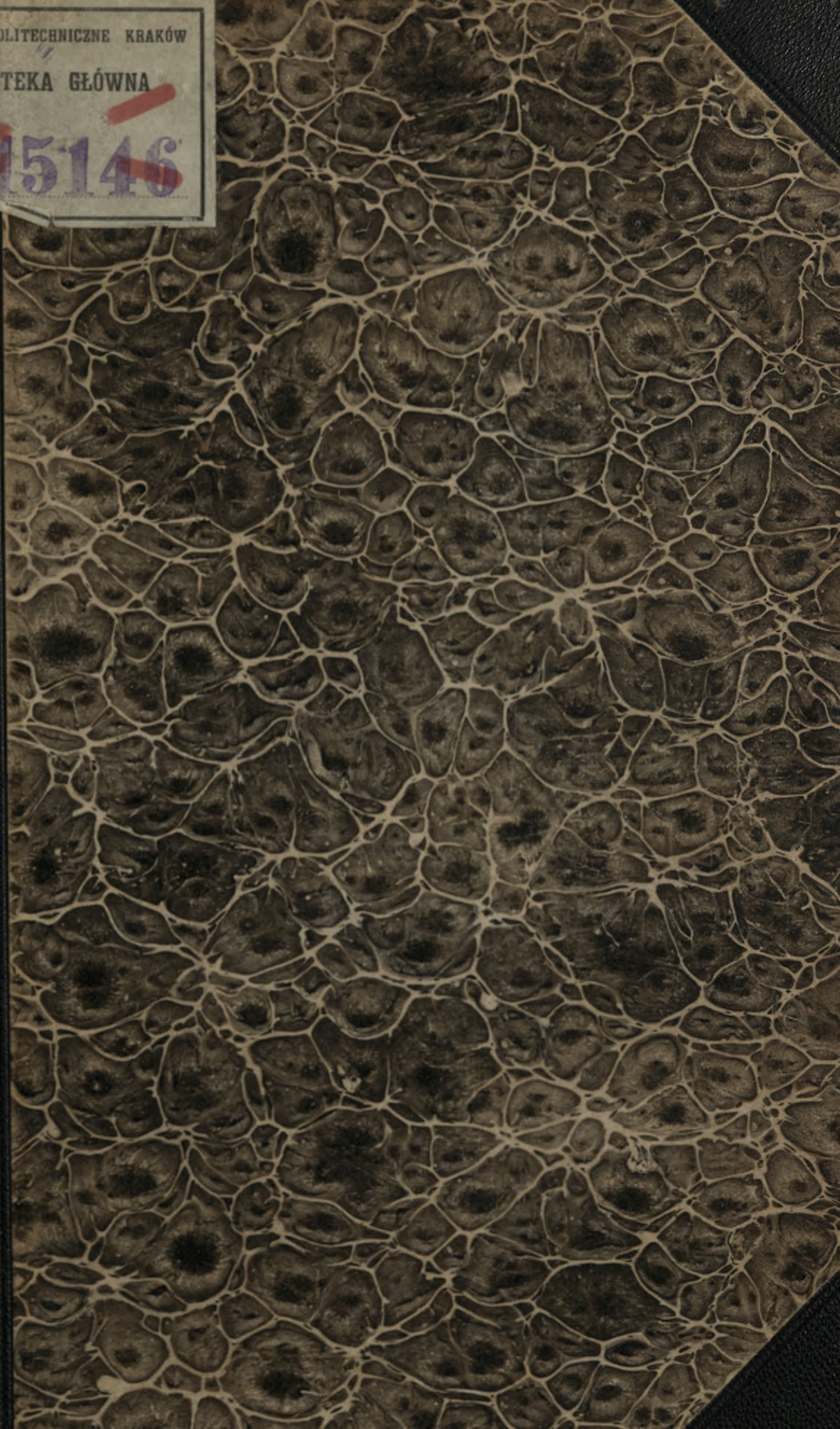


WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

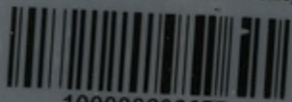
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

~~III 15146~~

L. inw



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298677





On the subject of the ...  
...  
...  
...  
...

Wm  
/ 1



---

Die Gesamtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« ist am Schlusse des vorliegenden Bandes zu finden.

Ebendasselbst ist auch ein Verzeichniß der bereits erschienenen Bände beigelegt.

---

Jeder Band, bezw. jeder Halb-Band und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet ein für sich abgeschlossenes Ganze und ist einzeln käuflich.

---

# HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von Fachgenossen

herausgegeben von

Baudirector

Professor Dr. Josef Durm

in Karlsruhe,

Geheimer Regierungsrath

Professor Hermann Ende

in Berlin,

Geheimer Baurath

Professor Dr. Eduard Schmitt

in Darmstadt

und

Geheimer Baurath

Professor Heinrich Wagner

in Darmstadt.

---

Dritter Theil.

## DIE HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN.

4. Band:

Verförgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Künftliche Beleuchtung der Räume.

Heizung und Lüftung der Räume.

Wafferverförgung der Gebäude.

---

ZWEITE AUFLAGE.

---

VERLAG VON ARNOLD BERGSTRÄSSER IN DARMSTADT.

1890.



7/26.

DIE  
HOCHBAU-CONSTRUCTIONS.

DES  
HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR  
DRITTER THEIL.

4. Band:

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer.

Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht  
und Sonnenwärme.

Von Dr. Eduard Schmitt,  
Grofsh. Heff. Geh. Baurath und Professor an der technischen Hochschule in Darmftadt.

Künftliche Beleuchtung der Räume.

Von  
Hermann Fischer und Dr. Wilhelm Kohlrausch,  
Professoren an der technischen Hochschule in Hannover.

Heizung und Lüftung der Räume.

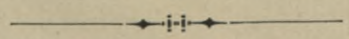
Von Hermann Fischer,  
Professor an der technischen Hochschule in Hannover.

Wafferverforgung der Gebäude.

Von Otto Lueger,  
Ingenieur und Privatdocent an der technischen Hochschule in Stuttgart.

ZWEITE AUFLAGE.

Mit 439 in den Text eingedruckten Abbildungen, fo wie 12 in den Text eingehfteten Tafeln,  
darunter 10 in Farbendruck.



DARMSTADT 1890.  
VERLAG VON ARNOLD BERGSTRÄSSER.

31

7



III - 306449

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

III ~~15446~~

Holzchnitte aus der xylogr. Anstalt von WOLFGANG PFNOR in Darmstadt.

Zink-Hochätzungen aus dem graphischen Institut von FRIEDRICH WOLF in München.

Stein- und Farbendruck-Tafeln aus der lithogr.-artif. Anstalt von FERDINAND WIRTZ in Darmstadt.

Druck der UNION DEUTSCHE VERLAGSGESELLSCHAFT in Stuttgart.

Akc. Nr.

~~394~~ 48

DPK

2017

# Handbuch der Architektur.

III. Theil.

## Hochbau-Constructionen.

4. Band.

(Zweite Auflage.)

### INHALTS-VERZEICHNISS.

Constructionen des inneren Ausbaues.

4. Abschnitt.

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.

	Seite
Allgemeines . . . . .	I
Literatur: Neuere Bücher und Zeitschriften über »Gesundheitstechnik (Bauhygiene)« und über »Gesundheitspflege (Hygiene)« . . . . .	2
A. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme . . . . .	5
1. Kap. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht . . . . .	5
Literatur über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht« . . . . .	20
2. Kap. Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme . . . . .	21
Literatur über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme« . . . . .	27
B. Künstliche Beleuchtung der Räume . . . . .	28
Literatur über »Künstliche Beleuchtung der Räume« . . . . .	28
3. Kap. Gasbeleuchtung . . . . .	29
a) Lichtentwicklung und Lichtmenge . . . . .	29
b) Gasleitungen und Druckregler . . . . .	39
Tabelle über Widerstandshöhen in Millimetern Wasserfäule . . . . .	43
c) Flammengruppen . . . . .	48
Literatur über »Sonnenbrenner etc.« . . . . .	51
Literatur über »Gasbeleuchtung«:	
$\alpha$ ) Allgemeines . . . . .	51
$\beta$ ) Ausgeführte Beleuchtungs-Anlagen . . . . .	53
4. Kap. Elektrische Beleuchtung . . . . .	53
a) Einige elektrische Grundbegriffe . . . . .	53
b) Dynamo-Maschinen . . . . .	56
c) Bogenlicht . . . . .	59

	Seite
d) Glühlicht . . . . .	63
e) Verbindungen, Schaltungen und Leitungen . . . . .	66
f) Hilfs-Apparate . . . . .	72
g) Stromvertheilung von Centralstationen . . . . .	74
h) Accumulatoren . . . . .	78
i) Ausführung der Beleuchtungs-Anlagen . . . . .	82
k) Vorzüge und Kosten der elektrischen Beleuchtung . . . . .	84
Literatur über »Elektrische Beleuchtung«:	
α) Allgemeines . . . . .	87
β) Ausgeführte Beleuchtungs-Anlagen . . . . .	89
C. Heizung und Lüftung der Räume . . . . .	91
Literatur: Bücher über »Heizung und Lüftung im Allgemeinen«	
5. Kap. Zu- und abzuführende Wärmemenge . . . . .	95
a) Wärmemenge, welche in Folge der Benutzung der Räume frei wird . . . . .	95
Tabelle über Wärmeentwicklung verschiedener Lichtquellen . . . . .	96
b) Wärmestrahlung und Wärmeleitung . . . . .	96
c) Wärmeüberführung durch feste Wände (Wärme-Transmission) . . . . .	101
Tabelle über Wärmemengen, welche durch eine 1 m dicke Schicht verschiedener Stoffe übergeleitet werden . . . . .	101
d) Wärmeverlust durch den Luftwechsel . . . . .	114
e) Wärmeeinspeicherung in Wänden und anderen Körpern . . . . .	116
f) Durchschnittliche Zahlenwerthe zur Berechnung des Wärmeaustausches durch Wände, Decken u. s. w. . . . .	123
1) Werthziffern für die Wärmeüberführung lothrechter Wände . . . . .	123
2) Werthziffern für die Wärmeüberführung von Decken und Deckenlichtern . . . . .	123
3) Gebräuchliche Temperaturen . . . . .	124
4) Zuschläge zu den Temperatur-Unterschieden, wenn die Räume erwärmt werden sollen . . . . .	124
5) Einige andere Werthziffern . . . . .	124
6. Kap. Luftverunreinigung und Unschädlichmachen derselben . . . . .	124
a) Quellen der Luftverunreinigung . . . . .	124
b) Messen der Luftbeimischungen . . . . .	127
Literatur über »Luftverunreinigung« und »Messen der Luftbeimischungen« . . . . .	129
c) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen . . . . .	130
1) Abführung der schädlichen Gase, der Dämpfe und des Staubes, bevor dieselben der zu athmenden Luft sich beimischen . . . . .	130
2) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen durch Verdünnen derselben . . . . .	131
α) Erforderliche Verdünnung . . . . .	131
Tabelle über das Gewicht des in 1 cbm gefättigter Luft enthaltenen Wasserdampfes . . . . .	133
β) GröÙe des Luftwechsels . . . . .	134
Tabelle über die stündlich erforderlichen Luftmengen . . . . .	137
γ) Einfluss der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft . . . . .	138
δ) Mittel zum Befeuchten der Luft . . . . .	139
ε) Mittel zum Trocknen der Luft . . . . .	143
3) Entstauben der Luft . . . . .	144
d) Verfahren des Zuführens frischer und des Abführens verunreinigter Luft . . . . .	149
1) Zufällige Lüftung . . . . .	150
2) Künstliche Lüftung . . . . .	152
3) Entnahmestellen für die frische Luft . . . . .	159
7. Kap. Bewegung von Flüssigkeiten in Röhrenleitungen und Canälen . . . . .	160
a) Widerstände der Bewegung . . . . .	160
b) Einfluss der Verschiedenheit der Gewichte geleiteter Flüssigkeiten . . . . .	162
c) Einfluss der Wärmeleitung der Canal-, bezw. Röhrenwände . . . . .	164
Tabellen zur Berechnung von Dampfleitungen . . . . .	168
d) Mittel zum Bewegen der Flüssigkeiten . . . . .	171
1) Bewegen der Flüssigkeiten durch Auftrieb . . . . .	171

	Seite
2) Bewegen der Luft durch den Wind . . . . .	174
Literatur über »Saug- und Blasköpfe« . . . . .	180
3) Strahlapparate oder Strahler . . . . .	181
4) Bewegung durch feste Flächen . . . . .	183
e) Messen der Geschwindigkeit bewegter Flüssigkeiten . . . . .	184
1) Uebertragen der Geschwindigkeit an die Flügel eines sich drehenden Rades . . . . .	184
2) Messen des Druckes, welchen der Stofs der bewegten Flüssigkeit auf eine ruhende Fläche ausübt . . . . .	185
3) Messen des durch eine Leitung strömenden Flüssigkeitsraumes . . . . .	187
Literatur über »Luftgeschwindigkeitsmesser« . . . . .	187
8 Kap. Canäle für Luft und Rauch (Luft-Canäle, Rauch-Canäle, Lock- und Rauchschornsteine)	188
a) Abmessungen . . . . .	188
Tabelle zur Berechnung der Luft-Canäle . . . . .	191
b) Lage und Längenprofil . . . . .	210
c) Construction . . . . .	214
Literatur über »Schornsteine« . . . . .	222
d) Sicherung gegen atmosphärische Einflüsse, gegen Staub, Ungeziefer u. f. w.; Schornstein-auffätze und sonstige Einrichtungen . . . . .	222
e) Schieber, Klappen u. f. w. . . . .	233
9. Kap. Röhrenleitungen für Wasser und Dampf . . . . .	240
a) Abmessungen . . . . .	240
Tabelle über vom Wasserdampf gelieferte Wärmemengen . . . . .	241
b) Lage und Längenprofil . . . . .	249
c) Construction und Einrichtung . . . . .	258
d) Schieber, Hähne, Ventile u. f. w. . . . .	269
10. Kap. Erwärmung der Luft . . . . .	272
a) Brennstoffe . . . . .	272
Tabelle über Zusammenfetzung, Wärme- und Rauchentwicklung u. f. w. der Brennstoffe . . . . .	274
b) Feuerstellen . . . . .	276
Tabelle mit Mafsangaben für Feuerstellen . . . . .	279
c) Wärmeabgabe der Feuergase an die Luft . . . . .	284
1) Wärmeabgabe ohne Zwischenmittel. (Kamine.) . . . . .	285
Literatur über »Kamine und Kaminöfen« . . . . .	285
2) Vermittelung durch eine feste Wand. (Oefen für Einzel- und Sammelheizungen, Canal- und Feuer-Luftheizung.) . . . . .	285
Literatur über »Gasöfen« . . . . .	295
Literatur über »Oefen für Einzelheizungen« . . . . .	301
Literatur über »Feuer-Luftheizung« . . . . .	303
3) Vermittelung durch feste Wände und Wasser, bezw. Dampf. (Wasser- und Dampf-heizung) . . . . .	304
Literatur über »Wasserheizung und Wasser-Luftheizung« . . . . .	322
Literatur über »Dampf-, Dampfwasser- und Dampf-Luftheizung« . . . . .	323
11. Kap. Abkühlung der Luft . . . . .	325
a) Mittel zur Abkühlung . . . . .	325
b) Verwendung der Mittel . . . . .	327
Literatur über »Abkühlung der Luft« . . . . .	329
12. Kap. Regelung der Wärme-Zufuhr, bezw. -Abfuhr . . . . .	330
a) Mittel zur Regelung . . . . .	330
b) Erkennung der Zustände . . . . .	345
c) Ausführung der Regelung . . . . .	348
13. Kap. Heizungs- und Lüftungs-Anlagen . . . . .	350
a) Lüftungs-Anlagen . . . . .	350
b) Heizungs-Anlagen . . . . .	353
Literatur über »Heizungs- und Lüftungs-Anlagen« . . . . .	357
c) Beispiele bewährter Heizungs- und Lüftungs-Anlagen . . . . .	359

	Seite
α) Heißwasser-Luftheizung des Hauses Kahn in Mannheim . . . . .	359
β) Feuer-Luftheizung mit Drucklüftung und Warmwasser-Heizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Kost- und Logirhaus des Bochumer Vereins für Bergbau- und Gußstahlfabrikation . . . . .	360
γ) Feuer-Luftheizung der Leibniz-Realchule in Hannover . . . . .	361
δ) Feuer-Luftheizung mit Sauglüftung der medicinischen Klinik in Bonn . . . . .	362
ε) Dampf-Luftheizung, Druck- und Sauglüftung des Sitzungsfaales des deutschen Reichstages in Berlin . . . . .	363
ζ) Feuer-Luftheizung der St. Johannis-Kirche in Hannover . . . . .	365
Literatur über anderweitige ausgeführte, bezw. projectirte Heizungs- und Lüftungs-Anlagen	365
D. Wasserverforgung der Gebäude . . . . .	374
14. Kap. Wasserbeschaffung . . . . .	376
15. Kap. Zuleitung und Vertheilung des Wassers . . . . .	397
Wasserverforgung eines städtischen Miethhauses . . . . .	420
Wasserverforgung einer herrschaftlichen Residenz . . . . .	421
Literatur über »Ausgeführte Hauswasserleitungen« . . . . .	421
16. Kap. Einzelbestandtheile der Wasserleitungen . . . . .	422
Tabelle über die Kosten für Lieferung und Verlegen von Cement- und Thonröhren . . . . .	423
Tabelle über die Kosten für Lieferung und Verlegen von gußeisernen Röhren . . . . .	423
Tabellen über Lichtweiten, Gewichte und Preise von Bleiröhren und Mantelröhren . . . . .	425
Tabellen über Lichtweiten, Gewichte und Kosten von galvanisirten schmiedeeisernen Röhren . . . . .	425
17. Kap. Warmwasser-Leitungen . . . . .	449
Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Wasser . . . . .	456
Literatur über »Hauswasser-Leitungen« . . . . .	457
Berichtigungen . . . . .	458

### Verzeichnifs

der in den Text eingehafteten Tafeln.

- Zu Seite 117: } Schaulinien über die Wärme-Ueberführung durch Umfassungsmauern. (*Fritze's* Beobach-  
 » » 119: } tungen im neuen chemischen Institut der technischen Hochschule zu Aachen.)  
 » » 359: Heißwasser-Luftheizung des Hauses Kahn in Mannheim.  
 » » 360: Feuer-Luftheizung mit Drucklüftung und Warmwasser-Heizung mit Sauglüftung im Arbeiter-  
 Kost- und Logirhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gußstahlfabrikation  
 (2 Tafeln).  
 » » 361 u. 362: Feuer-Luftheizung der Leibniz-Realchule in Hannover (2 Tafeln).  
 » » 363: Feuer-Luftheizung mit Sauglüftung der medicinischen Klinik in Bonn.  
 » » 364: Dampf-Luftheizung, Druck- und Sauglüftung des Sitzungsfaales des deutschen Reichstages  
 in Berlin.  
 » » 365: Feuer-Luftheizung der St. Johannis-Kirche in Hannover.  
 » » 420: Wasserverforgung eines Miethhauses.  
 » » 456: Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Wasser.

4. Abschnitt.

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft,  
Wärme und Waffer.

Die »Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer«, so wie die im folgenden Abschnitte zu behandelnden »Entwässerungs- und Reinigungs-Anlagen« haben aufer den rein technischen Zwecken des »inneren Ausbaues« auch in hervorragender Weise gefundheitlichen (fanitären, bezw. hygienischen) Zwecken zu genügen. Sie bilden dem entsprechend einen wesentlichen Bestandtheil der sog. Gesundtheitstechnik (Bauhygiene, bauliche Gesundtheitslehre), und diese steht wieder mit der Hygiene oder Gesundtheitspflege — der privaten, wie der öffentlichen — in innigem Zusammenhange.

Es wurde bereits im Vorwort (Grundsätze für die Construction) zum III. Theile dieses »Handbuches« (Band 1) darauf hingewiesen, dafs unsere Hochbauten auch stets den gefundheitlichen Anforderungen zu entsprechen haben. Die Beobachtung und Einhaltung hygienischer Grundsätze tritt indefs bei den sog. gesundtheitstechnischen Anlagen am maßgebendsten auf. »Zur Einführung« sagte *Reclam* im Vorwort zu seiner Zeitschrift »Gesundtheit«<sup>1)</sup> über das Zusammengehen des Arztes und des Baumeisters bei den in Rede stehenden baulichen Anlagen: »... Die Aerzte allein »vermögen die Ursachen des Erkrankens in den einwirkenden Schädlichkeiten aufzufinden und die Hilfsmittel zu bezeichnen. Den ausführenden Technikern erwächst »die Pflicht, die von ärztlicher Seite gestellten Aufgaben zu lösen; freilich müssen »sie dieselben wie die Schädlichkeiten erst kennen lernen, wie auch die Aerzte »zuvor von der Leistungsfähigkeit der Techniker Kenntniß erlangen müssen ...«

Diesem Auspruche kann völlig beigetreten werden, sobald aus der zuletzt gedachten »Kenntniß der Leistungsfähigkeit der Techniker«, die sich ja naturgemäß immer nur auf einige Elemente des bautechnischen Wissens beziehen kann und wird, nicht etwa die Befähigung abgeleitet wird, über das Ganze der technischen Ausführung und ihre constructiven Einzelheiten in entscheidender Weise aburtheilen zu können, und sobald man die »Pflicht, die von ärztlicher Seite gestellten Aufgaben zu lösen«, nur dahin auffaßt, dafs der Architekt in jedem vorliegenden Falle die ihm von hygienisch-ärztlicher Seite gestellte Aufgabe so weit zu lösen bestrebt sein muß, als die jeweiligen Verhältnisse und die verfügbaren Mittel dies gestatten, und so weit es sich mit den baulichen Anforderungen vereinbaren läßt.

r.  
Vor-  
bemerkungen.

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift für körperliches und geistiges Wohl. Elberfeld.

Die ärztlichen Hygieniker übernehmen bei allen gesundheitstechnischen Anlagen die Rolle des Bauherrn; ihnen kömmt es zu, das »Bauprogramm« zu entwerfen; Sache des betreffenden Architekten ist es dagegen, die im Programm gestellte Aufgabe »technisch« zu lösen. Allein eben so, wie in anderen Fällen das Bauprogramm durch die »künstlerischen« und »technischen« Erwägungen des mit der Herstellung des Bauprojectes beauftragten Baumeisters, durch die Bedenken, die er vom ästhetischen und vom constructiven Standpunkte aus gegen den Umfang und die Lösung der ihm gestellten Aufgabe geltend macht, so wie durch die ihm zur Seite stehenden eigenen und fremden Erfahrungen nicht selten Abänderungen erfährt, so wird und kann es auch niemals als »Pflicht« des Baumeisters angesehen werden, die vom Arzte, bezw. Chemiker gestellte Aufgabe ohne Weiteres »technisch« zu lösen. Vielmehr wird es in nicht seltenen Fällen, mit Rücksicht auf die obwaltenden Verhältnisse und die zu Gebote stehenden Mittel, eine »Pflicht« sein, auf die Abänderung, bezw. die Herabminderung der gestellten Anforderungen hinzuweisen; der Architekt wird demnach in gewissem Sinne in das Gebiet des Hygienikers hinüberzugreifen haben. Eben so kann auch der letztere veranlaßt werden, beim Entwurf des technischen Projectes berathend mitzuwirken, durch gesundheitliche Bedenken eine Abänderung desselben hervorzurufen und bei der Wahl zwischen Alternativ-Projecten entscheidend mitzuwirken.

Deshalb ist es, wie *Reclam* ganz richtig bemerkt, von Vortheil, wenn dem Hygieniker die Elemente der Bautechnik, wenn dem Baumeister die Elemente der Hygiene nicht unbekannt sind. Aus diesem Grunde bringen wir — da es im Rahmen des »Handbuches der Architektur« nicht gelegen sein kann, auch die letztgedachten Elementarkenntnisse aufzunehmen — im Nachstehenden ein Verzeichniß der wichtigeren Schriften über »Gesundheitspflege« und müssen es den medicinischen Werken überlassen, in ähnlicher Weise für die Verbreitung bautechnischer Elementar-Kenntnisse in ihren Kreisen zu sorgen. Gleichzeitig haben wir aber den Architekten davor zu warnen, daß er — sobald er sich die Kenntniß von den Elementen der Hygiene erworben hat — sich nicht zu weit in das Gebiet des Arztes und Chemikers hinüberwage, eben so wie wir wünschen müssen, daß auch der Hygieniker bei der Ausführung gesundheitstechnischer Anlagen sein Urtheil nur auf jenes enge Gebiet beschränke, das ihm sein »Können« vorschreibt. Noch ist es je ausgeblieben, noch wird es je ausbleiben, daß wenig erspriessliche, ja unheilvolle Ergebnisse zum Vorschein kommen, sobald der Arzt in das eigentliche Gebiet des Technikers, sobald der letztere in das dem Arzte eigenthümliche Bereich eingreift<sup>2)</sup>.

