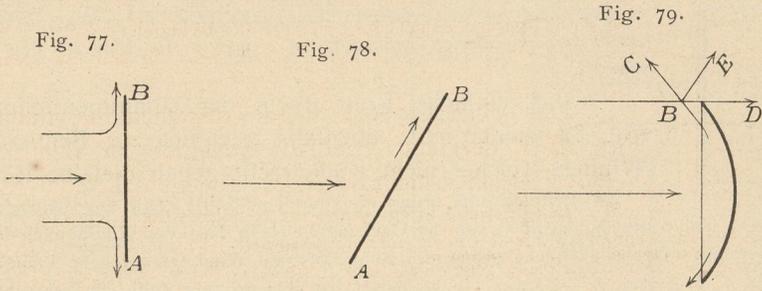


Drehfläche gestalteten Deckel  $b$  anschliessen. Indem der in der Richtung der links von der Figur gezeichneten Pfeile den Kopf treffende Wind gegen die Fläche  $b$ , bzw. die Wände  $a$  trifft, wird derselbe nach unten abgelenkt. Gleichzeitig saugt, in früher erörterter Weise, der an dem Kopf vorbeiströmende Wind an den vom Winde ab, hier rechts liegenden Oeffnungen. Da indessen die Saugwirkung geringer ausfallen wird, als die Druckwirkung, so vermag der absteigende Luftstrom unter Verlust eines Theils seiner Geschwindigkeit die Saugwirkung zu überwinden, so dass die Luft des Rohres  $A$  thatfächlich die abwärts gerichtete Bewegung ausführt; die Leistung des Kopfes kann jedoch niemals gross sein.

Ein Luftstrom, welcher winkelrecht gegen eine ebene Fläche  $AB$  (Fig. 77) stösst, verliert seine Geschwindigkeit in seiner bisherigen Bewegungsrichtung; die lebendige Kraft verwandelt sich in Druck, welcher die Luft nach allen Seiten längs der ebenen Platte  $AB$  fortstößt. Diese Ablenkungsart wird für viele Saugköpfe benutzt, indem man den Windstrom winkelrecht gegen eine ebene Fläche, wie in Fig. 77, geneigt gegen eine solche, wie in Fig. 78, oder gegen erhabene oder hohle Flächen, wie in Fig. 79, führt. Vielfach wird jedoch die Saugwirkung an den Rändern der Flächen überschätzt; in dem Fall der Fig. 79 bewegt sich die auf die

<sup>45)</sup> *Iron*, Vol. 8, S. 424; Vol. 15, S. 307.

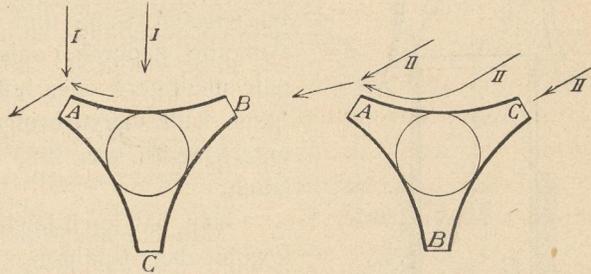
Fläche  $AB$  treffende Luft zwar zunächst längs der Fläche, z. B. nach dem Punkte  $B$ ; in Folge anderer Windtheile, welche in der Richtung  $BD$  am Rande der in Rede



stehenden Fläche vorbei zu strömen suchen, wird aber die Richtung  $BC$  in die Richtung  $BE$  abgelenkt.

Die Saugwirkung des dreieckigen Kopfes, dessen Einrichtung die wagrechten Schnitte der Fig. 80 veranschaulichen, ist daher ziemlich gering, so lange der Wind im Sinne der Pfeile  $I$  gegen denselben trifft, indem sowohl an dem Spalt  $C$ , als auch an den Spalten  $A$  und  $B$  der Wind nur in ungünstiger Weise zu saugen vermag. Die Pfeilrichtung  $II$  beeinflusst die Spalten  $A$  und  $B$  in vortheilhafterer Art, während durch den Spalt  $C$  geradezu Luft eingeblasen wird. Der in Rede stehende Saugkopf, so wie seine Abarten sind noch wenig zu empfehlen; ich begnüge mich daher, in Bezug auf derartige Köpfe auf die angezogene Quelle<sup>46)</sup> zu verweisen.

Fig. 80.



Vortheilhafter ist die Wir-

kung des einfachen, außen glatten Rohres (Fig. 81), so lange der Wind winkelrecht oder gegen das lothrechte Rohr in steigender Richtung trifft. *Wolpert*<sup>47)</sup> giebt folgende Versuchsergebnisse, welche gewonnen wurden, indem ein Luftstrom winkelrecht gegen ein lothrechtcs Rohr geführt wurde:

Rohrweite . .	0,02				0,04				0,06				0,092		Meter
Geschwindigkeit des Windes . . . . .	31	17,6	12	8	31	18,4	12	8	31	17,6	12	8	28,3	12	Meter
Geschwindigkeit der Luft im Rohr . .	22	12,4	10,4	5,6	23,6	12,4	10,4	5,6	17,6	9,6	8,8	4,8	16,8	8,8	Meter
Verhältniß: einzeln . . .	0,71	0,70	0,86	0,70	0,76	0,67	0,86	0,70	0,57	0,54	0,73	0,60	0,59	0,73	
im Mittel . .	0,72				0,75				0,61				0,56		

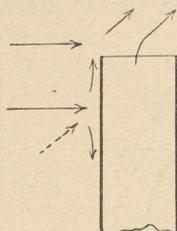
Das einfache Rohr wird untauglich, sobald, was häufig der Fall ist, der Wind in nach unten geneigter Richtung gegen dasselbe stößt.

