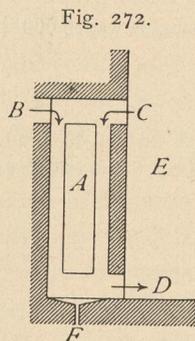


peraturänderung hervorruft, oder durch Gebläse und Lockfchornsteine. Der eigene Auftrieb der Luft ist bei Benutzung des Eises ohne Weiteres zu verwenden; bei Verwendung kalten Wassers bedingt sie das Emporsteigen des letzteren.

Fig. 272 verfinnlicht die Anordnung einer Kühlkammer, in welcher der Körper *A* entweder einen mit Eis gefüllten Korb oder ein Gefäß, bezw. eine Rohr-schlange bezeichnet, durch welches das Kühlwasser von unten nach oben fließt. Die Luft des Freien strömt bei *B* ein (Kühlung mit Lüftung), oder die Luft des zu kühlenden Raumes *E* gelangt durch *C* in die Kühlkammer (Kühlung mit Umlauf) und strömt durch *D* in den Raum. Bei *F* entweicht das in einer Vertiefung sich sammelnde Wasser.



Die Berechnung der Dimensionen einer solchen Anordnung findet nach denselben Grundfätzen statt, welche für die Berechnung der Beheizung genannt sind.

Beispielsweise werde die Aufgabe gestellt, die Temperatur des Raumes *E* gleich derjenigen des Freien = 25 Grad zu halten, während 100 Männer in *E* sich befinden. Die Einschließungsflächen mögen dieselbe Temperatur haben, also ein Beharrungszustand eingetreten sein. Die 100 Menschen entwickeln stündlich (nach Art. 49, S. 44)  $100 \cdot 100 = 10\,000$  Wärmeeinheiten und verdunsten (nach Art. 77, S. 68)  $100 \cdot 100 = 10\,000\text{ g} = 10\text{ kg}$  Wasser. Es sollen für jeden Mann stündlich 30 kg, also zusammen 3000 kg Luft zugeführt werden. Damit diese Luftmenge die von den Menschen abgegebene Wärmemenge bindet, muß ihre Anfangstemperatur  $t_1 = 25$  Grad auf die Temperatur  $t_2$  gebracht werden, wobei

$$(t_1 - t_2) 0,24 \cdot 3000 = 10\,000$$

oder

$$t_2 = 11,1 = \approx 11 \text{ Grad.}$$

Die als gesättigt angenommene Luft verliert hierbei (nach Art. 93, S. 80):  $(22,25 - 9,86) \cdot 3000 = 37\,170\text{ g}$  oder  $37,17\text{ kg}$  Wasser, wobei  $37,17 \cdot 600 = 22\,300$  Wärmeeinheiten frei werden. Die Kühlvorrichtung hat somit  $10\,000 + 22\,300 = 32\,300$  Wärmeeinheiten stündlich zu binden. Wird  $k = 15$  und ferner angenommen, das Kühlwasser die Anfangstemperatur 10 Grad und die Endtemperatur 20 Grad hat, so berechnet man die erforderliche Kühlfläche in gewöhnlicher Weise zu:

$$F = \frac{32\,300}{15} \frac{2}{(11 + 25) - (10 + 20)} = 718\text{ qm.}$$

Man sieht also, das trotz sehr kalten Wassers außerordentlich große Kühlflächen erforderlich sind.

Jedes Kilogramm der gekühlten Luft enthält  $9,86\text{ g}$  Wasserdampf, somit die gesammte, stündlich einströmende Luft  $29\,580\text{ g}$ . Hierzu kommen die  $10\,000\text{ g}$ , welche die Menschen verdunsten, so das je  $1\text{ kg}$  der im Raume auf 25 Grad wieder erwärmten Luft  $13,2\text{ g}$  enthält, d. h. zu 59 Procent gesättigt ist.

Würde man von einer Lufterneuerung absehen, so würden nur die  $10\text{ kg}$  von den Menschen abgegebenen Wasserdampfes zu verdichten, also hierfür nur  $600 \cdot 10 = 6000$  Wärmeeinheiten erforderlich sein, so das die Kühlfläche nur etwa halb so groß als vorhin berechnet zu sein brauchte. Die nöthige Wassermenge ist im ersten Falle  $\frac{32\,300}{10} = 3230$  Kilogr. oder Liter, im anderen Falle = 1600 Liter stündlich.

Unter Hinweis auf das betreff der Einführung frischer Luft Gefagte muß man die Frage aufwerfen, ob es zulässig ist, die auf 11 Grad abgekühlte Luft ohne Weiteres in den von Menschen bewohnten Raum einzuführen.