#### Literatur.

Neuere Bücher und Zeitschriften über »Gesundheitstechnik (Bauhygiene)« und über »Gesundheitspflege (Hygiene)«.

LÉVY, M. *Traité d'hygiène publique et privée*. Paris 1843—45. — 6. Aufl. 1879.

OESTERLEN, F. *Handbuch der Hygiene, der privaten und der öffentlichen*. Tübingen 1850. — 3. Aufl. 1876.

BECQUEREL, A. *Traité élémentaire d'hygiène privée et publique*. Paris 1851. — 7. Aufl. von F. L. HAHN. 1883.

PAPPENHEIM. *Handbuch der Sanitätspolizei*. Berlin 1857—64. — 2. Aufl. 1867—70.

<sup>2)</sup> Vergl. auch: PROKOP, A. Die Stellung des Technikers zur öffentlichen Gesundheitspflege. *Zeitschr. d. öst. Ing.-u. Arch.-Ver.* 1883, S. 29. — HARTMANN, K. Beiträge zur Konstruktionslehre der Gesundheitstechnik. *Gesundheits-Ing.* 1886, S. 86, 123.



- LION. Handbuch der Medicinal- und Sanitätspolizei. Iferlohn 1862—75.
- PARKES, E. A. *A manual of practical hygiene*. London 1864. — 5. Aufl. London 1878.
- STEIN. Verwaltungslehre. 3. Theil. Das öffentliche Gefundheitswesen etc. Stuttgart 1867.
- GEORGE, H. *Traité élémentaire d'hygiène*. Paris 1870.
- GUY, W. A. *Public health: a popular introduction to sanitary science etc.* London 1870.
- REICH, E. System der Hygiene. Leipzig 1871.
- ROUGET, A. *Études d'hygiène*. Poligny 1871.
- BURN, R. S. *Sanitary science as applied to the healthy construction of houses*. Glasgow u. London 1872.  
— Neue Aufl. 1882.
- MICHAEL, W. H. *A manual of public medicine etc.* London 1873.
- WILSON, G. *A handbook of hygiene and sanitary science*. London 1873. — 5. Aufl. 1883. — Deutsche Uebersetzung von P. BÖRNER. Berlin 1877.
- GEIGEL, L. HIRT & G. MERKEL. Handbuch der öffentlichen Gefundheitspflege und der Gewerbekrankheiten. Leipzig 1874. — 2. Aufl. 1875.
- ACKERMANN, A. Literarifcher Wegweiser für die öffentliche Gefundheitspflege und das Wohl der Menschen. Enthaltend die Schriften und Journalartikel der letzten 20 Jahre (1854—1874). München 1875.
- ALBU, J. Handbuch der allgemeinen persönlichen und öffentlichen Gefundheitspflege etc. Berlin 1875.
- CAMERON, CH. A. *Manual of hygiene and compendium of sanitary laws*. London 1875.
- LEVIEUX. *Études de médecine et d'hygiène publique*. Paris 1875.
- KLEYER, A. Gefundheitspflege im Zusammenhang mit Canalbau und Wasserverforgung, nebst einem Anhang über den Zweck und die Einrichtung der Hausentwässerung. Frankfurt a. M. 1875. — Neue Ausg.: Halberstadt 1882.
- LACASSAGNE, A. *Précis d'hygiène privée et sociale*. Paris 1875. — 3. Aufl. 1879.
- PICHLER, W. & L. G. KRAUS. Compendium der Hygiene, Sanitätspolizei und gerichtlichen Medicin. Stuttgart 1876.
- BLYTH, A. W. *A dictionary of hygiene and public health*. London 1876.
- SCHAUENBURG, C. H. Handbuch der öffentlichen und privaten Gefundheitspflege. Berlin 1876.
- BUCHAN, W. P. *Plumbing*. London 1876. — 4. Aufl. 1882.
- DENTON, B. *Sanitary engineering etc.* London 1877.
- HART, E. *A manual of public health etc.* London 1877.
- SANDER, F. Handbuch der öffentlichen Gefundheitspflege. Leipzig 1877. — 2. Aufl. bearbeitet u. herausg. vom Vorstand d. niederrhein. Ver. f. öff. Gefundheitspfl. 1885.
- PROUST, A. *Traité d'hygiène publique et privée*. Paris 1877. — 2. Aufl. 1882.
- HELLYER, S. *The plumber and sanitary houses. A practical treatise on the principles of internal plumbing work, or the best means of effectually excluding noxious gases from our houses*. London 1877. — 2. Aufl. 1880.
- Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausg. von der österr. Commiffion. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Wien 1878.
- KRAUS, L. G. Die Hygiene etc. Leipzig 1878.
- BAYLES, J. Q. *House drainage and water-service*. New-York 1878.
- BANNER, E. G. *Wholesome houses: a handbook of domestic sanitation and ventilation*. London 1878. — Neue Aufl. 1882.
- ERISMANN, F. Gefundheitslehre für Gebildete aller Stände. München 1878. — 2. Aufl. herausg. v. A. SCHUSTER. 1879.
- BUCK, A. H. *A treatise on hygiene and public health*. New-York u. London 1879.
- PAULIER, A. B. *Manuel d'hygiène publique et privée etc.* Paris 1879.
- FRESCHI, F. *Dizionario d'igiene pubblica et di polizia sanitaria etc.* 1879.
- SLAGG, CH. *Sanitary work in the smaller towns and villages*. London 1879. — 2. Aufl. 1883.
- WIEL, J. & R. GNEHM. Handbuch der Hygiene. Karlsbad 1880.
- DUPUY, E. *Manuel d'hygiène publique et industrielle etc.* Paris 1881.
- PHILBRICK, E. S. *American sanitary engineering*. New-York 1881.
- FODOR, J. Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser etc. Abth. 1: Die Luft. Braunschweig 1881.
- NOWAK, J. Lehrbuch der Hygiene etc. Wien 1881. — 3. Aufl. von M. RUBNER. 1888.
- BOUCHARDAT, A. *Traité d'hygiène publique et privée etc.* Paris 1881. — 2. Aufl. 1883.

- ARNOULD, J. *Nouveaux éléments d'hygiène*. Paris 1881. — 2. Aufl. 1889.  
 DENTON, B. *A handbook of house sanitation for the use of all persons seeking a healthy house*. London 1882.  
 KUNTZE, O. Motivirter Entwurf eines deutschen Gefundheits-Baugesetzes. Leipzig 1882.  
 PETTENKOFER, v. & v. ZIEMSEN'S Handbuch der Hygiene und der Gewerbekrankheiten. Leipzig 1882.  
 PUTZEYS, F. *L'hygiène dans la construction des habitations privées*. Brüssel 1882.  
*Standard practical plumbing*. London 1885. — 2. Aufl. 1889.  
 ROSENTHAL, J. Vorlesungen über öffentliche und private Gefundheitspflege. Erlangen 1887.  
 UFFELMANN, J. Handbuch der Hygiene. Wien 1889.

Ferner:

- Annales d'hygiène publique et de médecine légale*. Paris. Erscheint seit 1829.  
*Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserverforgung*. Herausg. v. H. BUNTE. München. Erscheint seit 1858.  
 Correspondenzblatt für die mittelhheinischen Aerzte. Organ für die Epidemiologie und öffentliche Gefundheitspflege. Red. v. H. PFEIFFER. Darmstadt 1866—68.  
 Zeitschrift für Epidemiologie und öffentliche Gefundheitspflege. Herausg. v. H. PFEIFFER u. B. SCHUCHARDT. Neue Folge. Darmstadt 1868—71.  
 Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gefundheitspflege. Red. v. A. SPIESS u. M. PISTOR. Braunschweig. Erscheint seit 1869.  
 Correspondenzblatt des niederrheinischen Vereins für öffentliche Gefundheitspflege. Red. v. LENT. Köln 1872—82.  
*The Sanitarian*. Erscheint seit 1873.  
*The sanitary record. A journal of public health*. Herausg. v. E. HART. London. Erscheint seit 1874.  
 Gefundheit. Zeitschrift für öffentliche und private Hygiene. Red. v. J. RUFF. Frankfurt a. M. Erscheint seit 1875.  
*The Practitioner*. Herausg. von T. BRUNTON. London. Erscheint seit 1875.  
 Archiv für öffentliche Gefundheitspflege in Elfsa-Lothringen. Red. v. J. KRIEGER. Strafsburg. Erscheint seit 1876.  
 Journal für öffentliche Gefundheitspflege und Volkswirthschaft. Herausg. von D. BISENZ. Wien 1877—84.  
 Monatsblatt für öffentliche Gefundheitspflege. Herausg. vom Verein für öffentliche Gefundheitspflege im Herzogthum Braunschweig. Braunschweig. Erscheint seit 1878.  
*The Plumber and Sanitary Engineer*. New-York. Erscheint seit 1878.  
 Der Rohrleger. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin 1878—79.  
 Der Rohrleger und Gefundheits-Ingenieur. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin 1880.  
 Der Gefundheits-Ingenieur. (Neue Folge des Rohrleger.) Herausg. v. K. HARTMANN u. M. GRUBER. Berlin. Erscheint seit 1880.  
*Revue d'hygiène et de police sanitaire*. Red. von E. VALIN. Paris. Erscheint seit 1879.  
*Giornale della Società Italiana d'igiene*. Mailand. Erscheint seit 1879.  
*Public health. Reports and papers presented at the meetings of the American Public health association*. New-York. Erscheint nicht mehr.  
 Centralblatt für allgemeine Gefundheitspflege. Herausg. von FINKELNBURG & LENT. Bonn. Erscheint seit 1882.  
 Archiv für Hygiene. Herausg. von J. FORSTER, F. HOFMANN u. M. v. PETTENKOFER. München. Erscheint seit 1883.  
 Deutsches Wochenblatt für Gefundheitspflege und Rettungswesen. Herausg. v. P. BOERNER. 1883.  
 Zeitschrift für Hygiene. Herausg. v. R. KOCH u. C. FLÜGGE. Leipzig. Erscheint seit 1885.  
 Schweizerische Blätter für Gefundheitspflege. Red. v. G. CUSTER. Zürich. Erscheint seit 1886.

# A. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Von Dr. EDUARD SCHMITT.

Die Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme ist in gesundheitlicher Beziehung eine sehr wichtige Frage; ihre Lösung ist aber auch eine sehr schwierige, weil die verschiedenen dabei maßgebenden Interessen nicht selten einander schroff gegenüberstehen. In den nachstehenden Untersuchungen sollen Anhaltspunkte dafür gegeben werden, wie den zum Theile widerstrebenden Anforderungen und Einflüssen Rechnung getragen werden kann.

## 1. Kapitel.

### Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht.

Die Erhellung der geschlossenen Räume unserer Gebäude kann in zweifacher Weise geschehen:

- 1) durch Sonnen- oder Tageslicht — natürliche Beleuchtung, und
- 2) durch künstliche Lichtquellen — künstliche Beleuchtung.

Bei Tage ist, wo immer es angeht, wo die örtlichen Verhältnisse es gestatten und wo die Bestimmung des betreffenden Gebäudes nicht das Gegentheil erfordert, die natürliche der künstlichen Beleuchtung vorzuziehen; der wohlthätige Einfluss des Sonnenlichtes auf das menschliche Auge, so wie auf den menschlichen Organismus überhaupt, auf thierisches und pflanzliches Leben ist so allgemein anerkannt, dass über diese Angelegenheit Zweifel nicht entstehen können. Zu erörtern ist nur die Frage, welches Mindestmaß der Erhellung erforderlich ist, um jene wohlthätige Wirkung zu erzielen — ein Maß, unter welches nicht gegangen werden darf, wenn das menschliche Auge nicht Schaden nehmen soll.

Um den Erhellungsgrad eines geschlossenen Raumes angeben, bezw. die Lichtmenge bestimmen zu können, die irgend ein Flächenelement in diesem Raume unter dem Einfluss einer Lichtquelle besitzt, muss man ein Vergleichsmaß, eine sog. Lichteinheit, fest stellen. Bei Erhellung durch Sonnenlicht scheint es nahe zu liegen, die Einheit aus dem Tageslicht selbst abzuleiten; allein man würde hierdurch keinen Festwerth erzielen, weil das Tageslicht je nach der Jahres- und Tageszeit, je nach dem Grade der Bewölkung und je nach verschiedenen anderen Umständen, von denen später noch die Rede sein wird, wechselt. Es wurden deshalb andere Einheiten aufgefucht, die sich indess durchweg auf künstliche Lichtquellen beziehen.

Der Erhellungsgrad eines Flächenelementes in einem geschlossenen Raume ist aber nicht bloß von der einfallenden Lichtmenge, d. i. von der Zahl der Lichteinheiten, die dasselbe von einer Lichtquelle empfängt, abhängig, sondern auch von

2.  
Beleuchtung  
im  
Allgemeinen.

3.  
Erhellungsgrad  
und  
Lichteinheit.

dem Abstände desselben von dieser Lichtquelle und von dem Winkel, den der Lichtstrahl mit der beleuchteten Fläche einschließt, dem sog. Auffallwinkel. Bekanntlich steht der Erhellungsgrad im umgekehrten Verhältniß zum Quadrat jenes Abstandes und im geraden Verhältniß zum Sinus des Auffallwinkels. Bei der natürlichen Beleuchtung der Räume können die Oeffnungen in den Wänden, bezw. in der Decke oder im Dach, durch welche das Himmelslicht einfällt — die sog. Lichtöffnungen oder Lichtfelder — als Lichtquellen angesehen werden.

Die Lichteinheit ist in den einzelnen Ländern verschieden gewählt worden, und es ist diese Frage zur Zeit keine abgeschlossene.

In Deutschland hat der »Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern« als Einheit der Lichtstärke eine Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und von genau beschriebener Zusammenfassung des Dochtes empfohlen und sich mit deren Herstellung seit 1868 beschäftigt; 12 solcher Kerzen wiegen 1 kg und sollen eine Flammenhöhe von 50 mm geben.

In Frankreich dient als Einheit das Licht einer Carcel- (Moderateur-) Lampe größten Formats von 20 mm Dochtweite, welche in einer Stunde 42 g gereinigten Colza-Oels (Kohlfaat- oder Rüböls) verbrennt; man nennt dort diese Lichtmenge einfach »*bec Carcel*« oder auch schlechtweg »*bec*«.

In England wendet man als Lichteinheit die sog. Parlamentskerze (*London standard spermaceti candle*) an, die bei einer Flammenhöhe von 44,5 mm stündlich 120 Grains (= 7,77 g) Spermaceti (Wallrath) verbrennt.

Um Vergleiche in den verschiedenen Angaben zu ermöglichen, sei erwähnt, daß annähernd

1 deutsche Normalkerze = 0,10 *becs Carcel* = 0,98 Parlamentskerzen,

1 *bec Carcel* = 9,83 (oder rund 10) Vereinskerzen = 9,6 Parlamentskerzen und

1 engl. Parlamentskerze = 1,02 Vereinskerzen = 0,104 *becs Carcel*.

Diese Lichteinheiten haben der Hauptbedingung, welche man an ein Urmaß stellen muß: daß es bequem an allen Orten und zu allen Zeiten herzustellen ist — nicht ganz entsprochen; namentlich war deren Unveränderlichkeit (Constanz) nicht in genügendem Maße zu erreichen.

Im Jahre 1878 stellte *Schwendler* die Einheit für Lichtmessungen durch die Wirkung eines ständigen galvanischen Stromes, der ein 0,017 m dickes Platinblech durchfließt, dar; die Helligkeit, mit der eine solche Platineinheit glüht, ist in hohem Maße unveränderlich. Da es indes umständlich und schwierig ist, einen constanten galvanischen Strom zu erzeugen und zu controliren, so hat diese Einheit keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Die 1881 stattgehabte erste internationale Electricitäts-Ausstellung zu Paris gab Anlaß, sich mit dem fraglichen Gegenstande gleichfalls zu beschäftigen, um so mehr, als man beim elektrischen Bogenlicht bedeutend größere Helligkeitsgrade zu bestimmen hatte, wie seither. Indes kam der damals abgehaltene internationale Congress von Elektrikern zu keinem abschließenden Ergebnis, und es wurde die Bearbeitung der Frage einer internationalen Commission überwiesen. Von dieser wurde 1884 als »praktische Einheit des weißen Lichtes die Lichtmenge, welche in normaler Richtung von 1 qm der Oberfläche von geschmolzenem Platin bei der Erstarrungs-Temperatur ausgegeben wird«, angenommen.

Diese Platin-Lichteinheit wurde durch einen von *Siemens* construirten Apparat praktisch brauchbar gemacht; allerdings hängt dabei das Licht nicht von im Erstarrten geschmolzenem Platin, sondern von im Schmelzen begriffenem ab. Im Uebrigen ist die *Siemens'sche* Platin-Einheit ein sehr zuverlässiges Lichtmaß. *Siemens* fand die Helligkeit seiner Einheit im Schmelzpunkt gleich derjenigen von 15 engl. Parlamentskerzen.

*Hefner-Alteneck* schlug als Lichteinheit die Leuchtkraft einer frei brennenden Flamme vor, welche aus dem Querschnitte eines massiven, mit Amylacetat gefättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreisrundes Dochtöhrchen aus Neufilber von 8 mm innerem, 8,3 mm äußerem Durchmesser und 25 mm frei stehender Länge vollkommen ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm vom Rande des Dochtöhrchens aus und wenigstens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen. Die Größe dieser Amylacetat-Einheit ist gleich der mittleren Leuchtkraft einer englischen Wallrathkerze; die Constanz dieser Lichtquelle ist eine vorzügliche; die 1888-er Versammlung des »Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern« hat die Amylacetat-Lampe »schon in ihrer jetzigen Gestalt als ein geeignetes Vergleichsmittel für Lichtmessungen« bezeichnet<sup>3)</sup>.

<sup>3)</sup> Siehe über Normal- und Vergleichslichtquellen: Krüss, H. Die elektro-technische Photometrie. Wien, Peß, Leipzig 1886. S. 96 u. ff. — ferner: Weber L. Zur Frage der Lichteinheiten. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1888, S. 597.

Das Sonnenlicht ist in den allermeisten Fällen so stark und so grell, daß die geschlossenen Räume unserer Gebäude davor geschützt werden müssen. Die Erhellung derselben bei Tage erfolgt deshalb durch das von der Atmosphäre aufgenommene und wieder zerstreute (diffuse) Licht.

4.  
Erhellung  
mittels  
Sonnenlicht.

Die Räume selbst werden durch solches Licht entweder unmittelbar oder mittelbar erhellt.

Das Tageslicht ist unmittelbar (direct), wenn die Lichtöffnung, durch welche dasselbe einfällt, unmittelbar in das Freie führt. Mittelbares (indirectes) Tageslicht empfangen Räume durch Lichtöffnungen, welche nach benachbarten — daneben oder darüber gelegenen — unmittelbar erhellten Räumen münden.

Bei der unmittelbaren Beleuchtung ist noch zu unterscheiden, ob das zerstreute Sonnenlicht ganz unbeeinträchtigt aus dem völlig Freien kommt oder ob der Licht-einfall durch gegenüber liegende oder benachbarte Gebäude, bezw. andere Gegenstände ganz oder zum Theile gehemmt ist, so daß es theilweise als Reflex-Licht zur Wirksamkeit kommt. Besonders störend und für das Auge geradezu schädlich ist das Reflex-Licht, welches von hell gefärbten und vom Sonnenlicht grell erhellten Flächen zurückgeworfen wird und in Räume benachbarter oder gegenüber liegender Gebäude einfällt; solches Licht soll deshalb so weit, als irgend möglich, vermieden werden.

Die Lichtöffnungen, durch welche geschlossene Räume unmittelbares Tageslicht empfangen, werden angeordnet:

5.  
Unmittelbare  
Erhellung.

- 1) in den seitlichen Umfassungswänden — Seitenlicht, oder
- 2) in den nach oben abschließenden Decken, bezw. Dächern — Decken-, bezw. Dachlicht.

Decken- und Dachlicht werden häufig als Oberlicht<sup>4)</sup> bezeichnet. In bestimmten Fällen wird das von oben lothrecht einfallende Licht auch Zenith-Licht genannt, insbesondere, wenn es nahe am First eines Satteldaches, in der Spitze eines Zelt-daches, durch den Scheitel eines Kuppelgewölbes, bezw. Kuppeldaches etc. in den Raum einfällt.

3) Nicht selten kommen seitliche und in der Decke, bezw. im Dach angeordnete Lichtöffnungen gleichzeitig zur Anwendung. Es geschieht dies hauptsächlich in jenen Fällen, wo ein Raum durch die seitlich angebrachten Fensteröffnungen in gewissen (rückwärts gelegenen) Theilen nicht genügend erhellt wird; das Decken-, bezw. Dachlicht dient dann zur Vervollständigung der Erhellung in diesen Theilen. Bisweilen ist jedoch das Decken-, bezw. Dachlicht die Hauptlichtquelle für den betreffenden Raum, und die in seinen Umfassungswänden vorhandenen Fensteröffnungen sind hauptsächlich in Rücksicht auf die Lüfterneuerung oder aus anderen, mit der Raumerhellung nicht zusammenhängenden Gründen vorgesehen worden.

Die am häufigsten vorkommende Art der Tageserhellung unserer Räume ist diejenige mittels Seitenlicht, und darunter wieder diejenige mittels gewöhnlicher Fenster, d. i. solcher, deren Unterkante in Brüstungshöhe gelegen ist oder tiefer herabreicht. Befinden sich die Fensteröffnungen in wesentlich größerer Höhe, so erfolgt die Erhellung des betreffenden Raumes mittels fog. hohen Seitenlichtes oder Hochlichtes, welches auch Oberlicht<sup>5)</sup> genannt wird.

6.  
Seitliche  
Erhellung.

<sup>4)</sup> Im »Handbuch der Architektur« wird der Gebrauch der Bezeichnung »Oberlicht« vermieden, um Mißverständnissen vorzubeugen; wie noch in Art. 6 gesagt werden wird, nennt man nicht selten hoch einfallendes Seitenlicht gleichfalls »Oberlicht«.

<sup>5)</sup> Diese Bezeichnung wird namentlich für Fenster, die über Thür- oder Thoröffnungen angebracht sind, gebraucht. (Siehe auch die vorhergehende Fußnote.)

Die seitliche Erhellung von Räumen erfolgt aber auch bisweilen durch verglaste Wände, viel seltener durch sog. Glashüren; der erstere Fall tritt namentlich bei Pflanzenhäusern, photographischen Arbeitsstätten, Markthallen, Personenhallen größerer Bahnhöfe, Ausstellungsbauten etc. ein.

7.  
Erhellung  
von oben.

Wenn ein Raum von oben erhellt werden soll, so wird, wenn eine wagrechte Decken-Construction vorhanden ist, entweder die ganze Decke oder meist ein entsprechend großer, thunlichst central gelegener Theil derselben als Lichtfläche constructirt; die darüber gelegenen Dachflächen sind alsdann gleichfalls mit genügend großen Lichtöffnungen zu versehen, und in manchen Fällen wird zwischen Decke und Dach ein Lichtschacht angeordnet.

Ist der zu erhellende Raum nach oben unmittelbar durch die Dach-Construction abgeschlossen, so ist in den Dachflächen ein entsprechend großer, central gelegener Theil lichtdurchlässig auszuführen.

8.  
Seitlich  
oder  
von oben  
einfallendes  
Licht?

In sehr vielen Fällen ist die Frage, ob man einen Raum durch seitlich oder durch von oben einfallendes Licht zu erhellen habe, durch die Lage dieses Raumes im Gebäude selbst ohne Weiteres beantwortet. Sind über dem zu erhellenden Raume andere Räume angeordnet, so ist eine unmittelbare Beleuchtung des ersteren von oben so gut wie ausgeschlossen, und eben so giebt es Fälle, wo ein Raum von der Seite her sich gar nicht oder doch nicht ausreichend erhellen läßt, so daß Licht-einfall von oben geradezu geboten ist.

Von derartigen Fällen abgesehen, läßt sich die Frage, ob Seitenlicht dem Decken-, bezw. Dachlicht vorzuziehen sei und umgekehrt, allgemein nicht beantworten; hauptsächlich wird dabei die Bestimmung des betreffenden Raumes ausschlaggebend sein.

Sind, wie dies meistens zutrifft, nur in einer Umfassungswand des zu erhellenden Raumes Fenster angeordnet, so ist in einem Punkte desselben der Erhellungsgrad ein um so geringerer, je weiter er von den lichtgebenden Wandöffnungen entfernt ist. Wenn sonach die Bestimmung des betreffenden Raumes eine derartige, nach der Raumtiefe abnehmende Erhellung zuläßt, so ist solches Seitenlicht anwendbar. Gestattet die beabsichtigte Raumbenutzung dies nicht und lassen sich Fenster in zwei einander gegenüber stehenden Wänden anbringen, so wird man dadurch in manchen Fällen die ausreichende, bezw. geeignete Erhellung des Raumes erzielen können.