Der *Wolpert'sche* Saugkopf (Fig. 82) ist für alle möglichen Windrichtungen geeignet, eine, wenn auch geringere Saugwirkung zu erzeugen. In den gemauerten Schacht  $A$  ist das Rohr  $B$  gesteckt, welches den hohlen Drehkörper  $C$  und schliesslich die Deckplatte  $D$  trägt. Der wagrechte Wind (ausgezogene, einfache Pfeile) hemmt an den Stellen  $a$  und  $b$  der ringförmigen Spalten das Eintreten desselben, während

<sup>46)</sup> *Iron*, Vol. 11, S. 552.

<sup>47)</sup> *Zeitfchr. f. Biologie*, 1877, S. 406.

Fig. 81.

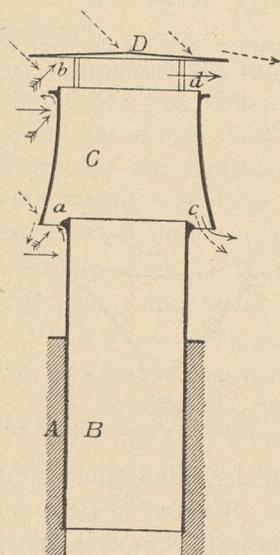


er bei *c* und *d* faugend wirkt; der nach unten geneigte Wind (punktirte Pfeile) faugt bei *d*, *a* und *c*, während — je nach der Neigung des Windes — ein Theil desselben bei *b* in den Kopf einzudringen vermag; der nach oben geneigte Wind endlich (ausgezogene, gefiederte Pfeile) läßt mehr oder weniger große Luftmengen bei *a* und *b* eintreten, während bei *c* und *d* die Luft aus dem Kopf gefaugt wird<sup>48)</sup>.

Das einfache Rohr ist in der Zusammenstellung, welche Fig. 84 wiedergibt, ebenfalls geeignet zur Benutzung solchen Windes, welcher nicht winkelrecht gegen dieselbe stößt.

Beispielsweise bringt die (durch punktirte Pfeile angedeutete) Windrichtung ein Saugen bei *a* und *c* hervor, während von der Oeffnung *b* aus ein Theil des Windes nach dem Saugrohr *A* zu gelangen vermag. Der winkelrecht gegen das Rohr stoßende Wind (ausgezogene Pfeile) faugt an den vier Oeffnungen *a*, *b*, *c* und *d*.

Fig. 82.



Luftsauger von Wolpert.

Knigar in Hannover hat eine größere Zahl der lothrechten Rohre *a b*, bzw. *c d* rings um das Saugrohr *A* angebracht<sup>49)</sup>; jedoch liegen keine Versuchsergebnisse über die Leistung des Kopfes vor.

Die besprochenen Köpfe vermitteln entweder das Einblasen oder das Ausaugen der Luft. Es muß aber eben so viel Luft aus einem Raume abgeführt werden, als in denselben eingeleitet wird. Die Mittel, welche die Luftbewegung so einseitig beeinflussen, wie die vorhin beschriebenen Saug- und Blas-Köpfe, vermitteln die andere Aufgabe dadurch, daß sie in dem zugehörigen Raume eine niedrigere oder höhere Spannung, als diejenige der freien Luft, hervorbringen, und vermöge des Spannungsunterschiedes das Zu-, bzw. Abfließen der Luft veranlassen.

Man hat auch solche Einrichtungen geschaffen, welche sowohl das Zuführen, als auch das Abführen der Luft unmittelbar beforgen.

Fig. 83 ist ein wagrechter Schnitt durch eine derartige, auf einen Eisenbahnwagen gesetzte Haube. An den lothrechten Langseiten *A B* und *C D* der Haube sind Tafchen *E, F, G, H* angebracht, deren Hohlräume mit dem Inneren der Haube, bzw. des Wagens vermöge vergitterter Oeffnungen in Verbindung stehen. So fern nun der Wagen in der Richtung des (ausgezogenen) Pfeiles *I* sich bewegt, so wird die Luft durch die Tafchen *E* und *F* ein-geblasen, während an den Oeffnungen der Tafchen *G* und *H* eine Saugwirkung eintritt. Die Bewegungs-

<sup>48)</sup> Die Ergebnisse der durch Wolpert selbst mit dem beschriebenen Kopf angestellten Versuche sind, nach voriger Quelle, folgende:

Rohrweite.	Windrichtung.	Windgeschwindigkeit.		Luftgeschwindigkeit im Rohr B.			Verhältnis				
							einzeln		im Mittel		
0,04	wagrecht	34,8	17,6	12,4	18,4	9,6	6,8	0,53	0,54	0,55	0,54
"	30 Grad von oben	34,6	17,6	12,4	22,6	12,4	8,0	0,65	0,70	0,64	0,67
"	60 " von oben	33,5	17,6	12,4	22	12,4	8,8	0,66	0,70	0,71	0,69
"	90 " von oben	33,5	18	10,4	17,6	10,4	6,8	0,52	0,58	0,65	0,58
"	30 " von unten	33,5	16,8	12	14,4	6,8	3	0,43	0,40	0,25	0,36
"	60 " von unten	32,9	16,8	12	4,8	9,6	0	0,15	0,57	0	0,24
0,06	wagrecht	31	17,6	12	15,2	8	6,8	0,49	0,45	0,57	0,50
0,1	wagrecht	28,3	12		10,4	6,8		0,37	0,57		0,47

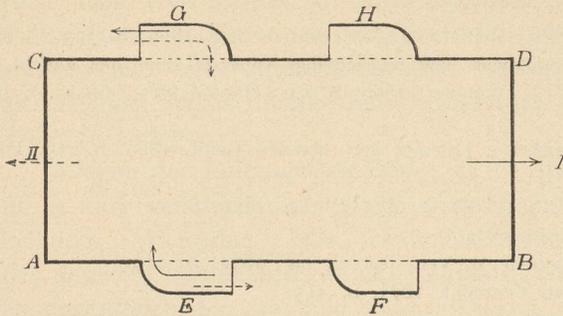
Meter.

Meter.

Hiernach ist die Wirkung des Wolpert'schen Saugers am vortheilhaftesten, wenn der Wind mit 30 bis 60 Grad von oben einfällt.

<sup>49)</sup> Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gwb. 1880, S. 372.

Fig. 83.



richtung II (punktirt) des Wagens veranlaßt ein Saugen an den Tafchen E und F und ein Einblasen durch die Tafchen G und H.

Die Anordnung der Fig. 83 ist nur für zwei Richtungen brauchbar. Fig. 85 verfinnlicht dagegen eine Einrichtung, welche jede relative Luftbewegung nutzbar macht, die winkelrecht auf die Axe derselben trifft.

Das Rohr A ist mittels einiger Wände in mehrere Rohre zerlegt, von denen jedes für sich in derselben Weise die Wirkung des Windes vermittelt, wie Seitens der durch Fig. 71 und 72, bezw. 73 und 74 dargestellten Köpfe der Fall ist.

Die in den zu lüftenden Raum mündenden Oeffnungen  $b, b$  werden hier, eben so wie bei der Anordnung der Fig. 83 zuweilen als Eintritts-, zuweilen als Austritts-Oeffnungen benutzt. Man ist daher ohne befondere Umstände nicht im Stande, die eingeblasene Luft behuf ihrer Erwärmung den Heizflächen zuzuführen, woraus hervorgeht, daß die mit Fig. 83 und 85 beschriebenen Einrichtungen bloß dann zu benutzen sind, wenn die Temperatur des Freien nur wenig von derjenigen des betreffenden Raumes abweicht.

Angeichts der schon erwähnten geringen Verläßlichkeit der besprochenen Mittel zur Bewegung der Luft verdienen dieselben nicht die Beachtung, welche ihnen meistens gefchenkt wird.

Fig. 84.

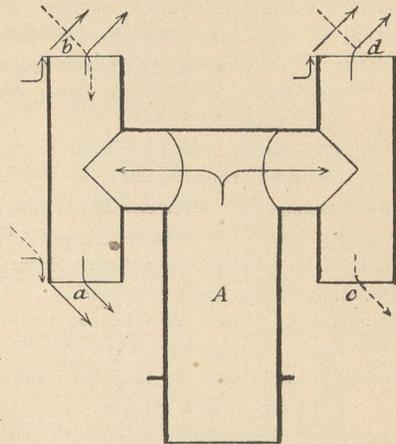
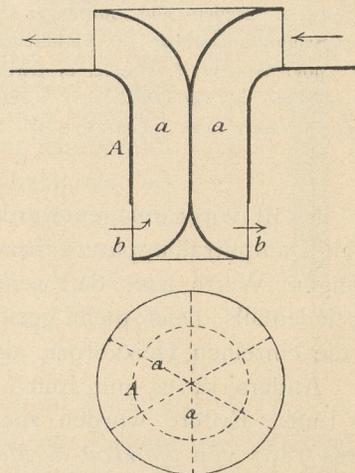


Fig. 85.



### Literatur

über »Saug- und Blasköpfe«.