Den Ausstellungsraum, welchen das französische Ministerium für öffentliche Arbeiten gelegentlich der 1878-ger Weltausstellung zu Paris für seine Zwecke errichten liefs, lüftete man, indem verhältnismäßig kühle Luft mittels Gebläses unter den Fußboden gedrückt wurde, die sich unter diesem verbreitete, hinter der ringsum laufenden Holzschalung nach oben stieg, und über den oberen Rand der letzteren in den Raum floß. Auf diese Art wurde ein Theil der im Raum entwickelten Wärme durch Vermittelung des Fußbodens und der Holzschalung an die kühle Luft abgegeben, so das diese mit höherer Temperatur in den Raum trat. Vielleicht ist dieses Verfahren das richtige für die Einführung kalter Luft; vielleicht ist es zweckmäßiger, die kühl zu haltenden, von Menschen zu benutzenden Räume mit dicken Wänden und dicken Pfeilern zu versehen, sie vor der Benutzung zu kühlen und nicht zu lange hinter einander zu benutzen. Erfahrungen liegen nur in sehr geringer Zahl und unvollkommenem Umfange vor, so das ein

abchließendes Urtheil über die zweckmäßigste Anwendung der Luftkühlung noch nicht gefällt werden kann.

### Literatur

über »Abkühlung der Luft«.

MORIN. *Procédés à employer pour rafraîchir l'air destiné à la ventilation. Nouv. annales de la const.* 1865, S. 125.

GENESTE. *De la ventilation dans les pays chauds au moyen d'air refroidi.* Paris 1873.

FISCHER und STIEHL. Verfahren zur Kühlung und Vorwärmung der Luft mit Hilfe der Erdwärme. *Polyt. Journ.* Bd. 230, S. 187.

FISCHER. Zimmer-Kühlapparat. *Wochschr. des Ver. deutsch. Ing.* 1878, S. 411.

Ventilation. Abkühlung der zuzuleitenden Luft. *Eisenb.* Bd. 9, S. 182.

FISCHER, H. Ueber die Kühlung geschlossener Räume. *Deutsche Bauz.* 1880, S. 198.

FISCHER, H. Ueber Kühlung geschlossener Räume, in welchen Menschen sich aufhalten. *Polyt. Journ.*

Bd. 235, S. 1. Rohrl. u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 46.

Luft-Kühlapparat von OSCAR KROPFF in Nordhausen. *Gefundh.-Ing.* 1880, S. 261.

LIGHTFOOT, T. B. *On machines for producing cold air. Engng.*, Vol. 31, S. 194.

Lüftung unter Benutzung der Erdtemperatur. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 249.

*Installation d'appareils réfrigérants à la morgue. Revue industr.* 1881, S. 33.

## 8. Kapitel.

### Regelung der Wärme-Zufuhr, bezw. -Abfuhr.

#### a) Mittel zur Regelung.

Wenn man von dem keine gleichmäßige Temperatur schaffenden Verfahren der Regelung absieht, welches bei der Beheizung in der Verwendung frei im Raum aufgestellter Massenöfen (welche aus Steinen gebildet sind oder aus mit Wasser gefüllten Gefäßen bestehen), die, nachdem sie einige Zeit Wärme zugeführt erhielten, eine fernere Zeit ohne Wärmezufuhr bleiben, so sind die Regelungsarten zu zerlegen in solche, welche eine Aenderung des Temperaturunterschiedes zwischen Heiz-, bezw. Kühlfläche und Luft bewirken, und solche, welche die Größe der Heizfläche ändern.

Erstere Art wird zunächst bei unmittelbar vom Rauch erwärmten Heizflächen in der Weise angewendet, daß man das Feuer mäsigt oder verstärkt. Es geschieht dies meistens, indem man den Luftzutritt erschwert oder erleichtert, wie bei einzelnen der Feuerungen früher angegeben wurde. Hierdurch wird die Temperatur der Heizflächen geringer oder größer, also die Wärmeabgabe eine andere.

Zu gleichem Zweck wird die Temperatur der durch Wasser erwärmten (oder gekühlten) Flächen geändert, indem man die Umlaufgeschwindigkeit des Wassers unter Vermittelung eines Hahnes, einer Drosselklappe oder eines Ventiles regelt.