Immerhin wird es Fälle geben, wo durch seitliches Licht entweder keine genügende oder keine geeignete Raumerhellung erzielt werden kann, wo dies vielmehr nur durch von oben einfallendes Licht erreichbar ist. Handelt es sich darum, große wagrechte Flächen thunlichst gleichmäßig zu erhellen, so kann dies durch Decken-, bezw. Dachlicht eher bewirkt werden, als durch Seitenlicht. Allerdings werden auch bei von oben einfallendem Lichte die am Umfange der zu erhellenden wagrechten Fläche gelegenen Theile etwas schwächer beleuchtet sein, als die gerade unter der Lichtöffnung befindlichen; allein die Ungleichmäßigkeit in der Erhellung wird eine viel geringere, als bei seitlicher Beleuchtung sein.

Es giebt ferner Fälle, wo es sich hauptsächlich darum handelt, in bestimmten Theilen der Umfassungswände einen thunlichst gleichmäßigen Erhellungsgrad zu erzielen. Bei seitlicher Beleuchtung sind die mit Fenstern versehenen Wände für viele Zwecke fast unbenutzbar, und die senkrecht dazu stehenden Wände zeigen, je nach dem Abstand von der Fensterwand, im Erhellungsgrade verschiedene Abstufungen, so daß auch diese nur unter gewissen Bedingungen zweckmäßig verwendet werden

können. Hingegen läßt sich durch in der Decke, bezw. im Dach thunlichst central angeordnete Lichtöffnungen, insbesondere, wenn man noch gewisse Vorsichtsmaßregeln trifft, eine viel gleichmäßigere Erhellung der betreffenden Theile sämmtlicher Umfassungswände erzielen.

In derartigen Fällen wird sonach die Erhellung von oben derjenigen von der Seite her vorzuziehen sein, und man wird auch noch den weiteren Vortheil des von oben einfallenden Lichtes auszunutzen in der Lage sein, der darin besteht, daß letzteres in der Regel von der Umgebung weniger beeinträchtigt wird, als das Seitenlicht.

Indefs ist die Raumerhellung von oben nicht frei von Mifsständen:

1) Der Erhellungsgrad ist je nach dem Stande der Sonne ein ziemlich stark wechselnder; zwar ist dies auch bei Seitenlicht der Fall, allein in wesentlich geringerm Maße.

2) Unter sonst gleichen Verhältnissen ist in vielen Fällen der Erhellungsgrad, den von oben einfallendes Licht erzeugt, weniger ausgiebig, als der vom Seitenlicht herrührende. Denn die Arbeitsstellen etc. des betreffenden Raumes befinden sich meist dem Fußboden nahe, und da die Entfernung derselben von der Lichtöffnung im ersteren Falle in der Regel größer ist, als im letzteren, so muß der Erhellungsgrad ein geringerer sein.

Oder umgekehrt: will man in beiden Fällen einen gleichen Erhellungsgrad erzielen, so werden bei Beleuchtung von oben die Lichtöffnungen in der Regel größer sein müssen, als bei seitlicher Erhellung. Da nun Fenster etc. in der Ausführung meist billiger zu stehen kommen, als Decken- und Dachlichter, so bedingt die Erhellung von oben im Allgemeinen theurere constructive Einrichtungen, als jene von der Seite her.

3) Von oben einfallendes Licht erzeugt in manchen Fällen auch aus dem Grunde einen geringeren Erhellungsgrad, weil bei solcher Beleuchtungsart die doppelte Verglasung der Lichtöffnung (in der Decke und im Dach) häufiger nothwendig wird, als bei seitlicher Erhellung.

4) Bei Schneefall wird die Wirksamkeit von Decken- und Dachlichtern beeinträchtigt. Indefs kann man diesem Mifsstande in ausgiebiger Weise begegnen, wenn man die verglasten Flächen der Lichtöffnungen so steil anordnet, daß der Schnee darauf nicht liegen bleibt; und wenn letzteres dennoch in geringem Maße der Fall sein sollte, so schmilzt über erwärmten Räumen der abgelagerte Schnee bald ab.

5) Auch durch Staubablagerung tritt eine Verminderung der Raumerhellung ein. Je flacher die verglaste Lichtfläche gelegen ist, desto leichter wird sich Staub ablagern.

Mittelbares Licht kann einem Raume entweder durch offene oder verglaste Wandöffnungen (Fenster, Glashüren etc.), welche in einen daran stoßenden Raum münden, oder durch Glaswände, welche ihn von benachbarten Räumen trennen, oder durch Lichtöffnungen in seiner Decke zugeführt werden.

Bloß untergeordnete Räume und solche, in denen durch die Lichtöffnungen nicht auch der erforderliche Luftwechsel erzeugt werden soll, können durch mittelbares Licht erhellt werden. Für wichtigere Räume ist dies wohl nur in dem Falle als zulässig zu erachten, wenn dieselben an größeren glasbedeckten Höfen gelegen sind; alsdann kann man solchen Räumen durch ihre nach dem Hofe mündenden Fenster wohl die nöthige Lichtmenge zuführen; allein den Zwecken der Lufterneuerung können derartige Fenster nur in sehr unvollkommenem Maße genügen.

Das Licht, welches durch sehr enge Lichthöfe, bezw. Lichtschächte in die daran grenzenden Räume fällt, ist dem mittelbaren Lichte gleich zu achten.

Die in Rede stehenden Lichtöffnungen werden in unseren Klimaten nur sehr selten ganz frei gelassen, sondern fast ausnahmslos durch eine Verglasung — einfach oder doppelt — verschlossen.

Beim Durchgang des unmittelbaren Tageslichtes durch verglaste Lichtöffnungen wird die Intensität des einfallenden Lichtes etwas herabgemindert; dieser Verlust beträgt:

bei einfachem Fensterglas . . . . .	4 Procent,
bei doppeltem Fensterglas . . . . .	9—13 »
bei 8 <sup>mm</sup> starkem Spiegelglas . . . . .	6—10 »
bei grünem und rothem Glas . . . . .	80—90 »
bei orangefarbigem Glas . . . . .	34 »
bei matt geschliffenem Glas . . . . .	30—66 »

Diese Zahlenangaben sind in der unten genannten Quelle <sup>6)</sup> allerdings als für künstliche Beleuchtung geltend mitgetheilt. Allein nach *Mohrmann's* Versuchen <sup>7)</sup> haben dieselben auch für Tageslicht Gültigkeit, mit Ausnahme des für mattes Glas angegebenen Werthes, der im Durchschnitt geringere Procentfätze ergab.

Nach *Mohrmann* kann für kräftig behandelte, vielfarbige Glasfenster im mittelalterlichen Charakter bei Tageslicht ein durchschnittlicher Verlust von 50 bis 80 Procent in Rechnung gestellt werden.

Bisweilen wählt man für die Lichtöffnungen Verglasungen, welche auf das einfallende Tageslicht eine zerstreue Wirkung ausüben (auch das schon erwähnte matt geschliffene Glas thut dies); in gleicher Weise wirken Oelpapier, gewöhnliches Papier, dünne Gewebe und andere durchscheinende Körper. Beim Durchgang durch solche Körper erleidet das Sonnenlicht gleichfalls einen Verlust; derselbe beträgt nach *Mohrmann's* Versuchen <sup>8)</sup>:

für klares Glas mit Rippen oder gepresster Musterung . . . . .	10—20 Procent,
für Glas, sehr matt geschliffen, nur theilweise zerstreud . . . . .	12 »
für Glas, ziemlich matt geschliffen, fast völlig zerstreud . . . . .	20 »
für Glas, mittelstark geschliffen, völlig zerstreud . . . . .	25—30 »
für Glas, sehr rauh geschliffen, weiß aussehend . . . . .	30—50 »
für Milchglas, 2 bis 3 <sup>mm</sup> stark . . . . .	50—80 »
für klares Oelpapier . . . . .	15—30 »
für dünnes Briefpapier . . . . .	50—70 »
für gewöhnliches Schreibpapier . . . . .	75—90 »
für dicht gewebtes Leinen . . . . .	50—95 »

Nach neueren, von *Herzberg* angestellten Versuchen <sup>9)</sup> wurde der in Rede stehende Lichtverlust ermittelt:

- 1) bei einfachem weissen rheinischen Doppelglas . . . . . zu 10 Procent,
- 2) bei einfachem dünnem Spiegelglas . . . . . » 10 »
- 3) bei unter 1 und 2 genannten Gläsern zusammen, in 6<sup>cm</sup> Abstand in einen Rahmen gespannt . . . . . » 21 »
- 4) bei einfachem mattem Glas (undurchsichtig, nur Licht durchlassend) . . . . . » 27 »
- 5) bei einfachem Kathedralglas von etwas grünlicher Färbung . . . . . » 12<sup>2</sup>/<sub>3</sub> »
- 6) bei einfachem Kathedralglas von weißer Färbung . . . . . » 12<sup>2</sup>/<sub>3</sub> »
- 7) bei unter 1 und 6 genannten Gläsern zusammen, in 6<sup>cm</sup> Abstand in einen Rahmen gespannt . . . . . » 23 »

<sup>6)</sup> Nach: Deutsches Bauhandbuch. Bd. II, 1. Berlin 1880. S. 357.

<sup>7)</sup> Siehe: MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885. S. 19.

<sup>8)</sup> Siehe ebendaf., S. 21.

<sup>9)</sup> Siehe: Gefundh.-Ing. 1889, S. 281 — und: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1889, S. 502.



- 8) bei matter Glascheibe mit gemaltem Stern zusammen mit einer weissen Dachscheibe, letztere bestaubt (beide aus dem Deckenlicht eines in Benutzung befindlichen Saales); die Scheiben (der Wirklichkeit entsprechend) in 1,6<sup>m</sup> Abstand von einander . . . . . zu 60 Procent <sup>10)</sup>,
- 9) bei neuer, nicht bestaubter, matter Glascheibe (ohne Stern) zusammen mit der bestaubten weissen Glascheibe des vorigen Versuches; die Scheiben in 1,6<sup>m</sup> Abstand von einander . . . . . » 40 »

In den nachstehenden Erörterungen wird unter »Lichtöffnung« oder »Lichtfläche« durchwegs der Flächeninhalt der Fenster-, Decken-, bezw. Dachlichtöffnung, der verglasten Theile von Glsthüren, Glaswänden etc. — nach Abzug der Sproffen und aller sonstigen Constructionstheile, welche den Lichteinfall hemmen — verstanden.

Eine große Lichtmenge verschlucken meist die Fenstersproffen, und zwar nach Mohrmann <sup>11)</sup>:

bei eisernen Fenstern . . . . .	5—10 Procent,
bei Bleiverglafung . . . . .	10—25 »
bei den gewöhnlichen hölzernen Wohnhausfenstern	25—35 »

Die üblichen leichten Tüllvorhänge bewirken einen Lichtverlust von 15 bis 30 Procent und mehr; sie wirken auch etwas zerftreud.

Auf Grund obiger Zahlenangaben wird für gewöhnliche Wohnhausfenster mit einem Lichtverlust von ca. 50 Procent (5 Procent für das Glas, 30 Procent für die Sproffen und 25 Procent für die Vorhänge angenommen, giebt  $100 \cdot 0,95 \cdot 0,70 \cdot 0,75 = 49,9$ ) zu rechnen sein.

Von der Construction der die Lichtöffnungen bildenden Anlagen soll im vorliegenden Kapitel nicht die Rede sein, sondern nur von der Verforgung geschlossener Räume mittels Sonnenlicht im Allgemeinen <sup>12)</sup>. Ueber erstere ist in anderen Bänden des III. Theiles dieses »Handbuches« das Nöthige zu finden: bezüglich der Fenster und damit verwandter Anlagen, so wie der Glsthüren sei auf Band 3, Heft 3, bezüglich der Glaswände auf Band 2 und bezüglich der verglasten Decken und Dächer auf Band 3, Heft 1 u. 2, verwiesen.

Das zerftreute Sonnenlicht ist je nach dem Theile des Himmelsgewölbes, von welchem es ausstrahlt, verschieden stark (intensiv). Es ist am wirksamsten, wenn es aus der Umgebung des augenblicklichen Sonnenstandes, am schwächsten, wenn es nahe am Horizonte ausstrahlt; das aus anderen Theilen des Himmelsgewölbes herührende Sonnenlicht hat auch eine andere Intensität. Für den Erhellungsgrad eines geschlossenen Raumes ist sonach die Menge des unmittelbar einfallenden Himmelslichtes von wesentlichstem Einfluss. Auch das Licht, welches vom Reflex an den Wänden und an der Decke dieses Raumes, an gegenüber liegenden Gebäuden etc. herrührt, ist von Einfluss; doch kommt dieser erst in zweiter Linie. Solches Reflexlicht ist namentlich für jene Theile des zu erhellenden Raumes von Wesenheit, welche weit vom Fenster, bezw. von den anderweitigen Lichtöffnungen entfernt sind. Derartiges Licht wird in den nachstehenden Untersuchungen keine weitere Berücksichtigung finden.

11.  
Wirksamkeit  
des  
Sonnenlichtes.

<sup>10)</sup> Dieses Ergebnis ist nicht ganz zuverlässig, weil der gemalte Stern der photometrischen Messung sehr hinderlich war.

<sup>11)</sup> A. a. O., S. 20.

<sup>12)</sup> Verf. wird dabei zum Theile einer Arbeit F. v. Gruber's in: Arbeiten der hygienischen Sectionen des VI. Internationalen Congresses für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Anhang zum Thema XI. Wien 1888. S. 53 (auch abgedruckt in: Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261, 269, 277, 285) folgen; der Herr Urheber dieser Abhandlung hat deren Benutzung für den vorliegenden Zweck in sehr dankenswerther Weise gestattet.

Der Erhellungsgrad eines geschlossenen Raumes ist aber auch noch von anderen, zum Theile zufälligen Einflüssen abhängig: vom geographischen Breitengrad, von der Jahres- und Tageszeit, vom Grade der Bewölkung und der Feuchtigkeit der Luft etc. Man hat bis vor Kurzem angenommen, daß diese Einflüsse so überwiegend sind, daß man die zuerst erwähnte Verschiedenheit des Erhellungsgrades vernachlässigen könne. Indefs hat *Cohn* im Jahre 1885 durch photometrische Beobachtungen nachgewiesen, daß der südliche und südöstliche Himmel stets einen stärkeren Licht-effect giebt <sup>13)</sup>.

Zur Erhellung eines im Freien befindlichen Flächenelementes trägt das ganze Himmelsgewölbe bei. Wenn sich hingegen dieses Flächenelement in einem geschlossenen Raume befindet, so trägt zu seiner Erhellung nur derjenige Theil des Himmelsgewölbes bei, von welchem Lichtstrahlen nach diesem Flächenelement gelangen können. Je nach der Größe dieses Theiles ist der Grad der Erhellung ein verschiedener, und zwar ist er direct proportional der Größe jenes Firmamenttheiles, sobald das zu erhellende Flächenelement einer Ebene angehört, welche senkrecht zum Axialstrahl des betreffenden Firmamenttheiles steht. Schließt die Ebene mit jenem Axialstrahl einen Winkel, der kleiner als 90 Grad ist, ein, so ist die Erhellung eine geringere, und zwar nimmt sie mit dem Sinus dieses Winkels ab.

12.  
Meter-  
Normalkerze.

Mittels der in Art. 3 (S. 6) vorgeführten Lichteinheiten läßt sich bei künstlicher Erhellung der Räume die Lichtmenge angeben, welche eine Lichtquelle ausstrahlt. Bei Erhellung mittels Sonnenlicht hat man hingegen nicht so sehr die Lichtstärke anzugeben, welche von einem bestimmten Punkte des Himmelsgewölbes ausgeht, als vielmehr den Erhellungsgrad, welcher auf einem von diesem Punkte beleuchteten Körper hervorgebracht wird, mit anderen Worten: es handelt sich um die gesammte Wirkung aller auf ein bestimmtes Flächenelement unmittelbar oder durch Reflex gelangenden Lichtstrahlen des Himmelsgewölbes.

Diese Wirkung vergleicht man deshalb nicht unmittelbar mit der Normalkerze (oder einer anderen Lichteinheit), sondern mit der Wirkung, welche die letztere in einem bestimmten Abstände auf das zu erhellende Flächenelement ausübt. Man nimmt als Abstand des letzteren von der Normalkerze 1<sup>m</sup> an und nennt den so erzeugten Erhellungsgrad eine Meter-Normalkerze oder kurzweg Meterkerze.

In unseren Breitengraden beträgt, wie photometrische Untersuchungen gezeigt haben, bei gleichmäßig bedecktem Himmel an einem Wintertage, bezw. eine Stunde vor Sonnenuntergang an einem Sommertage, der Erhellungsgrad, welcher durch eine 1 qcm große Oeffnung auf einem um 1<sup>m</sup> von derselben entfernten Flächenelement erzeugt wird,  $\frac{1}{4}$  der Helligkeit einer Meter-Normalkerze, wenn die fog. deutsche Normalkerze (siehe Art. 3, S. 6) zu Grunde gelegt wird.

13.  
Erforderlicher  
Erhellungs-  
grad.

Der in einem geschlossenen Raume erforderliche Erhellungsgrad ist, wenn nicht durch die Bestimmung des Raumes bereits anderweitig gegeben, vor Allem vom hygienischen Standpunkte aus zu bemessen. Es ist nicht Aufgabe des Architekten, den Erhellungsgrad, welchen der Mensch für einen bestimmten Zweck nothwendig hat, fest zu stellen; dies ist die Aufgabe der Hygieniker, bezw. vor Allem der Augenärzte unter ihnen. Sache des Architekten ist es, den von letzteren im Verein

<sup>13)</sup> Siehe über diesen Gegenstand:

COHN, H. Tageslicht-Messungen in Schulen. Deutsche Medicin. Wochschr. 1884, Nr. 38.

WEBER, L. Intensitäts-Messungen des diffusen Tageslichtes. Annalen der Physik u. Chemie, Bd. 26 (1883), S. 374.

mit den Physikern angestellten Forschungen zu folgen und dieselben, so weit als thunlich, technisch zu berücksichtigen.

Ueber den in den Innenräumen unserer Gebäude erforderlichen Erhellungsgrad gehen die Ansichten ziemlich aus einander. Mehrere derselben seien nachstehend vorgeführt.

1) Eine vielfach benutzte Angabe ist, daß es in den meisten Fällen genüge, wenn die Fensterlichtfläche  $\frac{1}{7}$  bis  $\frac{1}{6}$  der Grundfläche des zu erhellenden Raumes beträgt, vorausgesetzt daß die Erhellung nicht durch Nachbargebäude beeinträchtigt wird.

2) Eine hiermit verwandte Bestimmung enthalten die vom »Deutschen Verein für öffentliche Gesundheitspflege« 1889 vorgeschlagenen »Reichsgesetzlichen Vorschriften zum Schutz des gefunden Wohnens«; in §. 7 heißt es: »... In jedem solchen (zum längeren Aufenthalt von Menschen dienenden) Raume soll die lichtgebende Gesamtmfläche der ... Fenster mindestens ein Zwölftel der Grundfläche betragen ...«

Die Angaben unter 1 und 2 sind schon um dessentwillen unvollkommene, weil bei denselben die Grundform des zu erhellenden Raumes (das Verhältnis seiner Tiefe zur Länge), eben so die Lage und Form der Lichtöffnungen etc. nicht berücksichtigt ist.

3) *Baumjeifer* macht<sup>14)</sup> die Größe der Fensteröffnung vom körperlichen Inhalt des betreffenden Raumes abhängig. Danach sollen »alle zum längeren Aufenthalte von Menschen bestimmten, d. h. bewohnten Räume (als Wohn- und Schlafzimmer, Arbeits- und Versammlungs-Localen, Küchen) Fenster erhalten, deren lichtgebende und zum Oeffnen eingerichtete Gesamtmfläche mindestens 1 qm auf 30 cbm Rauminhalt beträgt.«

Diese Bestimmung ist dann von Bedeutung und deshalb berücksichtigenswerth, wenn man die Fensteröffnungen vor Allem als Mittel für die Lufterneuerung im betreffenden Raume betrachtet; vom Standpunkt der Erhellung dieses Raumes zeigt sie die gleichen Unvollkommenheiten, wie unter 1.

4) *Böckmann* leitet<sup>15)</sup> folgende Regel ab: »Als gut beleuchtet kann man die Räume bezeichnen, bei denen man, an die dem Fenster entgegengesetzte Wand gelehnt, noch den Himmel sehen kann.«

Diese Regel nimmt zwar auf die Raumtiefe, in gewissem Sinne auch auf die Lage und Form der Fensteröffnungen Rücksicht; allein der dadurch gegebene Maasstab ist um dessentwillen nicht genügend sicher, weil es sich vor Allem darum handelt, ob der Theil des Himmelsgewölbes, den man sehen kann, auch groß genug ist, um den für einen bestimmten Zweck erforderlichen Erhellungsgrad zu erzielen.

5) *Javal* fordert — insbesondere für Schulen — daß jeder Platz unmittelbares Sonnenlicht erhalten müsse. Hierdurch ist aber noch nicht die Frage gelöst, wie viel von diesem Lichte unbedingt nothwendig ist.

6) <i>Mohrmann</i> verlangt <sup>16)</sup> für:	mindestens
α) Untergeordnete Räume, deren Beleuchtung ein Lesen nur mit Mühe ermöglichen würde . . . . .	1
β) Vorplätze, Treppenhäuser etc. . . . .	5
γ) Arbeitsplätze für untergeordnete Arbeit in manchen Werkstätten, Packräumen, Küchen etc. . . . .	15—20
δ) Arbeitsplätze, die Lesen und Schreiben ohne Anstrengung zulassen . . . . .	50—100
ε) Plätze für sehr feine Arbeit, Zeichenpulte, Sammelkästen in Museen, Wände der Gemälde-Galerien . . . . .	200 u. mehr Meter- Normalkerzen.

Es wird noch gezeigt werden, daß die unter δ und ε gestellten Forderungen ziemlich hohe sind.

Außer dem hier maßgebend gewesenen hygienischen Standpunkte können für den erforderlichen Erhellungsgrad eines Raumes auch ästhetische Rücksichten von Einfluß sein. Denn es steht keineswegs fest, daß die Innenräume unserer Gebäude unter allen Umständen vollkommen gleichmäßig erhellt sein müssen. Im Gegentheile, in dem Gegensatz, welcher durch die Ungleichmäßigkeit der Erhellung verschiedener Theile eines und desselben Raumes erzeugt wird, liegt nicht selten ein Reiz, den

<sup>14)</sup> In: Normale Bauordnung nebst Erläuterungen. Wiesbaden 1880. (S. 38).

<sup>15)</sup> In: Deutsches Bauhandbuch. Bd. II, Theil 2, S. 79.

<sup>16)</sup> In: MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885. S. 14.

die decorative Ausstattung dieses Raumes zur Geltung bringen kann, den aber keine Decoration hervorzurufen im Stande ist. Diese — rein ästhetische — Seite der Erhellungsfrage kann hier weiter keine Berücksichtigung finden, obwohl die nachstehenden Erörterungen zu derselben in keinerlei Gegensatz treten werden. Solche »behaglich« erhellte Räume pflegen in der Regel nur für den Aufenthalt weniger Personen bestimmt zu sein, und die gesundheitlichen Anforderungen sind schon erfüllt, wenn bloß die Arbeitsplätze dieser Personen genügend stark beleuchtet sind.

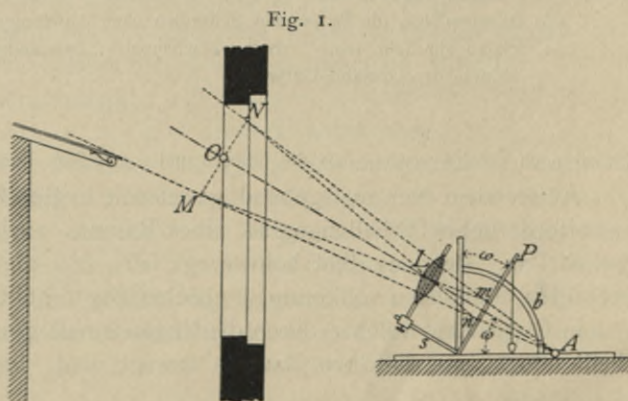
Auch so weit der besondere Zweck eines Raumes ein besonderes Maß, bezw. eine besondere Art der Erhellung bedingt, wie z. B. in Schulen, Museen, Ausstellungsräumen, großen Sitzungssälen etc., wird dieser Gegenstand von den nachfolgenden allgemeinen Erörterungen auszuschließen sein; hiervon wird im IV. Theile dieses »Handbuches«, bei Besprechung der betreffenden Gebäudearten, im Besonderen zu reden sein.