- REDER. Effenkopf. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1854, S. 307. *Polyt. Centralbl.* 1854, S. 850. *Polyt. Journ.* Bd. 133, S. 98.
- MUIR, G. W. Der Vier-Richtungs-Ventilator (*Four-pointed-Ventilator*). *Zeitfch. d. Ver. deutsch. Ing.* 1859, S. 21.
- KNOBLAUCH. Schornstein-Aufsatz von PETERS zur Abführung des Rauches unabhängig von Wind und Luftströmungen. *Zeitschr. f. Bauw.*, 1860, S. 620.
- FISHER. Schornsteinkappe. *Engineer*, Vol. 11, S. 5.
- Ueber die Formen der Schornsteine und Schornsteinkappen. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1862, S. 43.
- Le cone préservateur. Appareil gradué servant à coiffer les fâtes de cheminée.* *Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 19.
- Schornsteinköpfe, Kappen. *Builder*, 1862, S. 96.
- GRÄFF. Schornsteinaufsätze. *Polyt. Centralbl.* 1863, S. 772.
- ELBERG. Schornsteinköpfe zur Erhaltung des Zuges bei regnerischem und windigem Wetter. *Scientif. Americ.* Vol. 7, S. 384.
- SWEET. Schornsteinaufsatz zur Verhinderung des Rauchens. *Scientif. Americ.* Vol. 10, S. 264.

- HASE. Ueber den MUIR'schen Lüftungsapparat. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 225.
- BERNE. Schornsteinauffatz. *Engineer*, Vol. 21, S. 213.
- EULER, F. WOLPERT's Rauch- und Luftfauger. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869, S. 323.
- WOLPERT. Verbesserung der Feuerungs-, Ventilations- und Beleuchtungs-Apparate durch den Rauch- und Luftfauger. Zeitschr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 54. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1869, S. 156.
- WOLPERT. Rauch- und Luftfauger für Schornsteine, Laternen etc. Maschin.-Conft. 1869, S. 219. *Polyt. Centralbl.* 1869, S. 855.
- Schornsteinkappen. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 53; 1868, S. 135 u. 347; 1870, S. 113.
- JACKSON's chimney terminal. *Engineer*, Vol. 29, S. 49.
- FISCHER, H. Ueber Schornsteinauffätze. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 219.
- WEIGELIN. Ueber Schornsteinauffätze. *Polyt. Centralbl.* 1875, S. 415.
- WOLPERT, A. Ueber Windkappen für Schornsteine, Ventilationsröhren und Laternen. Zeitschr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 3.
- WOLPERT, A. Ueber die faugende Wirkung des Windes an Rohrmündungen und Rohrauffätzen. Zeitschr. f. Biologie 1877, S. 406.
- Neuer Schornstein-Auffatz. *Deutsche Bauz.* 1878, S. 164; 1881, S. 116.
- Ueber Schornsteinauffätze von G. HEGER, HAMILTON, HEINR. FISCHER und KALLEENSEE. *Polyt. Journ.* Bd. 230, S. 325.
- VOGDT. HANEL's neuer Schornsteinauffatz. *Polyt. Journ.* Bd. 228, S. 376.
- KRIGAR, H. Rauch- und Luftfauger (Schornsteinauffatz). *Polyt. Journ.* Bd. 231, S. 328.
- Ueber Schornsteinauffätze zur Verhütung des Rauchens der Zimmeröfen, für Ventilationszwecke etc. *Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gwbe.* 1880, S. 370.
- New chimney cap and ventilator.* *Scientif. Americ.*, Vol. 43, S. 275.
- BOYLE's chimney cowl. *Iron*, Vol. 16, S. 399. *Building News*, Vol. 39, S. 614.

### γ) Strahlapparate.

139.  
Strahlapp.  
f. Wasser-  
bewegung.

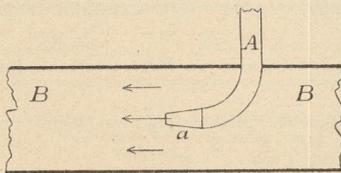
Es ist vorgeschlagen worden, die Bewegung des Wassers der Wasserheizungen durch Dampfstrahlapparate hervorzurufen. Der Vorschlag dürfte indeffen von nur geringem Werth sein, da, wenn man überhaupt gespannten Dampf zur Verfügung hat, jedenfalls dieser mehr geeignet ist zur unmittelbaren Ueberführung der Wärme an die einzelnen Heizkörper, als das durch den Dampf erwärmte Wasser.

140.  
Strahlapp.  
f. Luft-  
bewegung.

Anders ist es mit Luft-, Dampf- und Wasserstrahlapparaten zur Bewegung der Luft. Erstere wurden zuerst im Großen für die pariser Weltausstellung des Jahres 1867 von *Piarron de Mondésir* ausgeführt und haben später wiederholt Verwendung gefunden<sup>50)</sup>.

*Mondésir* führt z. B. mittels des Rohres *A* (Fig. 86) die gespannte Luft zur Düse *a*. Der gebildete Luftstrahl trifft auf die Luft des Rohres *B* und veranlaßt diese, sich in der Richtung des Luftstrahles mit fort zu bewegen. Von der gespannten Luft gebraucht man weniger, als von der ungepannten; außerdem nimmt die erstere einen verhältnißmäßiger kleineren Raum ein und gestatten die Pumpen, die zum Hervorbringen der Spannung dienen, eine solche Steigerung derselben, daß größere Bewegungshindernisse, also größere Geschwindigkeiten im Rohrnetz der gespannten Luft zulässig werden. Alles zusammen genommen ermöglicht kleine Querschnitte für das soeben genannte Rohrnetz; man vermag daher von der Be-

Fig. 86.