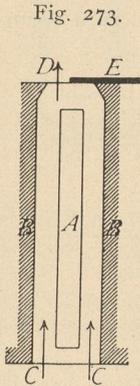
Bei Dampfheizungen kann man durch theilweises Schließen des Zufließventiles die Spannung des im Ofen befindlichen Dampfes vermindern, womit eine Verminderung der Heizflächentemperatur im Zusammenhange steht. Die Dampfspannung muß, behuf einer wirksamen Regelung der Wärmeabgabe, oft weit unter diejenige der Atmosphäre sinken, so daß das gebildete Wasser nicht mehr selbstthätig den Ofen verläßt, ja wenn die Wasserableitungsrohre mehrerer Oefen sich in einem gemeinschaftlichen Rohre sammeln, das Wasser dieses Rohres, bezw. benachbarter Oefen unter polterndem Geräusch in den in Rede stehenden Ofen strömt. Man kann letzteres verhindern durch Einschalten eines sog. Rückschlagsventiles,

welches das Wasser so lange abfließen läßt, wie vor ihm eine größere Spannung herrscht, als hinter demselben, dagegen sich schließt, sobald die Spannungen gleich, oder vor dem Ventil niedriger, als hinter demselben sind. Ein solches Ventil verfügt jedoch zuweilen und giebt sonst Veranlassung zu Störungen, weshalb man daselbe möglichst zu vermeiden sucht.

288.  
Aenderung  
der Luft-  
temperatur.

Man kann ferner den Wärmeaustausch regeln, indem man die Größe des gewünschten Temperaturunterschiedes der Heizflächen, bezw. Kühlflächen und der Luft durch Aenderung der Lufttemperatur gewinnt.

In Fig. 273 bezeichne *A* den Heizofen, bezw. Kühlkörper, *B* die möglichst wenig leitenden Wände der Heizkammer, *C* die Einströmungs- und *D* die Ausströmungsöffnung der Luft, welche letztere vermöge des Schiebers *E* verengt werden kann. Je mehr man mit Hilfe des Schiebers *E* die Ausströmungsöffnung *D* verkleinert, je weniger Luft aus *D* zu entweichen, bezw. bei *C* einzutreten vermag, um so höher wird die Temperatur der Luft, um so kleiner der Temperaturunterschied des Körpers *A* und der umgebenden Luft. Durch völliges Schließen der Oeffnung *D* hört jeder Luftwechsel auf; die Temperatur der Luft nähert sich mehr und mehr der Heizflächentemperatur, bis zuletzt eine Wärmeabgabe der Heizflächen nicht mehr stattfindet. Ist *A* nicht ein Heiz-, sondern ein Kühlkörper, so ist der Schieber *E* oder eine sonstige eben so wirkende Einrichtung an die nunmehr unten befindliche Ausströmungsöffnung anzubringen. Man findet diese Art der Regelung allgemein in den fog. Eiskellern, d. h. gewerblichen Zwecken dienenden Räu-



men, welche durch mit Eis gefüllte Kühlkammern eine regelmäßige Kühlung erhalten. Die Kühlfläche ist dann immer sehr groß; durch Hemmung des Luftwechsels vermag man den Wärmeaustausch trotzdem so zu regeln, daß die einmalige Eisfüllung von Winter zu Winter genügt.

Bei Heizungen dienen die Klappen, welche den Luftaustritt regeln, in demselben Sinne. Die fog. Mischklappen (vergl. Art. 212, S. 171 und Art. 278, S. 233) gestatten eine Hemmung der Luftbewegung längs der Heizflächen, also eine Regelung der Wärmeabgabe, ohne den gesammten Querschnitt für die frische Luft zu verengen. Das vorliegende Regelungsverfahren muß hiernach als recht zweckmäßig für Dampf- und Wasserheizungen bezeichnet werden, da es Ventile zur Regelung des Wasserumlaufs, bezw. Dampfeintritts entbehrlich macht, sonach verhältnismäßig geringe Anlagekosten verursacht.

Die Temperatur der Hör- und Zeichenfäle der technischen Hochschule in Hannover wird auf diesem Wege mit Erfolg geregelt. In meinem Privatzimmer befinden sich die Heizschlangen unter den Fensterbänken, durch deren Oeffnungen die warme Luft strömt. Ich habe auf dieselben je ein Stück Barchent gelegt, welches an einem Rande befestigt ist, während das andere Ende mit einer Walze versehen ist, mit Hilfe welcher das Tuch beliebig aufgewickelt, bezw. die gitterförmigen Oeffnungen der Fensterbänke nach Wunsch geöffnet oder geschlossen werden können; ich regle die Temperatur meines Zimmers nur mit Hilfe dieser Tücher.