14.  
Raumwinkel  
und  
Raumwinkel-  
messer.

Um in zuverlässiger Weise bestimmte Angaben über den Erhellungsgrad machen zu können, stellte *Weber* den Begriff des sog. »Raumwinkels« fest und construirte einen Raumwinkelmeßer. Unter Raumwinkel hat man die körperliche Ecke zu verstehen, die das gefammte Strahlenbüschel umfaßt, welches von jenem Theile des Himmelsgewölbes, der von einem bestimmten Punkte des zu erhellenden Raumes sichtbar ist, nach diesem einfällt. Es handelt sich nun darum, für diese körperliche Ecke ein geeignetes Maß zu finden und eine Vorrichtung zu construire, mittels deren man den Raumwinkel leicht und bequem in diesem Maße messen kann. Hierzu dient *Weber's* Raumwinkelmeßer.

Man denke sich das lichtausstrahlende Himmelsgewölbe in Felder von der Größe eines noch fest zu stellenden Quadratgrades getheilt; alsdann wird der Erhellungsgrad eines Platzes in dem zu erhellenden Raume der Anzahl der von letzterem aus sichtbaren Quadratgrade proportional sein. Es werden aber auch diese Quadratgrade ein z. B. in einer wagrechten Ebene gelegenes Flächenelement um so stärker erhellen, je höher sie sich über dem Horizonte befinden, d. i. je größer der Elevationswinkel der einzelnen Quadratgrade über dem Horizonte ist. Der Raumwinkelmeßer hat nun die Aufgabe, den Raumwinkel, d. i. die Größe des Firmamentfeldes, von welchem dem zu untersuchenden Flächenelement *A* (Fig. 1) Lichtstrahlen zugehen, in Quadratgraden zu bestimmen und zugleich den Elevationswinkel  $\omega$  des Axialstrahls *AO* dieses Lichtfeldes zu messen<sup>17)</sup>.

Um dem erstgedachten Zwecke zu dienen, besitzt der Apparat (Fig. 1) eine Linse *L*, welche das zu messende Bild des betreffenden Theiles des Himmelsgewölbes auf eine hinter derselben stehende Platte *P* wirft, wobei jenes Bild so centrirt wird, daß der axiale Lichtstrahl *AO* senkrecht zu jener Platte gerichtet ist. Auf der Platte *P* wird ein Blatt Papier befestigt, welches die Gradtheilung trägt. Nach *Weber's*



<sup>17)</sup> Ueber die Theorie dieses Apparates siehe: WEBER, L. Beschreibung eines Raumwinkelmeßers. Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Jahrg. 4 (1884), S. 343.

Vorschlag ist dies ein Quadratnetz von 2mm Maschenweite, so daß ein Quadratgrad 4qmm mißt. Die Linse ist auf einem senkrecht zur Platte  $P$  stehenden Stabe  $s$  verschiebbar eingerichtet und wird so fixirt, daß auf dem Blatt ein scharfes Bild entsteht. Hat sie nun eine solche Brennweite, daß letzteres bei einem Abstände von 114,6mm geschieht, so wird dieses Maß als Halbmesser einer Kugel erscheinen, deren Oberflächenquadrat 2mm Seitenlänge, d. i. 4qmm Flächeninhalt hat.

Im Allgemeinen wird der in Frage kommende Theil des Himmelsgewölbes, in Folge der Form des betreffenden Fensters oder der sonstigen Lichtöffnung, unregelmäßig gestaltet, und deshalb wird auch das auf der Platte  $P$  entstehende Bild  $mn$  desselben eine unregelmäßige Gestalt haben. Ist das Papierblatt in die Platte eingefstellt worden, so zeichnet man mit Bleistift die Umrisse dieses Bildes und zählt hierauf die Zahl  $z$  der Quadrate, welche von demselben eingenommen werden; alsdann ist der Raumwinkel unmittelbar in Quadratgraden bestimmt. Den mittleren Elevationswinkel  $\omega$  liest man auf dem Gradbogen  $b$  ab, auf dem die Platte  $P$  geführt wird.

Kennt man nun die Größe  $z$  des Raumwinkels in Quadratgraden (zu 4qmm) und den Elevationswinkel  $\omega$ , so bestimmt nach dem Lambert'schen photometrischen Grundgesetz das Product  $z \sin \omega$  den auf eine wagrechte Ebene bezogenen Erhellungsgrad des unterfuchten Flächenelementes, welches Product *Weber* den reducirten Raumwinkel nennt.

Ist die Ebene, dem das betreffende Flächenelement angehört, nicht wagrecht, sondern um den Winkel  $\alpha$  gegen die Wagrechte geneigt, so muß man den Elevationswinkel  $\omega$  um diesen Winkel  $\alpha$  (in der Richtung des Axialstrahls gemessen) vermindern. Beträgt die Brennweite der Linse nicht genau 114,6mm, so ist an der Zahl der Quadratgrade eine entsprechende Correctur vorzunehmen. Ist endlich das Lichtfeld so groß, daß das ganze Bild desselben bei einer Einstellung des Raumwinkelmessers nicht fixirt werden kann, so ist dasselbe durch mehrere einander ergänzende Einstellungen zu gewinnen.

Beim Gebrauche des Raumwinkelmessers wird die Grundplatte  $A$  desselben mit Hilfe der Fußschrauben und des Lothes, welches auf dem Nullpunkt des Gradbogens  $b$  einspielen muß, genau wagrecht gestellt. Auf der Platte  $P$  befindet sich ein kleiner Stift; damit man einen mittleren Werth des Elevationswinkels erhalte, hat man die Platte  $P$  so weit zu drehen, bis das Bild des zu messenden Firmamenttheiles möglichst gleichmäßig um diesen Stift gruppiert ist, was mit Hilfe der Theilstriche auf dem Papier mit ausreichender Sicherheit abzuschätzen ist; eine an der Platte  $P$  angebrachte Marke giebt alsdann den mittleren Elevationswinkel  $\omega$ .

Es entsteht nun die Frage, wie groß für irgend einen Punkt eines geschlossenen Raumes der Raumwinkel sein muß, damit der gewünschte Erhellungsgrad vorhanden ist.

*Cohn* hat, im Jahre 1883 beginnend, zahlreiche Beobachtungen in alten und neuen Schulen Breslaus angestellt<sup>18)</sup>, und zwar stets zwischen 9 und 11 Uhr, während des Unterrichtes, an den hellsten und dunkelsten Schülerplätzen, sowohl an sehr hellen, als auch an sehr dunkeln Vormittagen. *Cohn* folgerte aus den Ergebnissen seiner Untersuchungen, daß 50 Meter-Normalkerzen der wünschenswerthe Erhellungsgrad seien, und betrachte 10 Meter-Normalkerzen als den geringsten, noch zulässigen Erhellungsgrad; bei letzterem beträgt die Lesbarkeit (der Schrift von *Snellen*) nur noch  $\frac{3}{4}$  der normalen.

Jenes Minimalmaß von 10 Meter-Normalkerzen entspricht 50 reducirten Raumwinkelgraden, so daß *Cohn* daraus folgerte, daß ein Platz zum Schreiben und Lesen ungeeignet sei, dessen Raumwinkel weniger als 50 reducirte Quadratgrade ergibt. Dem wünschenswerthen Erhellungsgrad von 50 Meter-Normalkerzen entsprechen 500 reducirte Raumwinkelgrade.

Wenn nun auch *Cohn's* Untersuchungen in Schulzimmern vorgenommen worden sind und die Ergebnisse derselben vor Allem für diese Geltung haben, so geht man

15.  
Größe  
des  
erforderlichen  
Raumwinkels.

<sup>18)</sup> Siehe: COHN, H. Tageslicht-Messungen in Schulen. Deutsche medicin. Wochschr. 1884.

doch nicht wesentlich fehl, wenn man an jeden Arbeitsplatz, der ausreichend erhellt sein soll, die gleichen Mindestanforderungen stellt.

Man kann nun das von *Cohn* aufgestellte Minimalmafs nicht als ein solches ansehen, welches an allen Orten und unter allen Verhältnissen absolute Giltigkeit hat. Denn, wie schon in Art. 11 (S. 12) gesagt wurde, wechselt die Intensität des zerstreuten Himmelslichtes mit der geographischen Breite des Ortes und mit der Beschaffenheit der Luft (ob sie ganz rein ist oder ob sie viel Wasserdampf oder viel Rauch und Staubtheilchen enthält); selbst die Beschaffenheit, namentlich die Farbe der Umfassungswände des betreffenden Raumes wird nicht ohne Einfluss sein. Alle diese und manche andere Einflüsse werden sich in den Ergebnissen der photometrischen Untersuchungen zu erkennen geben, nicht aber in jenen der Raumwinkelmessung; es ist sonach das Verhältniss zwischen diesen beiden Messungsergebnissen kein überall gleiches, so dass an anderen Orten angestellte Untersuchungen erwünscht sein würden. Immerhin wird man nicht fehlgehen, wenn man annimmt, dass in unseren Breitegraden wesentliche Abweichungen von dem in Breslau ermittelten Erhellungsvermögen des Himmelsgewölbes nicht vorkommen werden.

Hieraus folgt, dass man zunächst auf den Ergebnissen der *Cohn'schen* Messungen fusen kann, und dass man mit Hilfe des Principes, welches dem Raumwinkelmesser zu Grunde liegt, Untersuchungen über den Erhellungsgrad anzustellen in der Lage ist.

Der Erhellungsgrad eines Punktes in einem geschlossenen Raume wächst, dem Gefagten entsprechend, mit dem Producte  $s \sin \omega$ , d. h. unter gegebenen Verhältnissen wird man einen um so gröfseren Erhellungsgrad erzielen, je gröfser dieses Product ist. Um letzteres möglichst gros zu erhalten, wird man zunächst  $s$  thunlichst gros zu wählen haben, was sich hauptsächlich durch die Abmessungen, zum Theile auch durch die Form der Lichtöffnung erreichen lässt; allein auch für den Factor  $\sin \omega$  oder, was dasselbe ist, für den Auffallwinkel  $\omega$  wird ein möglichst gros Werth anzustreben sein, was dadurch erzielt werden kann, dass man das Licht thunlichst hoch einfallen lässt.

Hieraus geht z. B. hervor, dass bei seitlicher Beleuchtung durch gewöhnliche Fenster nicht so sehr die Breite der letzteren, als die Höhenlage des Sturzes über dem Fußboden von wesentlichem Einfluss auf die Erhellung des Raumes ist; denn mit der Höhe des Fensters wächst die Gröfse des Auffallwinkels  $\omega$  und mit diesem der Sinus desselben. Für einen bestimmten Arbeitsplatz wird sonach, unter sonst gleichen Verhältnissen, der Erhellungsgrad ein um so gröfserer sein, je höher der Fenstersturz gelegen ist, oder aber: um den noch zulässigen geringsten Erhellungsgrad für diesen Platz zu erzielen, wird die Fensteröffnung um so kleiner sein dürfen, je höher der Fenstersturz angeordnet ist.

Hierdurch erhält man auch sofort die Begründung für die günstige Wirksamkeit des hohen Seitenlichtes und findet es erklärt, dass ein Raum durch hohes Seitenlicht ganz entsprechend erhellt ist, obwohl dessen Fensterflächen nur  $\frac{1}{12}$  seiner Grundfläche betragen (vergl. Art. 13, S. 13, unter 1 u. 2). Hierdurch erhält man auch Aufschluss darüber, dass Fenster, welche nach oben rechteckig begrenzt sind, unter sonst gleichen Verhältnissen für die Raumerhellung vortheilhafter wirken, als die mittels Rundbogen abgeschlossenen.

Der Raumwinkelmesser ist nicht nur ein geeignetes Instrument, um in bereits bestehenden Räumen den Erhellungsgrad zu prüfen; sondern das demselben zu Grunde liegende Princip lässt sich auch zur Anwendung bringen, um bei projectirten Neubauten sich von vornherein über die Erhellungsverhältnisse der geplanten Räume Aufschluss zu verschaffen. Man kann in einfacher Weise bestimmen, wie gros für eine bestimmte Stelle des zu schaffenden Raumes die Fenster- oder sonstige Lichtöffnung sein muss, damit das Strahlenbündel des Himmelslichtes, welches auf jene Stelle erhellend wirken kann, einem reducirten Raumwinkel von bestimmter Mindestgröfse (z. B. 50 reducirten Raumwinkelgraden) entspricht.



Mit Hilfe der beiden Projectionen des Axialstrahls  $AO$  läßt sich der Elevationswinkel  $\omega$ , den dieser Strahl (im Raume) mit dem Horizont einschließt, leicht ermitteln, und zwar eben sowohl durch Construction, wie durch Rechnung.

Durch Construction ist in Fig. 2, Grundriß  $\sphericalangle \omega$  gefunden worden, indem das rechtwinkelige  $\triangle O''ZA''$  eingezeichnet wurde, dessen Kathete  $O''Z = z$  (gleich dem Höhenunterschiede zwischen den beiden Punkten  $A$  und  $O$ ) ist. Auf dem Wege der Rechnung läßt sich  $\sphericalangle \omega$  aus der Gleichung

$$\cos \omega = \frac{O''A''}{\sqrt{O''A''^2 + z^2}}$$

finden.

Allein auch die absolute Länge  $l$  des Axialstrahls  $AO$  kann aus denselben Elementen gefunden werden.

Dieselbe läßt sich entweder unmittelbar aus dem eben construirten rechtwinkligen Dreieck  $O''ZA''$  entnehmen, worin  $A''Z = l$  ist, oder sie läßt sich aus einer der beiden Gleichungen

$$l = \sqrt{A''O''^2 + z^2}, \text{ bzw. } l = \frac{O''A''}{\cos \omega}$$

berechnen.

Zieht man nun im Grundriß durch den Punkt  $O''$  die Gerade  $RS$  senkrecht zu  $AO$ , so ist letztere in derselben, zum Axialstrahl senkrecht gestellten Ebene gelegen, wie  $MN$ . Durch diese Ebene und das ihr entsprechende, auf der Platte  $P$  erzeugte Bild sind zwei Pyramiden bestimmt, deren gemeinsame Spitze durch den optischen Mittelpunkt  $i$  der Linse  $L$  des Raumwinkelmeßers gegeben ist. Die eine derselben hat die durch die Punkte  $M, N, R, S$  begrenzte Ebene zur Grundfläche, die andere das derselben auf der Platte  $P$  entsprechende Bild zur Grundfläche. Beide Pyramiden sind einander ähnlich; daher verhalten sich die Inhalte ihrer Grundflächen, wie die Quadrate ihrer Höhen, d. i. wie die Quadrate der betreffenden Theile des Axialstrahls. Wenn man sonach die Länge dieses Strahls und eine der Pyramiden-Grundflächen kennt, so läßt sich daraus die andere berechnen. Mit anderen Worten: wurden Form und Größe der Lichtöffnung angenommen, so kann man die Größe des derselben entsprechenden Bildes auf der Platte  $P$  berechnen und untersuchen, ob die erforderliche Zahl von reducirten Raumwinkelgraden vorhanden ist. Oder: ist man von letzteren ausgegangen, so lassen sich die Abmessungen der erforderlichen Lichtöffnung ermitteln.

Es bezeichne  $F$  den Inhalt der durch die Punkte  $M, N, R, S$  begrenzten Pyramiden-Grundfläche,  $f$  den Flächeninhalt des ihr entsprechenden Bildes, ferner  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  bezw. die Höhen der beiden Pyramiden, so gilt die Proportion

$$F : f = \lambda_1^2 : \lambda_2^2.$$

Hierin ist  $\lambda_2$ <sup>20)</sup> die Brennweite der Linse  $L$ , welche beim *Weber'schen* Raumwinkelmeßer (siehe Art. 14, S. 15) 0,1146 m beträgt; der Theil  $\lambda_1$  des Axialstrahls kann entweder berechnet oder auf dem Wege der Construction gefunden werden<sup>20)</sup>. Die Größe von  $F$  kann entweder aus Grund- und Aufriß direct entnommen oder aus den angenommenen Abmessungen der Fensteröffnung, welche den Flächeninhalt  $\mathfrak{F}$  haben soll, berechnet werden<sup>21)</sup>. Es ist nun weiter zu erwägen, daß die wirklich nutzbare Fläche der Fenster-

<sup>20)</sup> Die dem Aufriß unmittelbar zu entnehmenden Längen  $O'z'$  und  $z'o'$  sind die Projectionen der Größen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$ . Um die absoluten Längen derselben zu finden, ist entweder die im Grundriß dargestellte Construction vorzunehmen, oder es ist nach den Gleichungen zu rechnen:

$$\lambda_1 = \frac{O'z'}{\cos \omega} \quad \text{und} \quad \lambda_2 = \frac{z'o'}{\cos \omega}.$$

<sup>21)</sup> Im  $\triangle O'UN$  verhält sich

$$\overline{O'N} : \overline{O'U} = \sin \sphericalangle O'UN : \sin \sphericalangle O'NU, \text{ oder } \overline{O'N} : \overline{O'U} = \cos \varepsilon : \cos (\varepsilon - \omega),$$

woraus

$$\overline{O'N} = \overline{O'M} = \frac{\overline{O'U} \cos \varepsilon}{\cos (\varepsilon - \omega)} \quad \text{und} \quad \overline{MN} = 2\overline{O'U} \frac{\cos \varepsilon}{\cos (\varepsilon - \omega)}.$$

In gleicher Weise läßt sich aus dem Grundriß die Länge von  $RS$  berechnen, so daß sich alsdann der Inhalt der hier rechteckigen Pyramiden-Grundfläche  $F$  ermitteln läßt.



öffnung — der Sproffen, der Verglafung etc. wegen (siehe Art. 10, S. 10) — kleiner als  $\mathfrak{F}$  ist, so das in Folge dieses Lichtverlustes  $F$  auf  $F_0$  entsprechend zu reduciren ist.

Alsdann ist aus obiger Proportion

$$f = \frac{0,1146^2 F_0}{\lambda_1} = 0,013 \frac{F_0}{\lambda_1},$$

und der reducirte Raumwinkel

$$f' = f \sin \omega$$

oder in Weber'schen Quadratgraden ausgedrückt:

$$f' = \frac{f \sin \omega}{4 \text{ qmm}}.$$

Entspricht der für den Punkt  $A$  so gefundene Erhellungsgrad  $f'$  dem gewünschten, bezw. erforderlichen, so ist die Aufgabe gelöst; sonst muß man auf Grund erneuter Annahmen (veränderter Form und Größe der Fensteröffnung) die vorstehende Untersuchung so lange wiederholen, bis der beabsichtigte Erhellungsgrad, d. i. bis der beabsichtigte Werth von  $f'$  erreicht ist.

Ist der Elevationswinkel  $\omega$  durch irgend welche Verhältnisse gegeben, bezw. zunächst angenommen worden, und geht man ferner von einem bestimmten Erhellungsgrad, d. i. von einem bestimmten Werthe des reducirten Raumwinkels  $f'$  aus, so kann man umgekehrt die erforderlichen Abmessungen der Fensteröffnung ermitteln. Aus obiger Proportion folgt

$$F_0 = \frac{f \lambda_1^2}{0,1146^2} = 76,14 f \lambda_1^2.$$

Die Länge  $\lambda_1$  kann nach Früherem aus dem Grundriß entnommen oder berechnet werden, und für  $f$  ist der Werth aus der Gleichung

$$f = \frac{f'}{\sin \omega} = \frac{f'}{\sin \omega} 4 \text{ qmm}$$

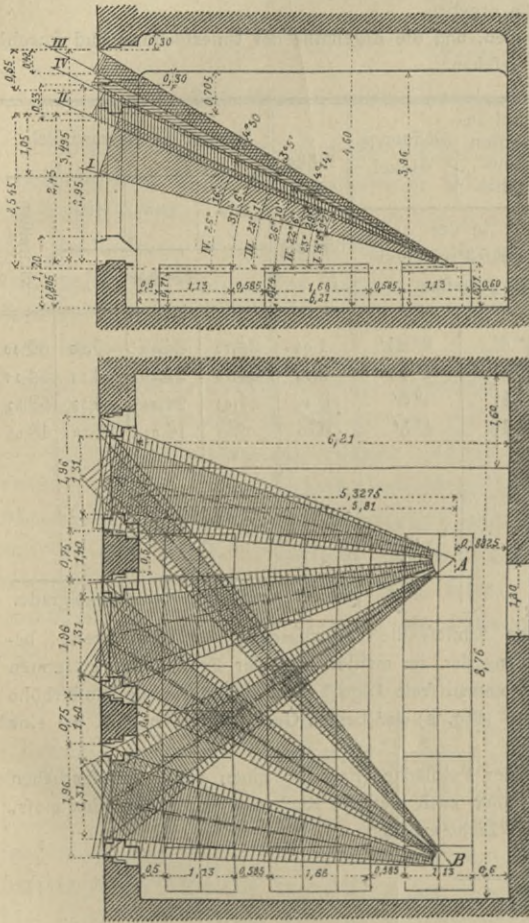
zu benutzen.

Aus dem so gefundenen Werthe von  $F_0$  lassen sich Breite und Höhe der Fensteröffnung ermitteln, sei es auf dem Wege der Construction oder der Rechnung<sup>22)</sup>, und hiernach auch der erforderliche Flächeninhalt  $F_0$  der Fensteröffnung. Nunmehr ist, in Rücksicht auf den Lichtverlust durch Sproffen, Verglafung etc.,  $F_0$  auf  $F$  zu vergrößern, wodurch Form und Größe des betreffenden Fensters vollständig bestimmt sind.

Die praktische Anwendung des in vorhergehenden Artikel entwickel-

17.  
Beispiel.

Fig. 3.



22) Ist z. B. im Aufriss  $MN$  ermittelt, so sind die für die Fensteröffnung maßgebenden Höhen  $O'U$  und  $O'V$  zu berechnen. Aus der Gleichung für  $O'N$  in der vorhergehenden Fußnote folgt

$$\overline{O'U} = \frac{\overline{O'N} \cos(\varepsilon - \omega')}{\cos \varepsilon}.$$

Ferner verhält sich im  $\triangle O'MV$

$$\overline{O'V} : \overline{O'M} = \sin \sphericalangle O'MV : \sin \sphericalangle O'VM, \text{ oder } \overline{O'V} : \overline{O'N} = \cos(\varepsilon - \omega') : \cos(2\omega' - \varepsilon),$$

woraus

$$\overline{O'V} = \frac{\overline{O'N} \cos(\varepsilon - \omega')}{\cos(2\omega' - \varepsilon)}.$$

Eben so lassen sich für den Grundriß die Breiten  $O'T$  und  $O'W$  berechnen, sobald  $RS$  gegeben, bezw. ermittelt worden ist.

ten Verfahrens soll an einem von *v. Gruber* durchgeführten Beispiele gezeigt werden.

*v. Gruber* untersuchte<sup>23)</sup> u. A. die Erhellungsverhältnisse eines typischen Volksschulzimmers in Wien (Fig. 3). Dasselbe besitzt bei 56 Schülerplätzen 54,312 qm Grundfläche, d. i. 0,969 qm für jeden Schüler, und einen Rauminhalt von 215,076 cbm, d. i. 3,841 cbm für jeden Schüler; der gefamnte Flächeninhalt der 3 Fenster nimmt den 0,28-ten Theil der ganzen Fensterwand ein, und es verhält sich ersterer zu letzterer wie 1 : 5,64.

Zuvörderst wurde einer der ungünstigsten Plätze (*A*) geprüft, und zwar nur mit Rücksicht auf das demselben zunächst liegende Fenster und bei Annahme von wagrechten, 71 cm über dem Fußboden gelegenen Tischplatten (Fall I); es stellte sich heraus, daß ein einzelnes Fenster, selbst wenn seine ganze Fläche für den betreffenden Platz als Lichtöffnung dienen könnte, d. h. wenn dem Fenster gegenüber bis zur Höhe der Tischplatte keine das Himmelslicht abhaltende Wand vorhanden wäre, nicht genügen würde, um einen reducirten Raumwinkel von 50 Graden zu ergeben.

Die weiteren 3 Fälle, welche untersucht wurden, und die Ergebnisse der Untersuchung sind sowohl aus Fig. 3, wie aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen:

Fall	Annahmen:					Untersuchter Platz	Winkel des untersten Grenzstrahls	Oeffnungswinkel	Höhe der Lichtöffnung	Reducirter Raumwinkel:					
	Pultfläche	Pulthöhe	Zimmerhöhe	Breite Höhe des Fensters						in der Aufrifs-Projection gemessen	Höhe der Lichtöffnung	1tes	2tes	3tes	zusammen
				Fenster											
I	wagrecht	0,77	3,96	1,31	2,45	<i>A</i>	14° 8'	9° 21'	1,05	24,72	24,72	0,96	50,40		
II	"	0,77	3,96	1,96	2,95	<i>A</i>	22° 6'	4° 14'	0,53	24,70	24,70	4,79	54,19		
III	"	0,77	4,60	1,96	3,495	<i>A</i>	28° 1'	3° 5'	0,42	24,64	24,64	9,23	58,51		
IV	in zur Vorderkante senkrechter Richtung 11° 8' gegen den Horizont geneigt	0,77	4,60	1,96	3,495	<i>B</i>	26° 16'	4° 5'	0,65	3,53	14,01	31,39	48,01		
		Meter.								Meter.	reducirte Raumwinkelgrade.				