<sup>50)</sup> Vergl. PIARRON DE MONDÉSIR et LEHAÏTRE. *Communication relative à la ventilation par l'air comprimé.* Paris 1867. PIARRON DE MONDÉSIR. *Ventilation par l'air comprimé.* Paris 1876.

Ferner: *Polyt. Journ.*, Bd. 222, S. 16. — *Bulletin de la société industrielle de Mulhouse.* 1877, S. 5. — *Scientif. Americ.*, 1880, Febr., S. 86. — *Deutsche Bauz.* 1867, S. 481.

triebsstelle aus verhältnißmäßiger bequem die Betriebskraft auf eine große Zahl von Stellen zu vertheilen; man vermag an diesen Stellen Luft des Freien einzuzugeln oder gebrauchte Luft auszublasen, also trotz gemeinschaftlicher unabhängiger Triebkraft das Canalnetz für die Luftab- und Luftzuleitung in einzelne kürzere Theile zu zerlegen.

Wegen der Leitungswiderstände ist die Spannung der Treibluft in den verschiedenen Strahlapparaten eines und desselben Gebäudes verschieden. Man schaltet deshalb Hähne, Ventile oder ähnliche Droßelmittel in das Rohrnetz, um die Endspannungen auszugleichen.

Die Green'schen Düsen (Fig. 87) haben die Aufgabe, die Regelung der Spannung selbständig zu vermitteln. Das Rohr *C* führt die gespannte Luft in den Düsenkopf *B*. Vermöge der Luftspannung wird der Körper *d*, welchen die in der Hülse *A* untergebrachte Feder in der gezeichneten Stellung zu erhalten sucht, nach oben geschoben, wodurch ein freier Spalt zwischen der Mündung des Düsenkörpers *B* und dem nach unten sich verjüngenden Körper *d* entsteht. Dieser Spalt gestattet der gespannten Luft, mit großer Geschwindigkeit auszufrömen, und die im Rohre *D* befindliche Luft nach *E* zu schleudern. Je größer die Spannung der Luft in *B* ist, um so mehr wird *d* nach oben geschoben, also um so breiter der Spalt. Mit Hilfe der veränderlichen Federpannung vermag man aber dem gegen *d* wirkenden Luftdruck einen veränderlichen Widerstand entgegen zu setzen, d. h. man vermag die Luftausfrömung den Verhältnissen anzupaffen.

Lediglich zum Abfugen der Luft ist das Körting'sche Strahlgebläse<sup>52)</sup> verwendbar. Dasselbe ist indess zu geräuschvoll, als daß es für Wohnräume, Versammlungssäle etc. verwendbar wäre. Für die Lüftung der Bergwerke soll es häufig gebraucht werden.

Wasserstrahlapparate zum Einblasen der frischen Luft sind erst in der neuesten Zeit zur Verwendung gelangt. (Vergl. Deutsche Bauz. 1881, S. 147.)

#### δ) Bewegung durch feste Flächen (Gebälfe).

Die Cylinder- oder Kolbengebläse finden für die Zwecke der Heizung und Lüftung höchst selten Verwendung; eben so die Kapselgebläse. Sie können daher hier übergangen werden. Dagegen wird häufig von den Flügelgebläsen Gebrauch gemacht.

Für kleine Drücke  $p$  (etwa bis 10<sup>kg</sup> für 1<sup>qm</sup> aufwärts) sind die Windflügel oder axialen Gebälfe Fig. 88 zu empfehlen.

Die Flügel derselben sind schräg gegen die Drehachse gestellt, oder haben, was zweckmäßiger ist, die Form von Schraubensflächen. Indem dieselben gegen die Luft drücken, veranlassen sie die letztere, winkelrecht gegen die Flügelfläche auszuweichen, welche Bewegung *ab* zerlegt werden kann in die nützliche *ac*, deren Richtung der Drehachse gleichlaufend ist, und in die schädliche *ad*, welche winkelrecht zur Drehachse auftritt und die Reibung der Luft erheblich vermehrt. Behuf Ausbeutung der ganzen Geschwindigkeit hat man mit Vortheil Leitapparate angewendet<sup>53)</sup>.

Fig. 88.

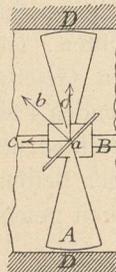
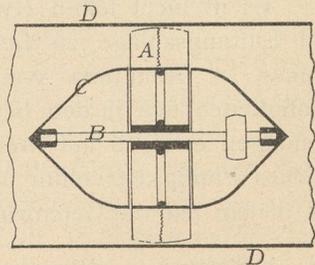


Fig. 89.



Düse von Green<sup>51)</sup>.

<sup>51)</sup> *Scientif. Americ.* Vol 42, S. 86.