Wenn keine Mischklappen angewendet werden, so leidet das vorliegende Regelungsverfahren an dem Nachtheil, daß die Luft bei geringerem Wärmebedarf mit sehr hoher Temperatur in das Zimmer tritt, in Folge dessen, wie früher erörtert, der Unterschied der Temperaturen unter der Decke und über dem Fußboden ein beträchtlicher wird, auch die von der heißen Luft getroffenen Decorationstheile des Zimmers eine Schädigung erleiden. Die Mischklappe soll diesen Uebelstand ver-

hüten; eine genügende Mischung der warmen und kälteren Luft gelingt jedoch mit Sicherheit nur in einem längeren Canal; auch ist es schwer, das geeignete Verhältniß beider Luftarten zu treffen, da die erwärmte Luft nach Verengung der Ausströmungsöffnung *D* in Fig. 273 erst allmählich die höhere Temperatur gewinnt.

Dies ist Ursache, die Möglichkeit einer Verkleinerung der Heizfläche näher ins Auge zu fassen.

Bei Dampfheizungen ist die Heizfläche auf folgendem Wege zu verkleinern. Man schließt den Wasserabfluß; alsdann staut das Wasser mehr und mehr an und sperrt die von ihm berührten Heizflächen vom Dampf ab. Nachdem die Wärme des Wassers diesem entzogen ist, sind die betreffenden Heizflächen von der Wärmeabgabe ausgeschlossen. Durch sorgfältige Einstellung des Wasserablaßshahnes vermag man nun nur so viel Wasser abfließen zu lassen, als die verkleinerte Heizfläche verdichtet. Ohne Weiteres ist jedoch zu übersehen, daß diese Art der Regelung eine besondere Geschicklichkeit verlangt. *Käuffer* hat einen Dampfofen patentirt erhalten<sup>122)</sup>, in welchem in verschiedenen Höhen Wasserabflußöffnungen vorhanden sind, so daß man einen bestimmten Theil der Heizfläche mit Sicherheit auszuschalten vermag. Die Anordnung beseitigt jedoch in der Regel den Uebelstand nicht, der vor allen Dingen das vorliegende Regelungsverfahren zu einem wenig begehrenswerthen macht, nämlich das Träge der Wirkung desselben. Wenn man stundenlang warten soll, bevor die Regelung fühlbar, bezw. ihr Grad schätzbar ist, so wird man nicht von derselben befriedigt werden. Daß die Wirkung erst sehr allmählich eintritt, habe ich durch Rechnung nachgewiesen<sup>123)</sup>.

Im Winter 1878—79 kam mir, gelegentlich des Entwurfes einer größeren Heizanlage, der Gedanke eines anderen Verfahrens zur Verkleinerung der Heizfläche behuf Regelung der Wärmeabgabe, welcher meiner Ueberzeugung nach die beste Lösung der gestellten Aufgabe in sich trägt.

Fig. 274 sei der lothrechte Durchschnitt einer Heizkammer. *A* bezeichnet den Heizkörper, *B* den Schnitt einer festen Wand der Heizkammer, *E* denjenigen einer in lothrechter Richtung verschiebbaren Wand, *C* die Einströmungsöffnung der zu erwärmenden Luft, *D* die Ausströmungsöffnung derselben. Diejenige Luft, welche über der in der Figur vom oberen Rande der Oeffnung ab wagrecht punktirten Linie sich befindet, vermag nicht abzufließen, da sie als die wärmere ihre hohe Lage beibehält; es dient deshalb nur der Theil des Heizkörpers zur Lufterwärmung, welcher unter dieser punktirten Linie sich befindet. Bewegt man den Schieber *E* mit seiner Oeffnung *D* nach unten, so wird die thätige Heizfläche kleiner, bewegt man ihn nach oben, so wird sie größer. Die hiermit zusammenhängende Regelung der Wärmeabgabe wirkt sofort und nur die ruhende, fest gehaltene Luft, die nur einen geringen Theil der überhaupt in Frage kommenden Luftmenge bildet, erfährt eine größere Erwärmung. Nachdem man die Oeffnung *D* unterhalb des unteren Ofenrandes gebracht hat, hört die Wärmeabgabe an die vorbeiströmende Luft auf. Allerdings schließt der Schieber nicht vollständig; auch wird durch denselben, so wie durch die übrigen Heizkammerwände ein Theil der Wärme geleitet, welche die

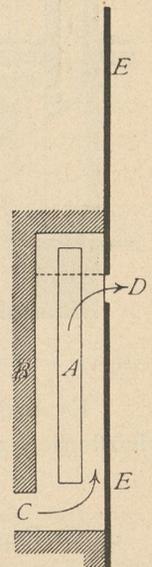


Fig. 274.

289.  
Verkleinerung  
der  
Heizfläche.

<sup>122)</sup> D. R.-P. No. 6320, vom 3. Januar 1879 an.

<sup>123)</sup> Polyt. Journ. Bd. 234, S. 163.