Daraus ist zu erkennen, welchen bedeutenden Einfluß die Vergrößerung der Fensterbreite, besonders aber jene der Fensterhöhe, auf die Erhellung der am meisten von der Fensterwand entfernten Plätze bei Schulzimmern ausübt, die nicht eine vollkommen freie Lage haben. Je größer die Fensterhöhe ist, desto kleiner braucht der Oeffnungswinkel  $UA'V$  (Fig. 2) der beiden Grenzstrahlen zu sein, um eine ausreichende Raumwinkelgröße zu erzielen.

Es ist ferner zu ersehen, daß die Neigung der Pultfläche (Fall IV) einen nicht unwesentlichen Einfluß auf deren Erhellung ausübt und daß sie daher auch stets in Rechnung gezogen werden muß, wenn man sicher sein will, daß alle Plätze genügend Licht erhalten.

## Literatur

über »Verförgung der Gebäude mit Sonnenlicht«.

*On the admiffion on daylight into buildings, particularly in the narrow and confined localities of towns.* Builder, Bd. 10, S. 363, 387.

PFEIFFER, C. *Light: Its sanitary influence and importance in building.* Builder, Bd. 35, S. 739.

MENTZ, R. Beitrag zur Frage der Beleuchtung durch Oberlicht und durch Seitenlicht, mit spezieller Rückfichtnahme auf Oberlichtfälle und Seitenkabinette in Gemäldegalerien. Deutsche Bauz. 1884, S. 488, 499.

MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885.

<sup>23)</sup> A. a. O.

- WEBER, L. Intensitätsmessungen des diffusen Tageslichtes. *Annalen d. Physik u. Chemie*, Bd. 26 (1885), S. 374.
- TRÉLAT. *La fenêtre étudiée comme source de lumière dans la maison. Revue d'hyg.* 1886, S. 647.
- Berichte über den VI. Internationalen Congress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Heft Nr. XI: Mittel, die Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme zu versorgen. Wien 1887.
- MENTZ. Berechnung der Tages-Beleuchtung innerer Räume und Maafsstäbe dazu. *Deutsche Bauz.* 1887, S. 257.
- GRUBER, F. v. Die Versorgung der Gebäude mit Sonnenwärme und Sonnenlicht. *Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1888, S. 261, 269, 277, 285.

## 2. Kapitel.

### Versorgung der Gebäude mit Sonnenwärme.

Die Sonnenstrahlen sind für unsere Bauwerke nicht allein als Quelle der Tageserhellung von Bedeutung; vielmehr üben sie auf dieselben noch eine Reihe von anderen Einflüssen aus, von denen die Einwirkung der Sonnenwärme am wichtigsten ist. Bei unseren Wohnungen, bei Krankensälen, bei Cafeteriaräumen etc. sucht man weit mehr die Wärme der Sonnenstrahlen, als deren Licht; das letztere geht den Räumen ohnedies durch die Diffusion der Atmosphäre zu, auch wenn die unmittelbare Bestrahlung abgewendet wird; derlei Räume entbehren aber der strahlenden Wärme gänzlich, sobald sie der unmittelbaren Befonnung völlig entzogen sind.

18.  
Allgemeines.

Für die Zwecke des Wohnens, für Räume, die zum Aufenthalt von Kranken, Gefangenen, Soldaten etc. dienen sollen, sucht man sonnige Räume, während diejenigen, deren Beschäftigung besonders helles und ständiges Tageslicht verlangt (wie Maler, Zeichner, Bildhauer etc.), mit ihren Arbeitsräumen den unmittelbaren Sonnenstrahl geradezu fliehen. In der erstgedachten Gattung von Räumen wird unmittelbar einfallendes Sonnenlicht seiner Wärmestrahlung wegen angestrebt; die unmittelbaren Lichtstrahlen hingegen bestrebt man sich — zur Schonung der Sehorgane — möglichst abzuhalten.

Das Gefagte gilt hauptsächlich für die klimatischen Verhältnisse der gemäßigten, wohl auch der kälteren Zonen; anders ist es in heisseren Gegenden. Der Südländer baut sein Haus zum Schutze gegen die Sonne, weil er den grösseren Theil des Jahres von einer starken Sonnenbestrahlung zu leiden hat; der Nordländer befindet sich im umgekehrten Falle und sucht in den höchsten Breitengraden durch Eingraben in den Boden die Erdwärme auszunutzen, während der Bewohner der gemäßigten Erdstriche vor Allem der Sonnenwärme zustrebt. Schon die Baumeister des Alterthums haben auf diese Verhältnisse Rücksicht genommen: je nach dem Zwecke der von ihnen errichteten Bauten setzten sie dieselben entweder der Einwirkung der Sonnenstrahlen aus oder schützten sie davor.

Der Einfluss der Bestrahlung unserer Gebäude durch die Sonne — der sog. Inflation — ist ein vielfacher:

19.  
Einfluss  
der  
Befonnung.

1) Der Einfluss, den die Sonne auf den menschlichen Organismus ausübt, ist im Allgemeinen ein fördernder und günstiger. Nach Clément<sup>24)</sup> ist die Summe von Energie, welche der Erde in den leuchtenden, wärmenden und chemischen Strahlen

<sup>24)</sup> Siehe: VI. Internationaler Congress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienischen Sectionen. Heft Nr. XI. Wien 1887.

der Sonne zugeführt wird, die Quelle der Kraft aller organischen Wesen, also auch des Menschen.

2) Im Dunkeln scheidet der menschliche Organismus weniger Kohlenäure aus, als im Licht, was den Stoffwechsel vermindert und selbst mit Gewichtszunahme verbunden ist, indefs nicht als ein Beweis gedeihlicher Abwicklung des Lebensprocesses bezeichnet werden kann.

3) Die Wärmestrahlen der Sonne wirken trocknend auf die Umschließungen der betreffenden Räume. Schlagregen, welche ein Gebäude treffen, dunsten viel rascher von besonnten Flächen ab, als von den Schattenseiten, welche überdies mit ihrem Fusse noch längere Zeit in Schnee, Eis und Oberflächenwasser eintauchen. Auch die Bodenfeuchtigkeit, welche in den Wänden emporsteigt, wird in besonnten Wänden rascher unschädlich gemacht, als in beschatteten.

4) Durch die Erfahrung sowohl, wie durch genaue Messungen ist erhärtet, daß ein von der Sonne beschienener Raum unter sonst gleichen Verhältnissen eine bessere Luftbeschaffenheit aufweist, als ein nicht unmittelbar bestrahlter, dunkler.

Hierbei spielt unter allen Umständen die eben erwähnte Austrocknung der Wände und die dadurch geförderte Lufterneuerung eine Hauptrolle. Allein auch die chemischen Lichtstrahlen wirken auf die leicht zerfetzbaren, gas- und dunstförmigen, so wie auf die festen Ausscheidungsstoffe, welche der Mensch durch den Lebensprocess an die Luft abgibt, derart ein, daß die letztere rascher gereinigt wird. Es ist ferner ziemlich wahrscheinlich, daß die physiologischen Vorgänge des menschlichen Körpers von der unmittelbaren Wirkung des Lichtes abhängen und daß die Größe dieser Wirkung von der Menge der auf jenen einwirkenden chemischen Strahlen abhängt.

5) Gewisse Mikro-Organismen, namentlich auch solche, welche die Träger der Infections-Krankheiten bilden, sterben nach *Duclaux'* Untersuchungen<sup>25)</sup> unter dem Einflusse des unmittelbaren Sonnenlichtes rascher ab, als im Dunkeln.

6) Endlich ist noch der Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Gemüthsstimmung des Menschen hervorzuheben: sonnenklare Tage wirken anders als trübe, helle Räume anders als dunkle auf das menschliche Gemüth, haben also auch auf das körperliche Befinden Einfluß.

Hiernach ist der wohlthätige Einfluß der Besonnung auf die in unseren Gebäuden zu schaffenden Räume nicht zu bezweifeln; fraglich kann nur sein, in welchem Maße wir dieselben ausnutzen können, bzw. sollen.

Das einzige Mittel, die Wirkung der Sonnenstrahlen für unsere Räume auszunutzen oder dieselben von den letzteren abzuhalten, besteht in der richtigen Orientirung dieser Räume, d. i. in der Wahl der geeignetsten Lage zu den Himmelsrichtungen. Es werden sich demnach die nachfolgenden Untersuchungen nur um die Frage drehen können, welche Stellung wir unseren Gebäuden, welche Lage wir den darin befindlichen Räumen im Allgemeinen zu geben haben, damit ihnen die Sonnenwärme entweder in weit gehendster Weise zu Gute komme oder damit sie derselben thunlichst entzogen seien. Die specielle Nutzenanwendung der zu entwickelnden Regeln auf die Anlage der Gebäude wird zum Theile in Halbband 1 des IV. Theiles dieses »Handbuches« vorzunehmen sein; im Besonderen wird dies hauptsächlich bei Besprechung der einzelnen Gebäudearten (in den übrigen Halbbänden des genannten Theiles) mit Rücksicht auf die jeweilige Eigenart der zu schaffenden Räume zu geschehen haben. Auch die Frage der Orientirung der städtischen Straßen und ihrer

20.  
Stellung  
der  
Räume.

<sup>25)</sup> Siehe: *Comptes rendus*, Bd. 101 u. 102.

Breite steht mit den nachstehenden Untersuchungen in gewissem Zusammenhang; hiervon wird in Ergänzungsband I zu diesem »Handbuche« (Städtebau) die Rede sein.

Ueber die durch die Befonnung unserer Gebäude hervorgerufenen Einwirkungen sind bisher verhältnißmäßig wenige wissenschaftliche Untersuchungen angestellt worden. Zuerst scheint es *Knauff* gewesen zu sein, der aus bestimmtem Anlaß <sup>26)</sup> sich, unter Beihilfe *Valentiner's*, mit dieser Frage befaßt hat; bald darauf und unabhängig von *Knauff* hat *Vogt* denselben Gegenstand theoretisch und experimentell behandelt. Im Nachstehenden werden zunächst die *Knauff'schen* Untersuchungen vorgeführt werden, und zwar hauptsächlich auf Grund der von *v. Gruber* in der unten genannten Quelle <sup>27)</sup> gegebenen Entwicklung. Später wird auch noch der *Vogt'schen* Arbeiten gedacht werden.

*Knauff* berechnete zunächst, auf *Pouillet's* Angaben sich stützend, die Wärmemenge, welche durch die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die vier Seitenflächen eines Würfels von 1 m Seitenlänge zugeführt wird; dabei wurde vorausgesetzt, daß der Würfel unter 49 Grad nördlicher Breite aufgestellt sei, daß seine Seitenflächen genau nach Nord, Ost, Süd und West gerichtet seien und daß die Sonnenwärme bei freiem Horizont und bei vollkommen klarer Atmosphäre zugeführt werden könnte.

Bei der Berechnung wurde berücksichtigt, daß die Wirkung der Wärmestrahlen nicht allein nach deren Einfallswinkel sehr bedeutend wechselt, sondern daß auch der Wärmeverlust ein um so bedeutenderer sein muß, je größer die Luftschicht ist, welche die Strahlen zu passieren haben, bis sie zur Erdoberfläche gelangen. Ferner wurde die Bestrahlung der oberen Würfelfläche unberücksichtigt gelassen, weil *Knauff* einen Saal zu Grunde legte, über dessen wagrechter Balkendecke sich das Dach erhebt; hierdurch ist über der Decke eine isolierende Luftschicht gebildet, welche die Einwirkung der Sonnenstrahlen wesentlich verringert.

Die Berechnung geschah für die vier hervortretenden Tage des Jahres: für die beiden Tage der Tag- und Nachtgleiche (Aequinoctien) und für die beiden Tage der Sonnenwende (Solstitien); die Ergebnisse derselben sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Unter 49 Grad nördlicher Breite. — Am Tage der:	An der			Verhältniß zwischen Südseite zu Ost (oder West)- seite
	Ost- oder Westseite je	Südseite	Nordseite	
Sommer-Sonnenwende . . . . .	2600,57	1904,364	467,686	1 : 1,308
Tag- und Nachtgleichen . . . . .	1534,17	3375,256	—	1 : 0,4564
Winter-Sonnenwende . . . . .	358,24	1965,750	—	1 : 0,183
	Wärmeeinheiten.			

Diese Zusammenstellung zeigt, daß die Ost- und die Westseite zur Zeit der Sommer-Sonnenwende das Uebergewicht haben, nicht nur gegen die Südseite allein, sondern auch gegenüber der Süd- und Nordseite zusammengenommen. Hingegen ist bereits zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche die Südseite im Uebergewicht; in noch höherem Maße ist dies am Tage der Winter-Sonnenwende der Fall.

<sup>26)</sup> Bei den Vorarbeiten für den Bau des akademischen Krankenhauses zu Heidelberg. — Siehe hierüber: KNAUFF, F. Das neue academische Krankenhaus in Heidelberg. München 1879. S. 6 u. ff.

<sup>27)</sup> VI. Internationaler Congress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienischen Sectionen. Ergänzungen zu den Heften 1—18, 20, 21 u. 33. Anhang zum Thema XI. Wien 1888. S. 57 u. ff. (Auch abgedruckt in: Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261.)

Des Weiteren berechnete *Knauff* die gefammte Befonnungswärme, welche dem gedachten Würfel bei reiner Atmosphäre zugeführt werden könnte, in den vier Zeitabschnitten, wie sie sich für die klimatischen Verhältnisse des oberen Rheinthaales (nach den meteorologischen Beobachtungen zu Karlsruhe) herausstellen. Die Ergebnisse dieser Rechnung sind aus nachstehender Tabelle zu ersehen:

Zeitabschnitt:	Dauer	Ost- oder Westseite (O. oder W.)	Südseite (S.)	Nordseite (N.)
Heiße Jahreszeit (vom 22. Juni bis 26. August)	66	146 065 $\left( + 55\,776 \text{ als } \frac{S+N}{2} \right)$		180 577
Herbst-Uebergangszeit (vom 27. August bis 1. October)	35	58 038 $\left( + 1087 \text{ als } \frac{S+N}{2} \right)$		113 901
Heiz-Periode (vom 2. October bis 15. Mai)	227	257 310	622 003 (+ 365.693)	—
Frühlings-Uebergangszeit (vom 16. Mai bis 21. Juni)	36	87 027	92 593 (+ 5512)	—
Heiz- und Frühlings-Periode zusammen . . . . .	263	344 337	714 596 (+ 371 205)	—
	Tage.	Wärmeeinheiten.		

Die in dieser Zusammenstellung mitgetheilten Zahlen sind nicht ohne Weiteres anwendbar, weil zwar in der Rechnung einige Abschwächungen der Strahlungswärme berücksichtigt, allein die wesentlichen Abschwächungen, welche die Sonnenstrahlen erfahren, bevor sie in das Innere unserer Gebäude gelangen, zunächst vernachlässigt wurden. Eine der wichtigsten Abschwächungen erfahren die Sonnenstrahlen durch die Bewölkung des Himmels, durch welche für längere Zeitabschnitte des Jahres die Klarheit des Himmels zum Theile bedeutend eingeschränkt, zum Theile ganz aufgehoben wird. *Knauff* glaubt nun der Wirklichkeit ziemlich nahe zu kommen, wenn er die berechneten Vollwerthe der Bestrahlung im Verhältnisse der Bewölkung herabmindert. Wenn wieder die Karlsruher Verhältnisse zu Grunde gelegt werden, so ergeben sich für die verschiedenen Zeitabschnitte, wenn man die durch die Bewölkung hervorgerufenen Verluste in Abzug bringt, die in folgender Tabelle zusammengestellten Reste an Strahlungswärme für die einzelnen Würfelseiten:

Zeitabschnitt:	Verlust durch Bewölkung	Ost- oder Westseite (O. oder W.)	Südseite (S.)	Nordseite (N.)
Vom 22. Juni bis 26. August	49	74 493 $\left( + 28\,446 \text{ als } \frac{S+N}{2} \right)$		92 094
» 27. August bis 1. October	44	32 501 $\left( + 609 \text{ als } \frac{S+N}{2} \right)$		—
» 2. October bis 15. Mai	68	82 339	199 041 (+ 116 702)	—
» 16. Mai bis 21. Juni	62	33 070	35 165 (+ 2095)	—
Vom 2. October bis 21. Juni	—	115 409	234 206 (+ 118 797)	—
	Proc.	Wärmeeinheiten.		

Ein weiterer Verlust an Strahlungswärme entsteht beim Durchgange der Sonnenstrahlen durch die Raumumschließungen und durch die darin angebrachten Fenster.

Durch die ersteren wird in den meisten Fällen nur ein sehr geringer Theil der Wärmestrahlung, welche auf ihre Außenflächen auffallen, nach innen übertragen; der Verlust wird je nach Material und Construction der betreffenden Mauern oder sonstigen Wände und je nach ihrem Trockenheitsgrade ziemlich verschieden sein; indess fehlen hierüber zuverlässige Zahlenangaben. Durch die Fenster gehen die leuchtenden Wärmestrahlung ungeschwächt durch; die dunkeln hingegen werden zum größten Theile zurückgehalten; doch erwärmen letztere das Glas, und die von diesem aufgenommene Wärme wird zum Theile an die Innenluft des betreffenden Raumes abgegeben.

Auf einschlägigen Beobachtungen und Rechnungen fußend, nimmt *Knauff* an, daß bei mittelgroßen Gebäuden gewöhnlicher Bauart etwa ein Fünftel der gesammten, an die Raumumschließungen (einschl. der Fenster) gelangenden Strahlungswärme auf das Innere übergeht. Berücksichtigt man nun auch noch den eben besprochenen, durch die Bewölkung erzeugten Verlust, so beträgt der Antheil der Strahlungswärme, welcher thatsächlich nach innen abgegeben wird, für 1 qm etwa ein Zwölftel der in der Tabelle auf S. 24 angegebenen Werthe.

Der nicht unbedeutliche Wärmeeintheil, welcher zwar in die Außenschichten der Umfassungswände eindringt, aber im Inneren nicht fühlbar wird, bringt zu einem Theile die Verdunstung der Mauerfeuchtigkeit hervor, trägt sonach zum Austrocknen der Umfassungswände bei; zum anderen Theile wird die von letzteren aufgenommene Wärme, sobald die Besonnung aufgehört hat, wieder an die umgebende Außenluft abgegeben.

Aus den vorstehenden Untersuchungen lassen sich die folgenden Ergebnisse ableiten.

22.  
Folgerungen.

1) Soll für einen Raum — in Rücksicht auf seine Bestimmung — die Sonnenwärme möglichst weit gehend ausgenutzt werden, so ist es am vorteilhaftesten, wenn er nach allen vier Himmelsrichtungen frei steht und in jeder der Umfassungsmauern Fenster erhält. Allerdings wird an der Nordseite (siehe die Tabelle auf S. 23) nur um die Zeit der Sommer-Sonnenwende die Sonnenbestrahlung sich fühlbar machen, immerhin aber in nicht unbedeutender Weise.

In der Praxis wird hiervon verhältnißmäßig nur selten Anwendung gemacht werden können, da man Räume in nur wenigen Fällen nach allen vier Seiten frei stellen kann.

2) Ist ein Raum zu schaffen, der nach drei Seiten frei steht und soll auch für diesen die Einwirkung der Sonnenwärme thunlichst nutzbar gemacht werden, so lasse man seine nach Norden gerichtete Umschließungswand an die benachbarten Gebäudetheile stoßen und ordne in jeder der drei anderen Wände Fenster an. Hat man bezüglich der Abmessungen dieses Raumes eine gewisse Wahl, so trachte man aus Gründen, die unter 3) erörtert werden sollen, die Abmessung von Ost nach West thunlichst lang zu machen.

3) Wenn ein Raum nur an zwei gegenüber liegenden Seiten frei steht, wenn er also durch die ganze Gebäudetiefe hindurchgeht, und wenn in demselben möglichst viel Sonnenwärme erwünscht ist, so wird man ihn naturgemäß an diesen beiden (in der Regel Lang-) Seiten mit Fenstern versehen. Es entsteht jedoch die Frage, ob man den Raum so zu stellen hat, daß die Fenster nach Nord und Süd, oder in solcher Weise, daß sie nach Ost und West gerichtet sind; mit anderen Worten: ist die Längsaxe des Raumes ost-westlich oder nord-südlich zu stellen?

Faßt man zur Beantwortung dieser Frage die Ergebnisse der im vorhergehenden

Artikel vorgeführten Untersuchungen zusammen, so lassen sich dieselben<sup>28)</sup> für Orte, die zwischen 40 und 60 Grad nördlicher Breite gelegen sind, in folgenden zwei Punkten fest stellen:

α) Bei nord-südlicher Axenstellung erhält der Raum im Laufe eines Jahres mehr Sonnenstrahlungswärme, als bei ost-westlicher Axenstellung, und zwar im Verhältniß von etwa 11:10. Indefs kommt dieses Mehr an Wärme nur in der warmen Jahreszeit zur Wirkung, ist sonach kein eigentlicher Gewinn.

β) Wenn hingegen die Axe des Raumes von Ost nach West gerichtet ist, so erhält er während der ganzen Dauer der kühlen und kalten Jahreszeit (d. i. während der Zeit des Heizens<sup>29)</sup>) eine absolut grössere Menge von Sonnenstrahlungswärme, als bei nord-südlicher Axenstellung, und zwar im Verhältniß von etwa 6:5.

Hieraus geht ohne Weiteres hervor, dafs in den genannten Breitengraden die in Rede stehenden Räume mit ihrer Längsaxe von Ost nach West zu stellen, dafs also ihre beiden Fensterwände nach Nord und Süd zu richten sind, sobald es auf eine thunlichst zweckentsprechende Ausnutzung der Infolation ankommt. Denn wenn auch bei nord-südlicher Axenstellung für das ganze Jahr eine grössere Gesamtwärme zu erzielen ist, so ist das erzielte Mehr vom gesundheitlichen Standpunkte werthlos. Die Sonnenwärme ist von diesem Gesichtspunkte aus nur in der kühlen und kalten Jahreszeit, welche in den gedachten Breitengraden ca.  $\frac{3}{5}$  des Jahres andauert, von Werth; im Hochsommer hingegen erreicht die äussere Temperatur schon eine solche Höhe, dafs man es als einen Vortheil ansehen mufs, wenn den Innenräumen durch die Sonnenstrahlen möglichst wenig Wärme zugeführt wird. Mit anderen Worten: bei ost-westlicher Axenstellung wird der Raum im Sommer von der Sonne weniger, im Winter mehr erwärmt, als bei nord-südlicher Stellung.

Bei ost-westlicher Stellung der Raumaxe erreicht man auch noch den weiteren Vortheil, dafs die sonst von Osten und Westen während des ganzen Jahres flach einfallenden Morgen- und Abendstrahlen gänzlich vermieden werden; diese Strahlen wirken auf das menschliche Auge lästig und unangenehm und müssen meist durch Vorhänge etc. abgeblendet werden, so dafs im Winter ihr wärmender Einfluss ohnedies verloren geht.

Vogt gelangte bei seinen, in Art. 21 (S. 23) bereits erwähnten Untersuchungen<sup>30)</sup> bezüglich der in Rede stehenden Räume zu dem gerade entgegengesetzten Ergebnisse; nach denselben ist die nord-südliche Axenstellung der ost-westlichen vorzuziehen, so dafs die Fenster nach Ost und West zu richten sein würden. Es würde hier zu weit führen, die Unrichtigkeiten in den Vogt'schen Arbeiten nachzuweisen; es ist dies durch v. Gruber<sup>31)</sup> geschehen und kann in dessen Schrift nachgesehen werden. Es werden sonach die oben entwickelten Schlussfolgerungen durch die Vogt'schen Untersuchungen nicht widerlegt.

4) Kann ein Raum nur in einer Umschließungswand Fenster erhalten, so wird die Einwirkung der Strahlungswärme der Sonne dann am meisten ausgenutzt, wenn man die Fensterwand nach Süden richtet.

Deshalb hält man vom gesundheitlichen Standpunkte aus für unsere Wohnungen vielfach die Südseite für die angenehmste und gesundeste. In der That zeichnen sich die nach Süden gelegenen Zimmer vor den anderen in mancherlei Beziehung aus. Sie erhalten während des ganzen Jahres reichliches, strahlendes

<sup>28)</sup> Nach: KNAUFF, a. a. O., S. 23.

<sup>29)</sup> Welche im Gebiet des Oberrheins (siehe die Tabelle auf S. 24) 227 Tage andauert.

<sup>30)</sup> VOGT, A. Ueber die Richtung städtischer Strassen nach der Himmelsgegend und das Verhältniß ihrer Breite zur Häuserhöhe etc. Zeitschr. f. Biologie 1879, S. 319 — und: Resultate von Versuchen über die Einwirkung der Wärmestrahlen der Sonne auf die Hauswandungen. Ebendaf., S. 605.

<sup>31)</sup> A. a. O.