<sup>52)</sup> *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1875, S. 662.

<sup>53)</sup> *Verh. d. nieder-öst. Gwb.-Ver.* 1862, S. 359. *Mitth. d. Gwbver. f. Hannover*, 1862, S. 313.

Die Geschwindigkeit der Flügel ist in der Nähe der Drehachse erheblich geringer, als in größerer Entfernung von derselben. Um die hieraus entstehende Ungleichheit der Wirkung zu mindern, wählt man die Construction in Fig. 89.

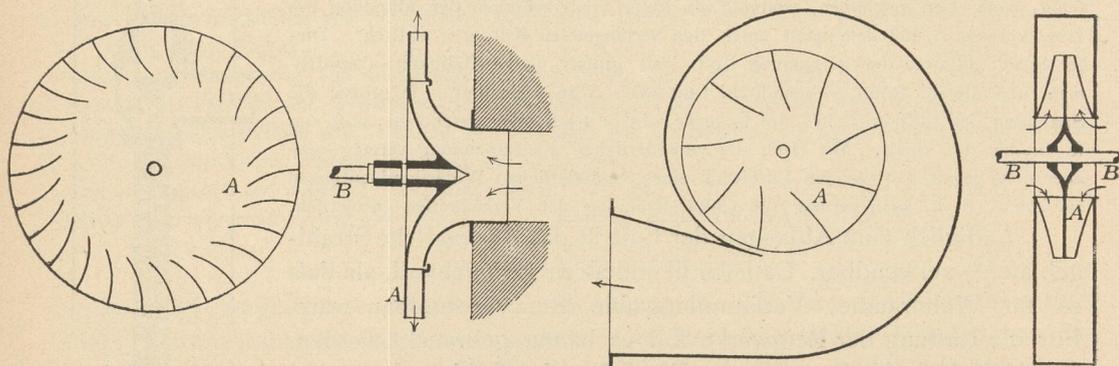
Die kurzen Flügel *A* sitzen auf dem Umfang einer Trommel, die mit Hilfe von Armen an der Welle *B* befestigt ist. Ein Drehkörper *C* lenkt die Luft allmählich den Flügeln *A* zu und vermindert hierdurch die Luftwirbelungen und die mit diesen zusammenhängenden Verluste. Der Mantel *D*, welcher nicht selten aus Mauerwerk gebildet ist, umschließt die Flügel, natürlich möglichst eng.

Für größere Drücke  $p$  (bis 150 kg für 1 qm aufwärts) dürfte das Schleuder-gebläse oder der Centrifugal-Ventilator (Fig. 90 u. 91) unbedingten Vorzug vor dem vorhin genannten Gebläse verdienen.

Die Luft strömt in der Richtung der Drehachse *B* ein, durchströmt das Flügelrad *A* bis zu dessen Umfang und gelangt in tangentialer Richtung zum Abflufs. Diese mehrfache Richtungsänderung des Luftstromes verursacht nicht unerhebliche Verluste in Folge der entstehenden Wirbel, welche Verluste jedoch gegenüber der in Frage kommenden größeren Pressung weniger ins Gewicht fallen.

Fig. 90.

Fig. 91.



Die erforderliche Betriebskraft der Flügelgebläse ist für beste Constructionen, wenn *N* die Zahl der Pferdestärken,  $\mathcal{Q}$  die stündlich geförderte Luftmenge (in Kilogr.) und  $p$  den erzielten Ueberdruck (in Kilogr.) für 1 qm bezeichnet:

$$N = \frac{1}{100\ 000} \mathcal{Q} p \dots \dots \dots 84.$$

Da die Anwendung der Gebläse besondere Maschinenanlagen bedingen, die Hinzuziehung eines Maschinenkundigen bei Entwurf einer derartigen Anlage daher unerlässlich ist, so darf ich mich darauf beschränken, in Bezug auf weitere Rechnungen und Constructionen auf die unten genannten Quellen zu verweisen<sup>54)</sup>.

**e) Messen der Geschwindigkeit bewegter Flüssigkeiten.**

Es ist nicht selten erwünscht — sei es, um das Functioniren einer Heizungs- und Lüftungsanlage zu beobachten, sei es, um den Betrieb derselben regeln zu können — Kenntniss von den Geschwindigkeiten zu erhalten, mit denen die Flüssigkeiten sich in den betreffenden Leitungen bewegen. Die hierzu erforderlichen Messungen erfolgen auf drei verschiedenen Wegen, indem entweder bestimmt wird, welches Flüssigkeitsvolum in einer bestimmten Zeit die Rohrleitung durchfließt, und aus diesem auf die Geschwindigkeit geschlossen wird, oder indem der Druck, welchen

142.  
Schleuder-  
gebläse.

143.  
Methoden.

54) WEISSBACH, J. Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Theil III. 2. Aufl. von G. HERMANN. Braunschweig 1876—79.  
RITTINGER. Centrifugalventilatoren und Pumpen. Wien 1858.  
FINK, C. Theorie und Construction der Brunnen-Anlagen, Kolben- und Centrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhauforen. 2. Aufl. Berlin 1878.

die bewegte Flüssigkeit auf eine feste Fläche ausübt, als Mafs der Geschwindigkeit dient, oder indem endlich die Geschwindigkeit auf die Flügel eines Rades, dessen Umdrehungszahlen die Gröfse derselben ausdrückt, übertragen wird.

a) Uebertragung der Geschwindigkeit an die Flügel eines sich drehenden Rades.