Sonnenlicht, insbesondere während der kalten und Uebergangszeit; die wohlthuende Wärme der Sonnenstrahlen kommt gerade in dieser Jahreszeit in solchen Räumen ganz besonders zur Wirkung. Im Sommer sind Südzimmer zwar wärmer, als die nach Norden und Osten, aber kühler als die nach Westen gelegenen; allein auch während der größten Hitze sind sie mit verhältnismäßig einfachen Mitteln bei leidlicher Temperatur zu erhalten; die Luft bleibt während des ganzen Jahres viel leichter rein und frisch; dumpfer, kelleriger Geruch und feuchte Wände sind am seltensten<sup>32)</sup>.

5) Sollen Räume, die gleichfalls nur in einer Umschließungswand Fenster erhalten können, bezw. sollen, der unmittelbaren Wirkung der Sonnenstrahlung entzogen werden, so sind diese Fenster nach Norden zu richten. Daher wird für Zeichen- und Modellir-Säle, für Arbeitsstätten von Malern, Bildhauern etc. mit Vorliebe die Nordseite gefucht und gewählt.

6) Auch Räume, welche, in Rücksicht auf deren Bestimmung, der Wärmewirkung der Sonnenstrahlen thunlichst entzogen werden sollen, ordne man mit der Fensterseite gegen Norden zu an. Dahin gehören vor Allem jene Räume, in denen man Arbeiten bei möglichst constanter Temperatur auszuführen hat, ferner solche, welche thunlichst kühl gehalten werden sollen.

Kann man auf die Lichtwirkung der Sonnenstrahlen verzichten, so wird man dem beabsichtigten Zwecke noch besser entsprechen, wenn man den betreffenden Raum an keine der Außenseiten des Gebäudes legt, sondern denselben im Gebäudeinneren anordnet. Ist solches nicht möglich, so sehe man von der Anbringung von Fenstern gänzlich ab und wähle für die Raumumschließung eine Construction, welche die Uebertragung der Sonnenwärme nach innen thunlichst abhält.

---

#### Literatur

über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme«.

- KNAUFF, F. Das neue academische Krankenhaus in Heidelberg. München 1879. S. 6 u. ff.  
 VOGT, A. Ueber die Richtung städtischer Strafsen nach der Himmelsgegend und das Verhältniß ihrer Breite zur Häuserhöhe, nebst Anwendung auf den Neubau eines Kantonspitals in Bern. Zeitschr. f. Biologie 1879, S. 319.  
 VOGT, A. Resultate von Versuchen über die Einwirkung der Wärmestrahlen der Sonne auf die Hauswandungen. Zeitschr. f. Biologie 1879, S. 605.  
 Die Wirkungen der Infolation auf Hauswandungen. Eifenb., Bd. 13, S. 27.  
 VI. Internationaler Congress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienischen Sectionen. — Heft 11: Mittel die Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme zu verforgen. — Ergänzungen zu den Heften 1—18, 20, 21 u. 23. Wien 1887—88.

---

<sup>32)</sup> Siehe: KNAUFF, a. a. O., S. 6.

## B. Künstliche Beleuchtung der Räume.

Der Erhellung der Räume durch Sonnenlicht steht die künstliche Beleuchtung derselben gegenüber. Die letztere kann, je nach den Mitteln zur künstlichen Lichterzeugung, in äußerst mannigfaltiger Weise geschehen. Kerzenlicht, Oelbeleuchtung, Erhellung mittels Magnesium-, Kamphin-, Photogen-, Amylacetat- und Paraffinlicht, Beleuchtung mittels Steinkohlengas, Naphtha-Aether, Solaröl, Oelgas, Holzgas, Boghead-Gas, die elektrische Beleuchtung u. f. w. sind bald in größerem, bald in kleinerem Mafsstabe zur Anwendung gekommen. Indefs ist für den Architekten zur Zeit nur die »Gasbeleuchtung« und die »elektrische Beleuchtung« von Wichtigkeit.

---

### Literatur

über »Künstliche Beleuchtung der Räume«.

- PECLET, E. *Traité d'éclairage*. Paris 1827. — Deutsche Uebersetzung von J. G. CH. WEISE. — 3. Aufl. von HARTMANN. Weimar 1853.
- BOLLEY, P. Handbuch der chemischen Technologie. Bd. 1, 2. Gruppe: Das Beleuchtungswesen. Braunschweig 1862.
- The artificial lighting of buildings, and gas. Builder*, Bd. 31, S. 25.
- Les sources de lumière. Des divers systèmes d'éclairage public et privé. Revue gén. de l'arch.* 1875, S. 111.
- PERL, E. Die Beleuchtungstoffe und deren Fabrikation. Wien 1876.
- Bericht über die Weltausstellung in Paris 1878. Herausgegeben von der k. k. österreichischen Commission. 4. Heft: Gas- und elektrische Beleuchtung. Von H. NACHTSHEIM. Wien 1877.
- Visites à l'exposition universelle de 1878. Le chauffage et l'éclairage. La semaine des const.* 1877—78, S. 555, 569, 594, 618; 1878—79, S. 5, 64, 88, 172, 222, 233.
- Illustrierte Patentberichte. Nr. 2: Patent-Classe 4. Beleuchtungsgegenstände. Sachliche Zusammenstellung der bis zum 1. Jan. 1879 in dieser Classe ertheilten Patente, nebst Anhang über elektrische Beleuchtung. Bearbeitet von M. MÜLLER. Berlin 1879.
- STROTT, G. R. Ueber Leuchtmaterialien, deren Eigenschaften, Bestimmung der Lichtflärke, Leuchtkraft und des Leuchwerthes etc. Holzminde 1880.
- BARLET. *Les procédés et les appareils de chauffage et d'éclairage à l'exposition universelle internationale d'étude et tels qu'ils sont en réalité*. Paris 1881.
- BANTING ROGERS, J. *Artificial light*. Reading 1882.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Bd. 2. Leipzig 1883. S. 89 u. ff.
- SCHWARTZE, TH. Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1884.
- MEHLHAUSEN. Ueber künstliche Beleuchtung. Berlin 1885.
- HEIM, C. Ueber Lichtflärke und Verbrauch der gebräuchlichen Lichtquellen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1887, S. 388.
- L'éclairage artificiel. La construction moderne*, Jahrg. 3, S. 405.
- WAGNER, R. v. Handbuch der chemischen Technologie. 13. Aufl. von F. FISCHER. Leipzig 1889. S. 131 u. ff.
- Ferner:
- Journal du gaz et de l'électricité*. Paris. Erscheint seit 1881.
- Organ industriel de l'éclairage*. Brüssel. Erscheint seit 1881. (Erschien früher unter dem Titel »Gas Belge«.)
-

## 3. Kapitel.

## Gasbeleuchtung.

Von HERMANN FISCHER.

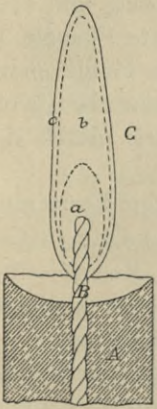
## a) Lichtentwicklung und Lichtmenge.

Die Quellen, welche das Licht für künstliche Beleuchtung liefern, sind durchweg — mit theilweiser Ausnahme des elektrischen Lichtes — gleicher Art. Grundfätzliche Unterschiede treten nur in so fern auf, als in dem einen Falle der Brennstoff für die Lichtentwicklung bereits weiter vorbereitet ist, als in dem anderen Falle.

In Form einer Kerze von Wachs, Stearin, Paraffin u. f. w. bedarf der Brennstoff der weit gehendsten Umwandlung; deshalb möge das Kerzenlicht für die Erkennung der Vorgänge des Leuchtens, so wie der Bedingungen, unter welchen die größte Lichtmenge mit Hilfe einer und derselben Brennstoffmenge erreicht werden kann, als Vorbild dienen.

Fig. 4 ist ein lothrechter Durchschnitt einer Kerze. Durch die von der Lichtflamme *C* entwickelte Wärme wird die Oberfläche des Brennstoffes *A* geschmolzen, und zwar, da die Wärme nur durch Strahlung übertragen werden kann, bis auf eine sphärische Fläche, die einen Behälter für den geschmolzenen Brennstoff bildet. In der Mitte der Kerze befindet sich der Docht *B*,

Fig. 4.



welcher vermöge der Haarröhrchenkraft den nunmehr flüssigen Brennstoff in die Flamme führt. Die Temperatur der Flamme bewirkt die Vergasung der Flüssigkeit. Das großentheils aus Kohlenwasserstoffen bestehende Gas entströmt dem Docht nach allen Seiten und wird in steigendem Mafse von der eigentlichen Flamme erwärmt, zunächst bis die Temperatur desselben genügend geworden ist, um eine Zerlegung wenigstens eines Theiles der Kohlenwasserstoffe, bezw. eine Ausscheidung festen Kohlenstoffes in äußerst fein zertheiltem Zustande hervorzubringen. Nunmehr ist der Rohstoff, welcher leuchten soll, gegeben: die glühenden Kohlenstofftheilchen bringen die Lichterscheinung hervor, und zwar wächst die Entschiedenheit des Lichtes mit der Temperatur von Dunkelroth zu Kirschroth, weiter zu Orange und endlich zu Weiß. Der in Fig. 4

einerseits vom Raume *a*, andererseits von der Hülle *c* eingeschlossene Raum *b* der Lichtflamme ist angefüllt mit glühenden Kohlentheilchen und leuchtet allein.

Behuf Entwickelns der Wärme, welche die Kohlentheilchen zum Glühen zu bringen, welche den flüssigen Brennstoff zu vergasen, welche endlich den festen Brennstoff zu schmelzen hat, werden die zum Leuchten benutzten Kohlentheilchen sowohl, als auch der sie begleitende Wasserstoff mit dem Sauerstoff der die Flamme umgebenden atmosphärischen Luft verbunden. Dieser Verbrennungsvorgang findet innerhalb des Raumes statt, welcher in Fig. 4 mit *c* bezeichnet ist, und welcher den leuchtenden Körper *b* einschließt. Die dünnwandige Verbrennungszone *c* erwärmt den Körper *b*, welcher seinerseits einen Theil der empfangenen Wärme an die Vergasungszone *a* abgibt u. f. w. Die Temperatur des Dochtendes ist eine niedrige; hält man dasselbe nur in der Vergasungszone *a* (durch regelmässiges Kürzen des Dochtes), so wird es kaum gebräunt.

Die wärmegebende Zone *c* erwärmt nun nicht allein den Flammenkern, sondern sie strahlt eine nicht unbedeutende Wärmemenge nach außen, welche demnach für die Lichtentwicklung nicht benutzt werden kann.

Eine Flamme wird die denkbar größte Lichtmenge aus einem gegebenen Brennstoff entwickeln, wenn aller Kohlenstoff in fester Form ausgeschieden, wenn derselbe möglichst lange im Glühen erhalten wird und nur in dem Maße zur Verbrennung gelangt, als der Wärmebedarf es fordert. Es liegt auf der Hand, daß das Genannte für einen bestimmten Brennstoff nur eintreten kann bei einem bestimmten Verhältniß der mit der atmosphärischen Luft in Berührung stehenden Flammenoberfläche zu dem Inhalt der Flammentheile *b* und *a* und zu der Menge des durch den Docht zugeführten Brennstoffes. Wird dieses Verhältniß nach der einen Seite überschritten, so verbrennt der Kohlenstoff zu früh; es wird daher seine Leuchtfähigkeit nicht genügend benutzt; findet dagegen die Ueberschreitung nach der anderen Seite statt, so gelangt der Kohlenstoff nicht vollständig zum Glühen und zur Verbrennung, verläßt vielmehr die Flamme als Ruß. Es ist sonach erklärlich, daß diejenige Lichtflamme, welche in Bezug auf den Brennstoffverbrauch als die vortheilhafteste bezeichnet werden muß, in Folge geringer äußerer Einflüsse zu rußen beginnt.

24.  
Gestalt  
der  
Flamme.

Will man in einer Lichtflamme mehr Brennstoff verbrauchen, mehr Licht entwickeln, als die bisher besprochene, einen Drehkörper bildende Flamme in vortheilhafter Weise zu entwickeln vermag, so muß eine Flammengestalt gewählt werden, welche obgleich größer ist als diese, dasselbe Verhältniß zwischen Oberfläche und Rauminhalt hat. Offenbar genügt eine platte Flamme dieser Anforderung und eben so die Flamme, deren Gestalt entsteht, indem man eine breite platte Flamme so biegt, daß die Seitenränder zusammenstoßen, also die Flamme eine Hohltrömmel bildet. Derartige Flammenformen sind für feste Brennstoffe nicht gebräuchlich, wohl aber für flüchtige. Sie wurden zuerst (1789) von *Aimé Argand* in Paris mittels des nach ihm benannten Brenners hervorgebracht.

25.  
Leuchtgas.

Für den vorliegenden Zweck ist noch nothwendig, auf eine weitere Erörterung derjenigen Flammen einzugehen, deren Brennstoff bereits an anderen Orten in Gas verwandelt ist, bei welchen also der oben geschilderte Vorgang im Raume *a* beginnt, so daß nur die drei Räume oder Körper *a*, *b* und *c* in Frage kommen. Das unter dem Namen »Leuchtgas« in unseren Gasanstalten gefertigte Erzeugniß ist eine aus vielen verschiedenen Gasen zusammengesetzte und in der Zusammensetzung wechselnde Mischung<sup>33)</sup>. Als lichtgebende Bestandtheile sind zu nennen: Kohlenwasserstoffdämpfe und Kohlenwasserstoffgase, als verunreinigende: Kohlenäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff u. s. w.

Je nach der Art des Rohstoffes, je nach der Herstellungsart sind die Gase in anderen Mengenverhältnissen vorhanden, so daß man, genau genommen, für jede Flammenanordnung vorher die Zusammensetzung des betreffenden Gases fest stellen sollte. Praktisch ist ein solches Verfahren undurchführbar und auch überflüssig, da andere wesentliche Einflüsse eben so veränderlich sind. Es mag deshalb im Folgenden die Zusammensetzung des Leuchtgases nur durch die Bezeichnungen »kohlenstoffärmer« und »kohlenstoffreicher« näher angegeben werden.

26.  
Leuchtgas-  
flammen.

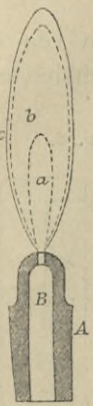
Die Flamme, welche Fig. 5 darstellt, und welche entsteht, indem das Gas aus einem runden Loche ausströmt, giebt schon Veranlassung zur Berücksichtigung des

<sup>33)</sup> Vergl.: SCHILLING, N. H. Handbuch der Steinkohlengas-Beleuchtung. 3. Aufl. München 1878. S. 82.  
FISCHER, F. Die chemische Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880. S. 283.

genannten Unterschiedes. Je kohlenstoffreicher das Gas ist, um so mehr Kohlen-  
theilchen werden unter denselben Umständen aus derselben Gasmenge gebildet, um  
so dichter werden dieselben sowohl in der Leuchtzone *b*, als auch in der Verbren-  
nungszone *c* auftreten. Es genügt daher ein kleinerer Raum *b*; es muß aber die  
Außenfläche von *c* im Verhältniß zur Flammengröße größer sein, als bei kohlen-  
stoffärmerem Gase, um Raum zu bieten für die Verbrennung der verhältnißmäßig  
größeren Kohlenmenge. Dasselbe gilt von den platten Flammen Fig. 6 u. 7, so  
wie von der Flamme des Argand-Brenners, indem diese für kohlenstoffreicheres Gas  
dünner, für kohlenstoffärmeres Gas dagegen dicker sein müssen, so fern sie eine mög-  
lichste Ausnutzung des Brennstoffes herbeiführen sollen.

So fern im Hals *B* des Brenners *A* eine größere Spannung herrscht, so wird  
die Geschwindigkeit des ausströmenden Gases ebenfalls eine größere. Die unmittel-  
bare Folge hiervon ist, daß die ausgeschiedenen Kohlentheilchen in *b*

27.  
Brenner.



weiter aus einander getrieben werden und der Gasraum *a* größer  
ausfällt; die Lichtmenge der Flamme steigt hierdurch zwar im Ganzen,  
aber in geringerem Maße, als die verbrauchte Gasmenge. Außerdem bringt die rasche Bewegung des Gases Luftwirbelungen hervor,  
so daß eine stärkere Mischung des Gases mit Luft, sodann eine frühere  
Verbrennung der Kohlentheilchen eintritt. Die Erfahrung hat das Ge-  
sagte bestätigt, indem durch sorgfältige Versuche nachgewiesen ist,  
daß die beste Ausnutzung des Gases bei niedrigstem Druck im Brenner-  
hals *B* erzielt wird.

Die Brenner werden von Metall, Porzellan oder Speckstein her-  
gestellt. Erstere sind am wenigsten zu empfehlen, da sie sowohl durch  
Rosten leiden, als auch die Lichtflamme durch ihr Wärmeleitungsver-  
mögen schädigen; letztere sind allen anderen Brennern vorzuziehen.

Für geringe Lichtmengen verwendet man den Einlochbrenner (Fig. 5). Der-  
selbe giebt im Durchschnitt ein gutes Licht bei einem Druck von 2 bis 6 mm Wasser-  
säule im Brennerhals und einem stündlichen Gasverbrauch von 25 bis 50<sup>l</sup>. Auf die  
Lichtstärke einer Vereinskerze (vergl. Art. 3, S. 6) bezogen, gebraucht die gut be-  
handelte Flamme durchschnittlich etwa 21<sup>l</sup> an Gas.

28.  
Loch- u.  
Flachbrenner.

Die Flachbrenner sind für einen stündlichen Gasverbrauch von 90 bis 140<sup>l</sup>  
am meisten gebräuchlich. Man verwendet zwei Arten der Flachbrenner, nämlich

Fig. 6.

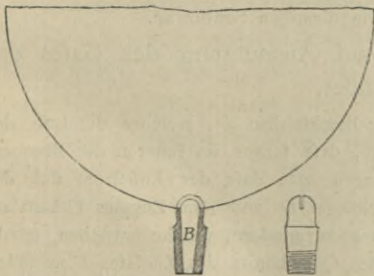
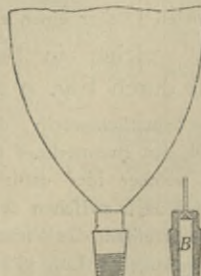


Fig. 7.



den Fledermaus- oder  
Schnittbrenner (Fig. 6)  
und den Fischschwanz-  
oder Zweilochbrenner  
(Fig. 7). Die trommel-  
oder besser bauchförmige  
Halshöhlung *B* des letz-  
teren ist mit einer Platte  
geschlossen, welche zwei  
gegen einander geneigte  
Löcher durchbrechen; die  
aus diesen Löchern strö-

men-  
den Gasstrahlen stoßen auf einander und bilden, wenn entzündet, eine platte  
Flamme, deren Ebene winkelrecht zu derjenigen gerichtet ist, in welcher die Axen

der beiden Löcher liegen. Der Schnittbrenner (Fig. 6) hat entweder einen trommel-förmigen, besser aber einen sich erweiternden Hals *B*, welcher vermöge eines Schlitzes mit dem Freien in Verbindung steht. Die Gestalt der Flamme ist bei diesem Brenner breiter, als beim Zweilochbrenner.

Der Schnittbrenner ist — mit Hilfe eines dünnen Metallstreifens — leicht zu reinigen, was besonders bei metallenen Brennern von großem Werth ist; der Zweilochbrenner soll sich vorwiegend für kohlenstoffreiche Gase eignen.

Die vorliegenden Flachbrenner bedürfen eines Gasdruckes von 3 bis 4 mm Wasserfäule — ersterer ist passend für Schnitt-, letzterer für Zweilochbrenner — damit die Flamme durch die gewöhnlichen Luftströmungen nicht zu sehr gestört wird. Der Gasverbrauch, auf die Lichtstärke einer Vereinskerze bezogen, beträgt 13 bis 16<sup>1</sup> in der Stunde<sup>34</sup>).

Der gewöhnliche Argand-Brenner (Fig. 5 u. 6) ist für Gasmengen von 120 bis 160<sup>1</sup> in der Stunde am geeignetsten.

Derselbe unterscheidet sich, wie Fig. 8 erkennen läßt, abgesehen von der röhrenförmigen Gestalt der Flamme, dadurch von den eigentlichen Flachbrennern, daß er von einer Glasröhre, dem Zugglas *C*, umgeben ist, welches einen schädlichen Einfluß zufälliger Luftströmungen, so fern dieselben vorwiegend wagrecht gerichtet sind, hindert. Diese Einrichtung ermöglicht, den Argand-Brenner mit sehr geringem Gasdruck zu gebrauchen, was wohl die wesentlichste Ursache für die vortheilhafte Verbrennung des Gases im Brenner ist. Die Verbrennungsluft tritt sowohl in das Innere des Flammenringes, als auch an die Außenfläche desselben.

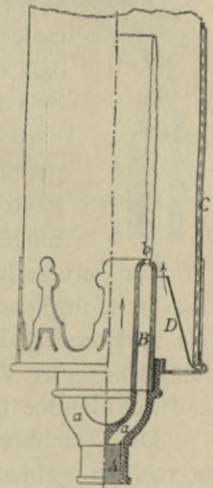
Der für letzteren bestimmte Luftstrom wird durch den Blechkegel *D* so geleitet, daß er sich der Flamme zuneigt. Da die Geschwindigkeit der Luftströme, abgesehen von Reibungswiderständen, von der Temperatur innerhalb der als Schornstein wirkenden Glasröhre *C* und von der Höhe derselben abhängt, da ferner für die zweckmäßigste Verbrennung eine bestimmte Luftmenge erforderlich ist, so müssen, will man die vortheilhafteste Leistung des Brenners erreichen, Zugglas *C*, Gasmenge und Querschnitte für den Luftstrom mit einander genau im Einklang stehen, was gewöhnlich nicht der Fall zu sein pflegt.

Dem Brenner wird das Gas von *A* aus durch die beiden Röhren *a*, *a* zugeführt. Das Gas verbreitet sich dann in dem ringförmigen Hohlraum *B*, um bei *b* durch zahlreiche — 18 bis 40 — Löcher zur Flamme zu gelangen. Unmittelbar über dem Brenner vereinigen sich die einzelnen Gasströme zu der Röhrenform, so daß an der Flamme die Zuführungsart nicht erkannt werden kann. Selten wendet man statt der vielen Löcher einen engen, ringförmigen Schlitz an.

*Sugg's* Argand-Brenner, welcher in Bezug auf Ausnutzung des Gases das Hervorragendste leisten soll, ist durch Fig. 9 abgebildet.

Zunächst ist an diesem Brenner bemerkenswerth, daß der Blechschirm *D*, welcher die Luft der Außenfläche der Flamme zuführen soll, den Brennerkopf überragt, daß ferner im Inneren des Brenners ein Stift mit Kopf *E* angebracht ist, welcher hier dafür zu sorgen hat, daß der Luftstrom sich der Flammenfläche zuneigt, und daß endlich auch zwischen dem Blechkegel *D* und dem Zugglas *C* Luft zugeführt wird. Diese Luftzuführung ist bestimmt, die Wirbelungen zu vermindern, welche entstehen, sobald die innerhalb des Blechkegels *D* emporsteigende Luft plötzlich den Querschnitt des Zuglases *C* ausfüllen soll. Zweckmäßig ist auch die Vorrichtung, welche der Regelung des Gasdruckes dient. Die drei engen Röhren *a*, welche das Gas dem Hohlraum *B* zuführen, münden andererseits in der Kammer *d*. Diese

Fig. 8.



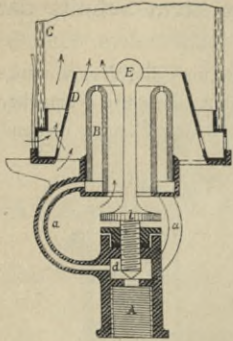
Argand-Brenner. — 1/2 w. Gr.

29.  
Argand-  
Brenner.

30.  
*Sugg's*cher  
Brenner.

<sup>34</sup>) Vergl. übrigens: Polyt. Journ., Bd. 243, S. 228.

Fig. 9.



Sugg'scher Brenner. — 1/2 w. Gr.

steht mit der Gasröhre *A* mittels einer kreisförmigen Oeffnung ihres Bodens in Verbindung, in welche die untere, kegelförmige Spitze des Stiftes *E* ragt. Das Gewinde des unteren Theiles von *E* findet fein Muttergewinde in dem Deckel der Kammer *d*; je nachdem man durch Drehen an der gerändelten Scheibe *l* diese genannte kegelförmige Spitze tiefer oder höher stellt, wird der Gaszufluss vermindert oder vergrößert, somit der Gasdruck im Brenner beliebig verändert. Die Einstellung kann während des Brennens der Flamme gefekeh, so dafs man im Stande ist, den vortheilhaftesten Gasdruck durch Versuche zu finden.

Den verschiedenartigen Einrichtungen entsprechend ist die Wirkungsart der Argand-Brenner verschieden, was man folgender kleinen Zusammenstellung ersehen wolle:

	Leuchtkraft für 100 l stündlichen Gasverbrauch.
Gewöhnlicher Porzellan-Argand-Brenner . . . . .	9,9 Kerzen
» Speckstein-Argand-Brenner . . . . .	9,5 »
Parifer Normal-Argand-Brenner . . . . .	9,0 »
Londoner » » . . . . .	10,2 »
Sugg's verbefferteter Brenner . . . . .	12,3 »

Andere Versuche haben für die verbesserten Brenner noch vortheilhaftere Werthe geliefert; indess haben dieselben für die Praxis wenig Werth, da sie eine zu sorgfältige Behandlung zur Bedingung haben. Man kann im Allgemeinen annehmen, dafs ein guter gebräuchlicher Argand-Brenner, für die Helligkeit einer Vereinskerze berechnet, stündlich 10 bis 12<sup>1</sup> Gas verbraucht.

Will man eine gröfsere Lichtmenge, als etwa die von 20 Kerzen, gleichsam an einem Punkte erzeugen, so vereinigt man eine Zahl von Einzelbrennern, entweder in Form des fog. Sonnenbrenners, von dem später die Rede sein wird, oder als Doppel-Argand-Brenner. Letztere rühren von *Hulett* her<sup>35)</sup> und sind später von *Sugg*<sup>36)</sup> verbeffert; sie bestehen aus mehreren in einander gesteckten Argand-Brennern. Nach Versuchen von *Faas* in Frankfurt a. M. sollen diese Brenner, je nach Gröfse und Lichtstärken, folgende Gasmengen stündlich verbrauchen:

für	50	80	100	120	200	Kerzen
	420	570	700	850	1400	Liter Leuchtgas,

wonach sie, neben der massenhaften Lichtentwicklung, die bis zu 200 Kerzen getrieben werden kann, den Vortheil sehr geringen Gasverbrauches haben.

Die stärkere Lichtentwicklung mittels des genannten Brenners dürfte auf die entstehende höhere Verbrennungs-Temperatur zurückzuführen sein. Die letztere wird dadurch hervorgebracht, dafs verhältnismäfsig weniger Wärme durch Strahlung verloren geht. Leider führt die hohe Temperatur auch zu verhältnismäfsig rascher Zerstörung des Brenners, wie des Zugglases.

Die Helligkeit, Leuchtfähigkeit einer Flamme wächst mit der Temperatur derselben sehr rasch, weil mit dieser die Farbe der Flamme weifser wird, die hellen Strahlen gegenüber den dunkeln mehr in den Vordergrund treten. Die Lichtmenge, welche einem bestimmten Wärmeverbrauch entspricht, ist bei höherer Flamm-Temperatur gröfser, als bei niedriger Flamm-Temperatur.

Dies ist schon längst erkannt worden; man hat manche Einrichtungen erdacht,

31.  
Doppel-Argand-Brenner.

32.  
Vorwärmen der Verbrennungsluft.

<sup>35)</sup> Siehe: *The pract. mech. journal*, Bd. 4, S. 110.

<sup>36)</sup> Siehe: *Polyt. Journ.*, Bd. 233, S. 306.

welche der Erzeugung einer höheren Flammen-Temperatur dienen. 1836 wurde *Chauffenet* ein Preis ertheilt<sup>37)</sup> auf die durch Fig. 10 in lothrechtem Schnitt dargestellte Anordnung.

Der Brenner *b* wird von *a* aus in gewöhnlicher Weise mit Gas versorgt, und die Verbrennungserzeugnisse entweichen durch das Zugglas *d*. Letzteres ist jedoch von einer zweiten Glasröhre *e* umgeben, welche sich unten an ein dichtes Metallgefäß *i* schließt, so daß die zum Nähren der Flamme dienende Luft durch den Hohlraum zwischen *d* und *e* nach unten strömen muß, um hier durch *b*, bezw. zwischen dem Brenner *b* und dem Schirm *c* hindurch zu den Gasstrahlen zu gelangen.

Während des Niedersteigens entnimmt nun die in Rede stehende Luft ziemlich viel Wärme von der Außenseite des Zugglases *d* und führt sie der Flamme zu, wobei sie diese heißer und besser leuchtend macht.

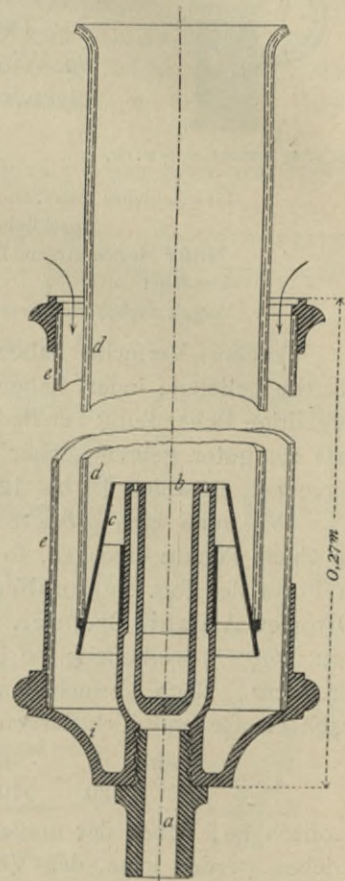
Diese *Chauffenet'sche* Anordnung ist vielfach nachgeahmt; ich erwähne die *White'sche*<sup>38)</sup>, *Muchal'sche*<sup>39)</sup>, *Schall'sche*<sup>40)</sup> und die *Wendt'sche*<sup>41)</sup> Lampe. Abgesehen von der äußeren Gestalt ist allen diesen Anordnungen kaum ein Vorzug einzuräumen; alle leiden gemeinam an dem Fehler, daß in Folge der hohen Temperatur das Zugglas »entglast« wird, wenn es nicht aus besonders widerstandsfähigem Stoff besteht, ja zuweilen sogar so erweicht wird, daß es durch sein Eigengewicht seine regelmäßige Gestalt einbüßt. Die Steigerung der Leuchtkraft ist eine ganz wesentliche.

Durch die Wärmeleitung der Metalltheile wird auch das Gas vorgewärmt. Man hat zuweilen dieser Gasvorwärmung besonderen Werth beigelegt<sup>42)</sup>, dabei aber zwei Umstände übersehen. In Folge übermäßigen Erwärmsens des Gases tritt nämlich die Ausscheidung fester Kohlenstofftheilchen ein, welche die betreffenden Leitungen verschmieren; es ist daher die Gasvorwärmung gefährlich. Andererseits nützt sie, im Vergleich zur Luftvorwärmung, wenig, da man im Durchschnitt mindestens 20 Gewichtstheile Luft auf 1 Gewichtstheil Gas gebraucht.

Durch den Mitbewerb der elektrischen Beleuchtung ist man veranlaßt worden, die Vorwärmung der Verbrennungsluft gegenüber derjenigen, welche die vorhin erwähnten Lampen bieten, zu steigern und doch dauerhafte Einrichtungen zu schaffen. Man fertigt zu diesem Ende die zum Vorwärmen dienenden Theile aus Metall, Porzellan oder dergl.

*Fr. Siemens* bot in dieser Richtung zuerst Brauchbares. Zwar liefen die ersten Anordnungen desselben<sup>43)</sup> viel zu wünschen übrig; bald jedoch gelang es dem rast-

Fig. 10.



Brenner von *Chauffenet*.  
1/2 w. Gr.

<sup>37)</sup> Siehe: *Polyt. Journ.*, Bd. 65, S. 132.

<sup>38)</sup> Siehe: *The pract. mech. journ.*, Bd. 9, S. 92.

<sup>39)</sup> Siehe: D.R.-P. Nr. 19 353, 25 174 — ferner: *Polyt. Journ.*, Bd. 251, S. 363 — endlich: *Gefundh.-Ing.* 1884, S. 147.

<sup>40)</sup> Siehe: D.R.-P. Nr. 19 732 — ferner: *Polyt. Journ.*, Bd. 251, S. 306.

<sup>41)</sup> Siehe: D.R.-P. Nr. 21 334 — ferner: *Polyt. Journ.*, Bd. 251, S. 453.

<sup>42)</sup> Vergl.: *The pract. mech. journ.*, Bd. 7, S. 156.

<sup>43)</sup> Siehe: *Verh. d. Ver. zur Bef. d. Gwbl. in Preußen* 1879, S. 106.



lofen Manne, feine Gedanken fo zu verkörpern, dafs die *Siemens-Lampe* ſich Welt-  
ruf erworben hat. Durch ſie wurde aber auch der Erfindungsgeiſt wachgerufen,  
welcher weſentliche Vervollkommnungen zeitigte<sup>44)</sup>.

Es würde dem Zwecke dieſes Buches nicht entſprechen, alle dieſe Lampen-  
einrichtungen eingehend zu erörtern, da die Lampenart auf die Art der Röhren-  
leitung nur ſehr geringen oder keinen Einfluß hat, mit anderen Worten: an eine  
und dieſelbe Röhrenleitung ſehr verſchiedene Lampen geſchloſſen werden können.  
Es möge deshalb dem Quellennachweis nur noch eine allgemeine Erörterung folgen.

Es wurde bereits angeführt, dafs die Lampen mit Luft- (und theilweiſe mit  
Gas-) Vorwärmung aus derſelben Gasmenge eine gröſſere Lichtmenge liefern. Die  
Lichtausbeute ſteigert ſich mit der Gröſſe der Flamme ſchon bei denjenigen Brennern  
oder Lampen, welche der Flamme unerwärmte Luft zuführen<sup>45)</sup>; dieſelbe Erſcheinung  
findet man bei den Lampen mit Luftvorwärmung.

In wagrechter Richtung gemeſſen fand man<sup>46)</sup>:

L a m p e	Bezeichnung	Lichtſtärke	Gasverbrauch für 1 Kerze ſtündlich
<i>Siemens-Lampe</i> — Flamme nach oben gerichtet . . . . .	Nr. 3	63	6,6
	Nr. 1	300	5,3
	Nr. 0	400	5,0
<i>Bower-Lampe</i> . . . . .	a	43	6,0
	b	72,5	5,6
<i>Butzke-Weſfal-Lampe</i> . . . . .	—	64	6,0
	—	80	
<i>Wenham-Lampe</i> . . . . .	Nr. 0	10,5	10,0
	Nr. 2	43	7,0
		Vereinskerzen.	Liter.

Dieſe Zahlen ändern ſich zu Gunſten derjenigen Brenner, welche die Flamme mehr oder weniger  
wagrecht ausbreiten, das Licht nach unten ſenden, ganz erheblich, wenn man die Helligkeit in geneigter  
oder lothrecht nach unten fallender Richtung mißt. So ergab z. B. die *Wenham-Lampe*<sup>47)</sup>:

Be- zeich- nung	Winkel mit der Wagrechten	Lichtſtärke	Gasverbrauch ſtündlich auf 1 Lichtſtärke	Be- zeich- nung	Winkel mit der Wagrechten	Lichtſtärke	Gasverbrauch ſtündlich auf 1 Lichtſtärke
Nr. 2	0	28,4	8,77	Nr. 4	25	152	4,51
»	45	44,5	5,77	»	45	170	3,98
»	90	45,8	5,58	»	65	200	3,42
Nr. 4	0	99	6,92	»	90	202	3,33
	Grad.	Vereinskerzen.	Liter.		Grad.	Vereinskerzen.	Liter.

Die Lichtſtärken ſind hier in englischen Kerzen ausgedrückt.

44) Ueber die *Siemens-Lampe* ſiehe: *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 188 — ferner: *Polyt. Journ.*, Bd. 244, S. 442; Bd. 251, S. 364; Bd. 256, S. 404; Bd. 259, S. 415; Bd. 268, S. 152. — Ueber andere Lampen mit Luftvorwärmung ſiehe: *Gefundh.-Ing.* 1886, S. 44, 740, 805; 1887, S. 407, 562, 733 — ferner: *Polyt. Journ.*, Bd. 251, S. 364; Bd. 256, S. 450; Bd. 259, S. 415; Bd. 268, S. 145 — endlich: *Zeitſchr. d. Ver. deutscher Ing.* 1885, S. 319.

45) Vergl.: *Polyt. Journ.*, Bd. 243, S. 133 u. ff.

46) Siehe: *Gefundh.-Ing.* 1887, S. 584.

47) Siehe: *Polyt. Journ.*, Bd. 266, S. 40.

33.  
Zahl- und  
Höhenlage  
der  
Lichtquellen.

Hiernach erscheint es zweckmäfsig, die Zahl der Lichtquellen möglichst gering zu machen.

Unter der Annahme, dafs die Helligkeit der Lichtstrahlen, welche innerhalb eines Kegels, dessen Spitzenwinkel  $2\alpha$  misst, im Wesentlichen sich gleich, kann man die Beleuchtung einer ebenen Fläche wie folgt berechnen. Es sei  $F$  (Fig. 11) die leuchtende Flamme, deren Lichtstärke  $L$  Meterkerzen ( $MK$ ) beträgt, d. h. in 1 m Entfernung eben so beleuchtet, wie  $L$  Vereinskerzen thun würden<sup>48)</sup>;  $h$  bezeichne die Entfernung der Flamme  $F$  von der zu beleuchtenden Fläche,  $r$  den Abstand eines Punktes  $A$  der Fläche vom Fußpunkte  $M$  der Lothrechten  $FM$  (in Met.) und  $\alpha$  die Neigung des zugehörigen Lichtstrahles gegenüber der genannten lothrechten Linie.

Alsdann ist die Helligkeit  $H$  des Punktes  $A$ , da diese im umgekehrten Verhältnifs zum Quadrat der Lichtstrahlänge und im geraden Verhältnifs zum Sinus des Auffallwinkels  $FAM$  steht,

$$\frac{H}{L} = \frac{1^2}{\left(\frac{r}{\sin \alpha}\right)^2} \sin FAM$$

oder

$$H = \frac{L}{r^2} \cos \alpha \sin^2 \alpha \dots \dots \dots 1.$$

Aus dieser Gleichung läßt sich zunächst die zweckmäfsigste Höhe  $h$  der Flamme über einer zu beleuchtenden Fläche vom Halbmesser  $R$  berechnen. Die Fläche wird um so besser beleuchtet werden, je heller der Rand, als der am schlechtesten beleuchtete Theil derselben, wird, also die günstigste Höhe  $h$  diejenige sein, bei welcher  $H_R$  den größten Werth annimmt.

Setzt man  $H = \frac{L}{r^2} \cos \alpha \sin^2 \alpha = f(\alpha)$ , so wird

$$f'(\alpha) = \frac{L}{r^2} [\sin^2 \alpha (-\cos \alpha) + \cos \alpha \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cos \alpha] = \frac{L}{r^2} (2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \sin \alpha.$$

$H$  erreicht den größten Werth für  $f'(\alpha) = 0$ , d. h.

$$\frac{L}{r^2} (2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \sin \alpha = 0,$$

sonach

$$2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 0 \quad \text{oder} \quad 2 \cos^2 \alpha - (1 - \cos^2 \alpha) = 0,$$

daher

$$3 \cos^2 \alpha = 1,$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{3} \quad \text{und} \quad \cos \alpha = 0,577, \quad \text{woraus} \quad \alpha = 54^\circ 45'.$$

Hieraus gewinnt man in leicht zu erkennender Weise die zweckmäfsigste Höhe  $h$  zu

$$h = 0,707 R, \dots \dots \dots 2.$$

wofür abgerundet gefetzt werden soll:

$$h = 0,7 R \dots \dots \dots 3.$$

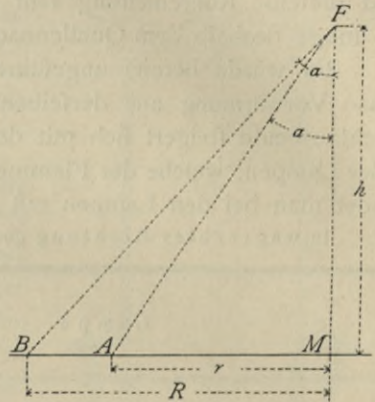
$$\alpha = 55^\circ \dots \dots \dots 4.$$

Mit Hilfe der Gleichung 1 lassen sich ferner die Belichtungen der einzelnen Flächenpunkte berechnen; Fig. 12 bietet zwischen den Lothrechten  $M$  und  $B$  eine Schaulinie, deren Ordinaten der Helligkeit entsprechen, welche der in  $h = 0,7 R$  angebrachte lichtspendende Punkt  $F$  hervorbringt.

Diese für die Nutzbarmachung des Lichtes günstigste Höhenlage der Lampe liefert eine wenig gleichförmige Beleuchtung. Beispielsweise ist die Mitte  $M$  (Fig. 11) 5,3-mal so hell, als diejenige der in der Entfernung  $R$  von  $M$  gelegenen Punkte. Mit der Vergrößerung der Höhe  $h$ , bezw. Verringerung des größten Werthes von  $\alpha$ , nimmt die Gleichförmigkeit zu, gleichzeitig aber auch die Lichtausnutzung erheblich ab. Trotz letzteren Umstandes zieht man die grössere Höhe der Lichtquelle, behufs Steigerung der Gleichförmigkeit in der Beleuchtung, vielfach vor.

Würde über einem zweiten Punkt  $M_1$  (Fig. 12) derselben Ebene in der Entfernung  $2 R$  eine gleich starke Lichtquelle  $F_1$  in gleicher Höhe angebracht, so würde

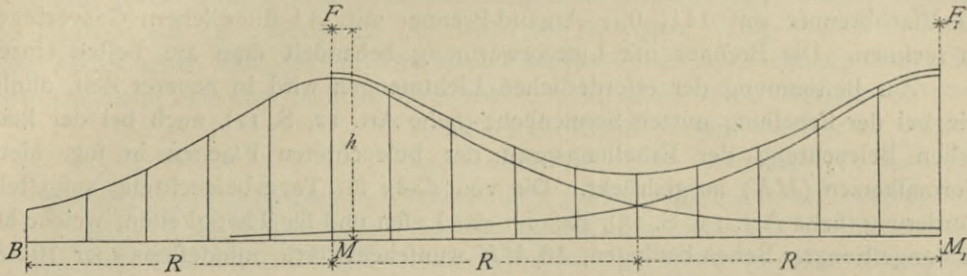
Fig. 11.



<sup>48)</sup> Siehe Art. 12, S. 12.

diese zunächst den um  $M_1$  gelegenen Flächentheil eben so beleuchten, wie links von  $FM$  gezeichnet ist. Zu gleicher Zeit würde aber diese Fläche auch von  $F$  beleuchtet, eben so wie die zu  $F$  gehörige Fläche von  $F_1$  eine zusätzliche Beleuchtung erfahren würde. Zur Gewinnung des wirklichen Werthes der Gesamtbeleuchtung jedes Punktes sind die beiden Quellen entspringenden Beleuchtungswerte zusammenzuzählen. Man erzielt hierdurch die zwischen  $FM$  und  $F_1M_1$  befindliche obere Schaulinie. Der Vergleich derselben mit der links von  $FM$  befindlichen Schaulinie ergibt eine nennenswerth gleichförmigere Beleuchtung bei Paarung zweier Flammen, als wenn

Fig. 12.



nur eine Flamme das Licht liefert. Man wird daher, zu Gunsten größerer Gleichartigkeit der Beleuchtung, auch in dieser Richtung vielfach der unvollkommeneren Ausnutzung des Leuchtgas'es durch mehrere kleinere, statt durch eine größere Flamme den Vorzug geben.

Die neuere Zeit hat zahlreiche Versuche aufzuweisen, statt der glühenden Kohlenstofftheilchen andere feste Körper zum Glühen und damit zum Leuchten zu veranlassen.

Es gelang bekanntlich *Drummond* bereits um das Jahr 1826, mittels einer Knallgasflamme einen Kalkkörper in so lebhaftes Glühen zu versetzen, dass dessen Lichtwirkung diejenige aller sonst bekannten Lichtquellen weit hinter sich liefs. Noch heute kommt das *Drummond'sche* Kalklicht gelegentlich zur Verwendung, wenn elektrisches Licht nicht verfügbar ist. Seine Erzeugung bedingt jedoch so viel Umständlichkeiten, so dass eine allgemeinere Verwendung ausgeschlossen ist.

Die Schwierigkeiten, welche die regelmässige Entwicklung des Glühlichtes verursacht, bestehen einerseits in der Erzeugung der erforderlichen hohen Temperatur, andererseits in der Gewinnung eines genügend dauerhaften Glühkörpers. *Caron* hat durch feine Versuche<sup>49)</sup> auf die Magnesia und besonders die Circon-Erde hingewiesen. Daneben sind Platin, Kalk, Caolin, Kieselsäure u. f. w. in Vorschlag gekommen.

Ich erwähne hier von den verschiedenen Lampen diejenigen von *Clamont*<sup>50)</sup>, *Lewis*<sup>51)</sup>, *Fahnehjelm*<sup>52)</sup> und *Auer*<sup>53)</sup>. In Deutschland haben namentlich die letzteren beiden Lampen von sich reden gemacht.

*Fahnehjelm* erhitzt aus Magnesia u. f. w. gebildete Nadeln, welche an einander gereiht sind, mit der Flamme des Wassergases. Das Licht ist ein weit ruhigeres, angenehmeres, als dasjenige der Leuchtgasflamme.

*Auer* tränkt ein schlauchartiges Gewebe mit salpeterfaurem Lanthan und Circon, oder Yttrium oder Erbium mit Circon u. f. w. Der Schlauch wird über einen *Bunsen-Brenner* gehängt, durch dessen

<sup>49)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 189, S. 118.

<sup>50)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 244, S. 445; Bd. 251, S. 454; Bd. 259, S. 412 — ferner: Gefundh.-Ing. 1883, S. 146.

<sup>51)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 259, S. 413.

<sup>52)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 259, S. 413; Bd. 261, S. 526 — ferner: Gefundh.-Ing. 1886, S. 806.

<sup>53)</sup> Siehe: Gefundh.-Ing. 1886, S. 102, 197, 466 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 259, S. 413; Bd. 261, S. 527.

Flamme die Gewebefaser verbrannt und demnächst die erdigen Bestandtheile zum Glühen gebracht werden. Die anfängliche gute Aufnahme des *Auer'schen* Glühlichtes ist bereits fast allgemeiner Theilnahmslosigkeit gewichen, namentlich der geringen Haltbarkeit des Glühkörpers halber.

Eine nennenswerthe Bedeutung hat das Gasglühlicht bis heute nicht gewonnen. Das Verhältniß zwischen der Leuchtkraft und der erzielten Beleuchtung unterliegt übrigens im Wesentlichen gleichen Gesetzen, wie bei anderen Gaslampen.

35.  
Erforderliche  
Lichtmenge.

Aus den bisherigen Erörterungen geht hervor, daß eine und dieselbe Leuchtgasmenge sehr verschiedene Lichtmengen zu entwickeln vermag. Die Grenzen des stündlichen Gasverbrauches für 1 Vereinskerzen-Lichtstärke dürften 21<sup>l</sup> und 3<sup>l</sup> sein.

Im Allgemeinen sind für 1 Kerzen-Lichtstärke 0,6 Einlochbrenner mit 21<sup>l</sup>, 0,1 Flachbrenner mit 14<sup>l</sup>, 0,07 Argand-Brenner mit 11<sup>l</sup> stündlichem Gasverbrauch zu rechnen. Die Brenner mit Luftvorwärmung behandelt man am besten einzeln.

Zur Bestimmung der erforderlichen Lichtmengen wird in neuerer Zeit, ähnlich wie bei der Erhellung mittels Sonnenlicht (siehe Art. 12, S. 12), auch bei der künstlichen Beleuchtung der Erhellungsgrad der beleuchteten Flächen in fog. Meter-Normkerzen (*MK*) ausgedrückt. Die von *Cohn* für Tagesbeleuchtung aufgestellte Forderung (siehe Art. 15, S. 15), daß für das Lesen und für Thätigkeiten, welche ähnlich angestrengtes Sehen bedingen, 50 *MK* wünschenswerth, mindestens aber 10 *MK* unbedingt nothwendig seien, wird, obwohl diese Forderung eine sehr hohe ist, auch auf die künstliche Erhellung zu übertragen sein. Indessen sind die Ansprüche an die künstliche Beleuchtung ungemein rasch gewachsen, es ist fraglich, ob zum Vortheile der Augen. Es ist nämlich nicht zu übersehen, daß jede künstliche Beleuchtung ungleichmäßige Helligkeit liefert (siehe Art. 33, S. 36), daß das Auge der Lichtquelle näher liegt, als viele der beleuchteten Flächen, und deshalb, wenn es auf jene gerichtet wird, unter der Ueberfluth des Lichtes leidet.

Für Hörsäle verwendet man — nach zahlreichen von mir in deutschen und österreichischen Hochschulen gemachten Beobachtungen — durchschnittlich für jeden Hörer die Lichtstärke von 1½ bis 3 Kerzen.

Handelt es sich nicht um die Beleuchtung bestimmter Arbeitsplätze, so können folgende Angaben als Anhalt dienen.