Ein Rädchen mit schraubenförmig gebogenen Flügeln wird dem Flüssigkeitsstrom so ausgesetzt, dafs die Richtung des letzteren mit der Drehachse des Rädchens zusammenfällt.

144-  
Flügelrad.

An irgend einem Punkte, der um  $\zeta$  von der Drehachse entfernt liegt, treffe die Flüssigkeit mit der Geschwindigkeit  $V$  unter dem Winkel  $\alpha$  auf einen der Flügel, so mufs, wenn ein Stofs vermieden werden soll,

$$V = \frac{\zeta}{\operatorname{tg} \alpha} \frac{\pi}{30} n$$

fein.  $n$  bedeutet die Zahl der Umdrehungen des Rades in der Minute. Für ein und dasselbe  $V$  soll selbstverständlich dasselbe  $n$  erhalten werden; sonach mufs, da  $\frac{\pi}{30}$  unveränderlich ist, auch  $\frac{\zeta}{\operatorname{tg} \alpha}$  eine constante Gröfse sein, d. h. es sind die Flügel des Rädchens schraubenförmig zu gestalten.

Die Gleichung für Gewinnung der Geschwindigkeit hat hiernach die Gestalt, wenn  $\mathfrak{A}$  eine von der Construction des Rädchens abhängende unveränderliche Zahl bedeutet:

$$V = \mathfrak{A} n.$$

Der Bewegung des Rädchens stehen Widerstände entgegen (Zapfenreibung, Reibung der Zählwerke etc.), deren Ueberwindung Arbeit erfordert. Behuf Hervorbringung der Arbeit dreht sich das Flügelrädchen langsamer, als die erst gegebene Formel bestimmt, so dafs die Flüssigkeit sich vor den Flügeln ein wenig anstaut. Die genannte Arbeit steht nicht in geradem Verhältnifs zur Umdrehungszahl des Rädchens; man hat daher der obigen Formel die Gestalt

$$V = a + b n + c n^2 + \dots$$

gegeben und bestimmt für jedes Instrument die Werthe  $a, b, c \dots$  durch Versuche. In der Regel benutzt man nur die beiden ersten Glieder der letztgenannten Formel zur Bestimmung des  $V$ , was zulässig ist, da die Widerstände sich mit der Zeit ändern, also niemals genau berücksichtigt werden können.

Alle Wirbelungen der Flüssigkeiten stören die richtige Drehung des Rädchens, weshalb die Verwendung desselben nur in geraden Canal- oder Rohrstrecken zulässig ist. Eben so müssen die Constructionstheile des Gestelles des Rädchens so gestaltet sein, dafs sie möglichst wenig zur Hemmung der Flüssigkeitsströmung beitragen — in dieser Beziehung werden oft recht grobe Fehler gemacht — und die beobachtenden Personen sich in demselben Sinne aufstellen. Letztere Forderung bedingt, dafs man das Zählwerk aus gröfserer Entfernung mit dem Rädchen in Verbindung bringen oder dasselbe ausschalten kann, was entweder durch Benutzung einer Zugseilnase oder besser durch einen Elektromagnet geschehen kann.

Auf dem Gebiete des Heizungs- und Lüftungswesens benutzt man das sich drehende Flügelrädchen nur zum Messen der Luftgeschwindigkeit. Letztere ist selbst in einem sehr regelmäfsig gestalteten Canal nicht gleich; ein und derselbe Querschnitt läfst vielmehr an verschiedenen Stellen sehr verschiedene Geschwindigkeiten erkennen, wobei keineswegs immer in der Mitte des Querschnittes der grösste Werth gefunden wird. Eine einigermaßen zuverlässige Beobachtung erfordert deshalb die gleichzeitige Aufstellung mehrerer solcher Windrädchen, sog. Anemometer, oder eine dauernd gleichmäfsige Bewegung der Luft, so dafs man Zeit hat, das eine oder die wenigen verfügbaren Anemometer nach einander an verschiedenen Punkten eines Querschnittes aufzustellen. Es liegt auf der Hand, dafs das erstere Verfahren weit mehr Zutrauen verdient als das letztere, weil es nahezu unmöglich ist, für längere Zeit einen gleichförmigen Betrieb einer Anlage zu erhalten.

145-  
Anemometer.

*Robinson's* Anemometer, welches aus vier mittels Arme an einer leicht drehbaren Welle befestigten Schalen besteht und dadurch in Umdrehung veretzt wird, dass der Wind gegen die hohlen Flächen der Schalen einen grösseren Druck ausübt, als gegen die erhabenen, ist für die vorliegenden Zwecke nicht zu verwenden.

Von den fog. Anemokopen, welche vorwiegend die Richtung, weniger die Geschwindigkeit der Luftbewegung erkennen lassen sollen, sind zu nennen: an feinen Fäden aufgehängte Federn, Baumwollbäufchen oder ähnliche leichte Gegenstände, kleine mit Gas gefüllte Bälle, Rauch. Der Rauch einer Cigarre ist nicht allein ein sehr brauchbares, sondern auch wenig belästigendes Mittel zur Erkennung schwacher Luftströmungen<sup>55)</sup>; Pulverrauch empfiehlt sich zur Beobachtung grösserer Luftmengen.

β) Messen des Druckes, welchen der Stoss der bewegten Flüssigkeit auf eine ruhende Fläche ausübt.

Man nimmt an, dass der Druck, welchen ein Flüssigkeitsstrom, dessen Querschnitt wesentlich grösser ist, als die Projection einer von ihm getroffenen ruhenden Fläche, gegen diese ausübt, mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachse, obgleich, genau genommen, das Verhältniss des Druckes zur Geschwindigkeit etwas anders ist. Ferner steht der Druck in geradem Verhältniss zur Dichte der Flüssigkeit.

Bezeichnet  $\mathfrak{A}$  einen Coefficienten, welcher von der Natur und Grösse der getroffenen Fläche abhängt,  $\gamma$  das Gewicht der Raumeinheit,  $V$  die Geschwindigkeit der Flüssigkeit und  $P$  den entstehenden Druck, so ist die Beziehung zwischen diesen beiden durch die Formel auszudrücken:

$$P = \mathfrak{A} \gamma V^2 \text{ oder } V = \sqrt{\frac{P}{\mathfrak{A} \gamma}}.$$

Ein sehr einfach scheinendes Mittel zum Messen des Druckes  $P$  ist die *Pitot'sche* Röhre<sup>56)</sup>. Zwei Röhre liegen bis zu der Stelle, an welcher die Geschwindigkeit gemessen werden soll, lothrecht neben einander; hier endet das eine mit freiem Querschnitt, während das andere rechtwinklich umgebogen und zugespitzt ist, so dass die Mündung senkrecht von der bewegten Flüssigkeit getroffen wird. Ist die letztere z. B. Wasser, so steigt dasselbe in dem mit Biegung versehenen Rohr höher, als in dem anderen; der Höhenunterschied bezeichnet die Grösse des Druckes  $P$ . Vorhin war vorausgesetzt, dass das Wasser sich annähernd wagrecht bewege; durch Aenderungen der Gestalt der *Pitot'schen* Röhre vermag man dieselbe jedoch auch für lothrechte oder geneigte Leitungen zu verwenden, indem man zur Beobachtung der Wassergeschwindigkeit die Messröhre mit Quecksilber, zur Beobachtung der Luftgeschwindigkeit mit Wasser füllt. Die geringen Geschwindigkeiten, welche in den Leitungen der Heizungs- und Lüftungsanlagen vorkommen, bringen nur einen geringen Druckunterschied hervor, so dass es nöthig wird, die zum Ablefen dienenden Enden der Röhre geneigt anzuordnen.

Statt der Flüssigkeitsflächen kann man auch feste Flächen anwenden, gegen welche die bewegte Flüssigkeit unter einem rechten oder spitzen Winkel stösst.

Bei *Wolpert's* Anemometer sind die festen Flächen, gegen welche die Flüssigkeit stösst, in Gestalt eines Windrädchens angeordnet, welches in Folge des Druckes sich zu drehen bestrebt ist, während eine Feder der Drehung Widerstand leistet. Da der freie Querschnitt zwischen den Flügeln wesentlich kleiner ist als derjenige, welcher von dem Apparat beherrscht wird, so entsteht eine Stauung der bewegten Flüssigkeit, die zu Seitenbewegungen und Wirbelungen derselben führt, so dass ich dieses fog. statische Anemometer nicht zu empfehlen vermag.

Andere lassen den Strom, dessen Geschwindigkeit gemessen werden soll, möglichst winkelrecht gegen eine Platte fliessen, die mit einem belasteten Hebel derart verbunden ist, dass der Grad des Ausschlages dieses letzteren die Grösse des Druckes  $P$  anzeigt<sup>57)</sup>. Solche schon im vorigen Jahrhundert bekannte Instrumente sind besonders geeignet, der Bedienungsmannschaft Kunde von der Geschwindigkeit der Luft in den Canälen zu geben; sie werden zu diesem Zwecke an den Beobachtungsstellen dauernd angebracht.

<sup>55)</sup> Vergl. RECKNAGEL, G. Ueber ein zu Geschwindigkeitsmessungen an Luftströmen geeignetes Instrument. WIEDEMANN'S Annalen 1878, S. 149.

<sup>56)</sup> Vergl. RÜHLMANN, M. Hydromechanik. 2. Aufl. Braunschweig 1880, S. 367.

<sup>57)</sup> Vergl. RÜHLMANN, M. Hydromechanik. 2. Aufl. Braunschweig 1880. S. 367, 369. — WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880. S. 246.