Nennt man *Z* die Zahl der erforderlichen Kerzen-Lichtstärken, *C* den Inhalt des zu beleuchtenden Raumes (in Cub.-Met.), so kann man für mittlere Ansprüche und Verhältnisse setzen:

$$Z = \frac{C}{(1,3 \text{ bis } 2,5) + 0,0005 C} \dots \dots \dots 5.$$

wobei eine zweckmäßige Vertheilung der Flammen und eine angenäherte Höhenlage *h* über dem Fußboden angenommen ist nach der Formel:

$$h = (1,3 \text{ m bis } 1,6 \text{ m}) + 0,25 H \text{ Meter}, \dots \dots \dots 6.$$

in welcher Formel *H* die lichte Höhe des Raumes (in Met.) bezeichnet.

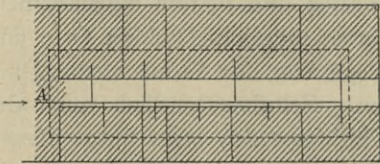
Bei Benutzung der Gleichung 5 ist zu beachten, daß die Helligkeit eines Zimmers in hohem Grade abhängt von der Farbe, wie der Gestalt der Einschließungsflächen. Dunkle, matte Farben und stark vorspringende Verzierungen erfordern viel Licht; helle, glänzende Farben und glatte Flächen erscheinen bei viel weniger Licht reichlicher beleuchtet. Verlangt man eine »glänzende« Beleuchtung, so muß man das aus Gleichung 5 gewonnene *Z* entsprechend vergrößern.

## b) Gasleitungen und Druckregler.

Die erforderliche Weite und die Lage der Gasleitung läßt sich nach der Gröfse, Zahl und Lage der Lichtquellen bestimmen. Was zunächst die Lage betrifft, so ist zweifellos, dafs das Zuleitungs-Röhrenwerk vom Brenner ab zunächst an eine der Einschließungsflächen des Raumes, hiernach aber den Wänden, Decken u. f. w. entlang geführt wird. Den erstgenannten Theil des Röhrenwerkes werde ich später noch besprechen; in Bezug auf den letzteren, ausgedehnteren Theil ist zunächst die gegenseitige Lage der zu beleuchtenden Räume, so wie die Benutzungsart derselben in das Auge zu fassen.

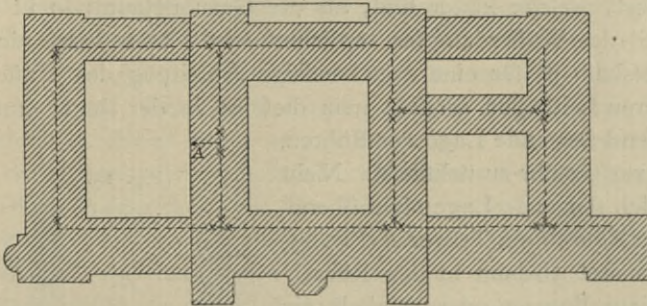
Von einem Punkte, und zwar von der Gasuhr (siehe Art. 37) aus, ist eine Zahl von Räumen mit der geforderten Gasmenge zu versorgen. Liegen diese Räume in einer Reihe neben einander, so wird man eine Röhre derselben entlang führen und für jeden Raum eine oder mehrere Zweigröhren anschließen. Sind dagegen die Räume

Fig. 13.



in mehreren Reihen neben oder über einander angeordnet, so ist es zweifelhaft, ob jene erste Anordnung grätenartig gegliedert werden soll, oder ob eine Ringanordnung der Hauptröhren vorzuziehen ist. Fig. 13 ist eine schematische Darstellung der Röhrenlage nach den beiden genannten Arten. Die dünnen ausgezogenen Linien sollen die Gräten-, die gestrichelten Linien die Ringanordnung vorstellen. Man erfieht aus der Abbildung, dafs in Bezug auf den Preis der Anlage in vielen Fällen beide einander gleich sein werden. Ist der Preis nicht ausschlaggebend, so ist die Benutzungsart der Räume zu berücksichtigen. In dem Falle, dafs sämtliche Räume immer gleichzeitig beleuchtet werden, sind beide

Fig. 14.



Haupt-Gasleitung im Gebäude der technischen Hochschule zu Hannover.

1/2000 w. Gr.

Anordnungen ebenfalls gleichwerthig; findet dagegen eine wechselnde Benutzung der Beleuchtung statt, werden gewöhnlich die einen der Räume benutzt, während die anderen unbeleuchtet bleiben, so gewährt die Ringanordnung den nicht unbedeutenden Vorzug, einigen Räumen, die etwa sehr reichlich beleuchtet werden sollen, das Gas von zwei Seiten zuzuführen. Da die Zuleitung von zwei Seiten ermöglicht ist, so gestattet die Ringanordnung auch, einzelne Gebäudetheile, vielleicht behuf einer Ausbesserung, von der Gaszuleitung überhaupt auszuschließen, ohne die übrigen im Gasbezug zu beschränken. Mehr noch als in Fig. 13 treten diese Vortheile in Fig. 14 hervor, welche die Hauptleitung der technischen Hochschule in Hannover darstellt. Die liegenden Kreuze innerhalb der Leitung bezeichnen Absperrschieber, bezw. -Hähne, unter deren Benutzung das bei A eintretende Gas in verschiedenartiger Weise geleitet werden kann.

36.  
Lage  
der  
Leitung.37.  
Anordnung  
des  
Röhrennetzes.

38.  
Gasuhren.

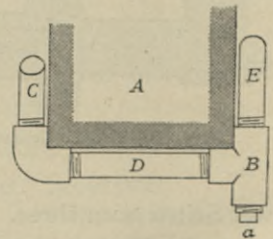
Bei Eintritt des Gases in das zu erleuchtende Gebäude muß dasselbe zunächst die fog. Gasuhr durchströmen, welche die Menge desselben mißt, behuf Berechnung des zu zahlenden Preises. Diese Gasuhren sind, genau genommen, keine gerechten Messer des Gases, da dessen Preis eigentlich auf Grund des Gewichtes und der Güte fest gestellt werden sollte. Wenn auch in Bezug auf letztere von Zeit zu Zeit amtliche Beobachtungen gemacht werden, so genügen diese doch nicht, den Käufer des Gases vor Schaden zu schützen. Ein genaueres als das gebräuchliche Messverfahren, welches gleichzeitig praktisch durchführbar ist, giebt es aber zur Zeit nicht; man muß daher bestrebt sein, die wesentlichsten Mängel des Raummessens zu mildern. (Vergl. auch das in Kap. 7, unter e, 3 über Gasuhren Gesagte.)

In Folge von Temperaturschwankungen nimmt eine und dieselbe Gasmenge verschiedene Räume ein, sowohl in Folge der unmittelbaren Ausdehnungen, bezw. Zusammenziehungen desselben, als auch namentlich durch Aenderung des Vermögens, Wasser zu verdunsten. Durch Abkühlung des Gases wird dasselbe gezwungen, den aufgenommenen Wasserdampf zum Theile als Wasser abzugeben; nach Erwärmung des Gases sucht dasselbe mit Begier Wasser zu verdunsten und in sich aufzunehmen. Deshalb gilt als erste Regel: die Gasuhr soll an einem möglichst kühlen Orte und so aufgestellt werden, daß das Gas auf seinem Wege von der Straßenleitung zur Gasuhr keine Gelegenheit findet, sich zu erwärmen. Selbstverständlich muß der betreffende Raum frostfrei sein, da in Folge des Gefrierens des etwa mitgerissenen Wassers empfindliche Störungen eintreten. Sonach ist der geeignetste Ort für die Gasuhr im Kellergefchoß zu suchen. Bei den mit Recht beliebten fog. nassen Gasuhren ist die Möglichkeit des Verdampfens von Wasser am größten; man hat die Wasserfüllung der Uhren durch andere Flüssigkeiten, und zwar solche, die nicht trocknen, z. B. Glycerin, Chlorcalcium-Lösung u. s. w., zu ersetzen gesucht, jedoch bisher ohne den genügenden Erfolg.

39.  
Ableitung  
des  
Wassers.

Eine gewisse Wasserdampfmenge führt das Leuchtgas fast immer mit sich. Wird es daher durch Räume geführt, welche kälter sind, als der Gasuhr-Raum, so ist es wahrscheinlich, daß ein Theil des Wasserdampfes verdichtet wird. Man heizt nicht stets sämtliche Räume; deshalb ist für eine zweckmäßige Ableitung des Wassers Sorge zu tragen. Bei kürzeren Leitungen erreicht man dieselbe in der Regel durch eine von der Gasuhr fortlaufend steigende Lage der Röhren, so daß das gebildete Wasser zur Gasuhr zurückfließt. Nicht selten ist eine solche allmählich steigende Lage nicht überall durchzuführen, z. B. wenn den Röhren ein Träger *A* (Fig. 15) den Weg versperrt. Man schaltet alsdann in den Röhrenstrang *CDE* bei *B* statt eines Bogens oder Winkels ein T-Stück ein und benutzt das eine Ende desselben, welches mittels des Pflockes *a* verstopft ist, zum Ablassen des Wassers, welches sich etwa ansammelt. In ausgedehnteren Leitungen müssen gewöhnlich besondere Wasserfänger (Wassertöpfe oder Siphons) angeordnet werden, welche mit einem Hahn versehen werden, um das angesammelte Wasser bequem entfernen zu können.

Fig. 15.



Der an der inneren Fläche der Röhren sich bildende Rost löst sich zuweilen von diesen ab und rutscht in stark steigenden Leitungen nach unten, woselbst eine theilweise Verstopfung der Leitung hervorgerufen werden kann. Behuf Befeitigung

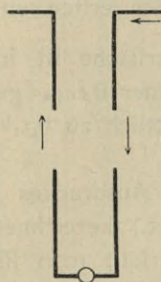
derfelben schaltet man an dem unteren Ende der stark steigenden Röhren in ähnlicher Art ein T-Stück ein, wie in Fig. 15 angegeben ist.

Zwischen der Strafsenleitung und der Gasuhr sollte immer ein Hahn oder für gröfsere Röhrenweiten ein Schieber eingeschaltet werden, um sowohl bei Ausbesserungen der Gasanlage, als auch namentlich bei Unfällen das Gas völlig abschliessen zu können. Nicht selten empfiehlt es sich, in Rückficht auf Unfälle irgend welcher Art, den genannten Haupthahn ausserhalb des Gebäudes zugänglich zu machen. Ausser dem ersten Haupthahn sollten in umfangreicheren Leitungen an geeigneten Stellen noch fernere Haupthähne zweiter Ordnung zum Auschluss einzelner Gebäudetheile oder auch einzelner Räume angebracht werden.

40.  
Haupthähne.

Diese Abschlüsse haben insbesondere auch den Zweck, die unvermeidlichen Undichtheiten der Röhrenleitungen und Brennerhähne dadurch weniger schädlich zu machen, dass man das ganze Röhrennetz oder Theile desselben vom Gaszufluss absperrt, so lange das Gas nicht benutzt wird. Liegen die abzufperrenden Röhren so hoch, dass die Bedienung der Abschlussvorrichtung unbequem wird, so schaltet man in den Röhrenstrang wohl eine nach unten hängende Schleife (Fig. 16), deren untere Biegung den Hahn oder das Ventil aufnimmt.

Fig. 16.



Die Leitungsröhren sollen nach Möglichkeit zugänglich bleiben. Sie sollen daher in den Zimmern auf, nicht unter den Verkleidungen, dem Putz der Wände und Decken liegen. Die Gasleitung ist in denjenigen Gebäuden, in welchen sie angebracht wird, ein vollberechtigter Gebäudetheil; sie verdient daher künstlerisch ausgebildet, nicht aber versteckt zu werden. Zur Unterbringung der dickeren Hauptleitungsröhren, welche schwer in den Schmuck der Wände und Decken einzuschliessen sind, benutzt man die Kellerräume oder den

Dachboden. So weit die Röhren nicht frei gelegt werden können, sollen sie mindestens frei von Verbindungsstellen sein.

Die erforderliche Weite der Röhren ist nach den gegebenen Drücken an der Gasuhr und an den Brennern, nach den Widerständen der Bewegung in der Leitung und nach der Höhenlage des in Frage kommenden Brenners gegenüber der Gasuhr zu berechnen. Der Druck an der Gasuhr ist in verschiedenen Städten und auch innerhalb derselben Stadt an verschiedenen Orten derselben verschieden. Man hat sich daher nach den örtlichen Verhältnissen zu erkundigen. In der Regel kann man auf 16 mm Wasserfäule vor der Gasuhr rechnen. Die Gasuhr leistet einen Widerstand von 3 bis 4 mm Wasserfäule; der am Hahn des Brenners nothwendige Druck — welcher also durch den Hahn und die Leitung von diesem zum Brenner noch verringert wird — ist zu etwa 8 mm Wasserfäule anzunehmen.

41.  
Weite  
der  
Röhren.

Die Höhenlage des Brenners macht sich in folgender Weise bemerklich. Das Einheitsgewicht des Leuchtgases schwankt nach seiner Zusammensetzung; im Mittel kann man dasselbe zum 0,42-fachen desjenigen der atmosphärischen Luft annehmen. Es wiegt 1 cbm Luft bei 10 Grad Temperatur 1,2 kg, 1 cbm Gas unter der obigen Annahme  $1,2 \cdot 0,42 = 0,5$  kg. Folglich bringt jedes steigende Meter einer Gasleitung eine Vermehrung des Drucküberschusses des Gases gegenüber der Luft von  $1,2 - 0,5 = 0,7$  kg hervor; wiegt dagegen 1 cbm Gas 0,7 kg, so verringert sich die Druckerhöhung für das steigende Meter auf  $1,2 - 0,7 = 0,5$  kg für 1 qm Grundfläche. Eine Wasserfläche von 1 qm Grösse und 1 mm Dicke wiegt 1 kg; folglich entspricht die genannte Ueberdruckzunahme einer Wasserfäule von 0,7 mm, bezw.

0,5 mm. Wenn kein Gas verbraucht wird, also keine Reibungswiderstände sich geltend machen können, so ist hiernach der Ueberdruck in einem Leitungsfück, welches 10 m höher liegt, als ein anderes, um 7 mm, bezw. 5 mm Wasserfäule gröfser, als in letzterem. Dies ist die Ursache, warum man im Allgemeinen vorzieht — was in den meisten Fällen örtliche Verhältnisse allein schon empfehlenswerth erscheinen lassen — das Gas von unten nach oben zu führen, da die entstehenden Reibungsverluste durch die angegebene Ueberdruckzunahme eine Ausgleichung finden.

42.  
Widerstands-  
höhen.

Nennt man die Länge einer geraden Röhre  $l$ , den Durchmesser derselben  $d$ , die secundliche Geschwindigkeit des Gases  $v$  (Alles in Met.), ferner  $g$  die bekannte Zahl  $9,81$ ,  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm Gas, so ist, wie in den Kapiteln über »Heizung und Lüftung« näher erörtert werden wird, die durch Reibung entstehende Widerstandshöhe  $s$  (in Millim. Wasserfäule):

$$s = \gamma \left( \frac{1}{v} + 20 \right) (0,0003 \text{ bis } 0,0014) \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 7.$$

Die Geschwindigkeit  $v$  des Gases wird sehr selten geringer als 0,5 m oder gröfser als 3,0 m angenommen; man kann daher das Glied  $\frac{1}{v}$  des ersten eingeklammerten Werthes vernachlässigen. Der Zustand der Röhroberfläche ist im Allgemeinen ein guter, weshalb für den Werth der zweiten Klammer 0,0004 genommen werden darf. Das Gewicht  $\gamma$  von 1 cbm Gas darf durchschnittlich zu 0,5 kg angenommen werden.

Nach Einführung dieser Durchschnittswerthe und Ersatz des Ausdruckes  $v$  durch  $Q$ , welches die stündlich geförderte Gasmenge (in Cub.-Met.) bezeichnet, endlich nach Ersatz der Gröfse  $d$  (in Met.) durch  $d_1$  (in Centim.) erhält man für die Widerstandshöhe folgende einfache Formel:

$$s_1 = l \frac{Q^2}{d_1^5} \dots \dots \dots 8.$$

Die Widerstandshöhe  $s_2$ , die aus einer Querschnittsveränderung der Leitung hervorgeht, ist schwer in bequemer Weise auszudrücken. Bei guten Leitungen sind die Querschnittsveränderungen gewöhnlich nicht erheblich, weshalb diese Widerstandshöhe vernachlässigt werden mag. Der Widerstand in einem Knie ist

$$s_3 = \gamma \frac{v^2}{2g} = 0,4 \frac{Q^2}{d_1^4} \dots \dots \dots 9.$$

und derjenige eines Bogens durchschnittlich

$$s_4 = 0,3 \gamma \frac{v^2}{2g} = 0,12 \frac{Q^2}{d_1^4} \dots \dots \dots 10.$$

zu setzen. Die neben stehende Tabelle enthält eine Zahl von mit den Formeln 8, 9 und 10 gewonnenen Werthen. Die Benutzungsart dieser Tabelle dürfte ohne Weiteres verständlich sein.

43.  
Beispiel.

Beispiel. Eine Gasleitung, welche im Ganzen stündlich ( $Q =$ ) 20 cbm Gas verbraucht, sei im Grundriß nach der unteren Hälfte von Fig. 17 verzweigt; es mögen einige Theile der Leitung berechnet werden. Der Brenner  $A$ , vor dessen Hahn 6 mm Ueberdruck herrschen soll, liege 3 m höher als die Gasuhr  $U$  (Fig. 17, Aufriß), und die Leitung liege um noch 2 m höher. Der Druck hinter der Gasuhr  $U$  sei 12 mm.

Alsdann ist der zulässige Druckverlust:  $12 - 6 + 3 \cdot 0,5 = 7,5$  mm; dem gegenüber die gesammte Leitungslänge von der Uhr  $U$  zum Brenner  $A$ :  $3 + 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 9 + 2 = 39$  m. Es ist daher zulässig, für jedes Meter der Leitung

$$7,5 : 39 = \infty 0,2 \text{ mm}$$

an Druck zu verlieren.





Da nun nach Gleichung 8

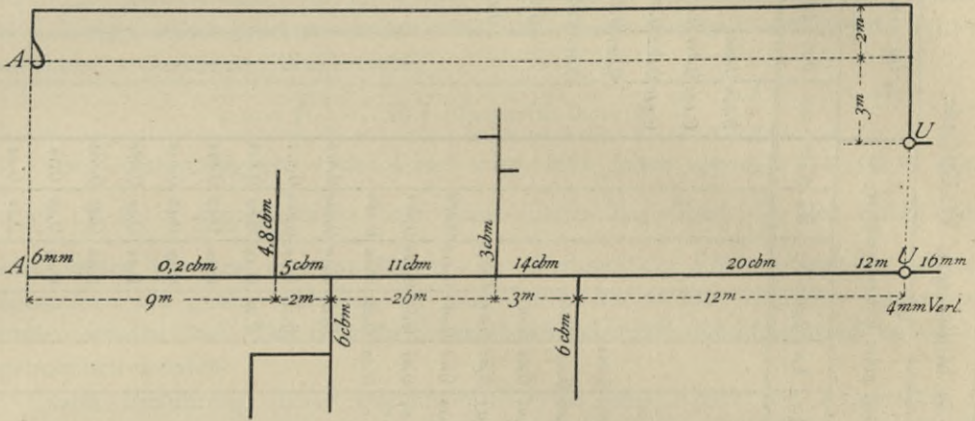
$$z = l \frac{Q^2}{d_1^5} \quad \text{oder} \quad d_1 = \sqrt[5]{\frac{l Q^2}{z}}$$

ist, so gewinnt man für die Röhrenweite zwischen Gasuhr und erster Zweigröhre, weil  $Q = 20$ ,  $l = 1$  und  $z = 0,2$ ,

$$d_1 = \sqrt[5]{\frac{1 \cdot 20^2}{0,2}} = 4,6 \text{ Centim.}$$

Diese Röhrenweite kommt im Handel nicht vor, weshalb die nächst größere  $d_1 = 5,1$  Centim., welche nur  $z_1 = 0,116$  mm Druckverlust für 1 m, oder die nächst kleinere,  $d_1 = 3,8$  cm, welche 0,5 mm Druck-

Fig. 17.



verlust für 1 m Leitungslänge verursacht, zu wählen ist. Im ersteren Falle würde ein größerer Druckverlust, im letzteren ein kleinerer, als der mittlere von 0,2 mm, für den Rest der Leitung verfügbar bleiben.

Es sei 5,1 cm Röhrenweite gewählt. Hinter der ersten Zweigröhre sind noch  $20 - 6 = 14$  cm zu fördern, welche in einer 3,8 cm weiten Röhre für 1 m Länge

$$z_2 = \frac{1 \cdot 14^2}{3,8^5} = 0,247 \text{ mm}$$

Widerstand verursacht; im folgenden Abschnitt, welcher  $14 - 3 = 11$  cm Gas zu leiten hat, erzeugt die 3,8 cm weite Röhre

$$z_2 = \frac{1 \cdot 11^2}{3,8^5} = 0,153 \text{ mm}$$

Widerstand. Nunmehr mindert sich die Gasmenge auf  $11 - 6 = 5$  cm, welche die 2,55 cm weite Röhre mit

$$z_3 = 0,23 \text{ mm}$$

Widerstand fördert. Bis hierher sind von der verfügbaren 7,5 mm verbraucht:

$$(5 + 12) 0,116 + 3 \cdot 0,247 + 11 \cdot 0,153 + 2 \cdot 0,23 = 4,856 \text{ mm,}$$

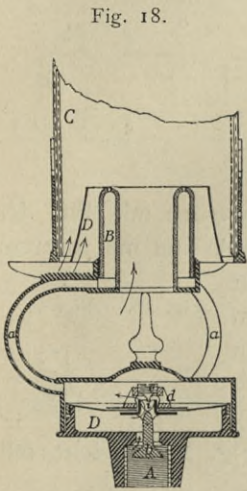
so dass für den Rest  $(9 + 2 \text{ m})$  noch  $7,5 - 4,856 = \approx 2,64$  mm verwendet werden können. Man muss jedoch, wie aus der Tabelle hervorgeht, die 0,55 cm weite Röhre wählen, welche nun  $(9 + 2) 0,05 = 0,55$  mm Widerstand leistet.

Trotz sorgfältigster Bestimmung der Röhrenweiten und Anordnung der Röhrenfränge ist man nicht im Stande, auch nur annähernd gleiche Drücke in den Brennern zu erhalten, was eine gute Ausnutzung des Gases, wie oben näher erörtert, voraussetzt. Aber selbst, wenn es gelungen wäre, diese gleichmäßige Druckvertheilung für einen Zustand zu gewinnen, so würde dieselbe für alle übrigen Benutzungsarten der Anlage nicht eintreten können, indem durch Ausschließen eines Raumes von der Beleuchtung, oft durch Absperren einiger Brenner, die Bewegungshindernisse des Gases vermindert werden, also der Gasdruck eine Erhöhung erfährt. In weit höherem Maße als durch die Wechsel, die in der Benutzung der Brenner eines Hauses stattfinden, wird der Gasdruck beeinflusst durch den wechselnden Gasverbrauch einer

Straße oder eines Stadtviertels. Man ist daher gezwungen, die Leitung so einzurichten, daß mindestens der erforderliche, sonst ein höherer Druck vor jedem Brenner vorhanden ist. Die Hähne, mit welchen der Gaszufluß sonst abgeperrt wird, dienen alsdann gleichzeitig zur Drosselung oder entsprechenden Verminderung des Druckes.

Da die Bedienung der Hähne einige Sorgfalt und viele Zeit beansprucht, so hat man durch Einschaltung fog. Druckregler in das Röhrennetz die Druckschwankungen in engere Grenzen geschlossen oder aber unter jeden Brenner einen solchen Druckregler angebracht. Durch erstere wird in geringerem, durch letztere in höherem Maße eine Gleichmäßigkeit des Druckes erzielt.

Die unten verzeichnete Quelle<sup>54)</sup> enthält eine Uebersicht der vorkommenden Druckregler; hier mag die Anführung eines Beispiels genügen.



Argand-Brenner mit Druckregler. —  $\frac{1}{2}$  w. Gr.

Fig. 18 ist ein Durchschnitt desselben; der obere Theil der Figur besteht aus dem Argand-Brenner, der keiner weiteren Erläuterung bedarf. Das Gas gelangt aus der in die Tülle *A* geschraubten Röhre zunächst in den Druckregler, durchströmt denselben in der Weise, wie die eingezeichneten Pfeile angeben, und gelangt durch die drei Röhrrchen *a* in den Brennerkopf *B*. Ueber *A* befindet sich eine ventilsitzartige Verengung, gegen deren kegelförmige Fläche sich unter Umständen der Kegel *b* legt. Der letztere ist an einer Gummiplatte befestigt, welche die Decke der kreisrunden Kammer *D* bildet. So fern nun der Gasdruck in *D* ein gewisses Maß überschreitet, wird die Gummiplatte und mit ihr der Kegel *b* gehoben, somit die ringförmige Gaszuführungsöffnung verengt und der Druck in *D* vermindert. In *D* muß ein höherer Druck herrschen als in *B*, weil die Bewegungshindernisse von *D* nach *B* überwunden werden müssen. Die Verfertigung des Ganzen

kann nicht so sorgfältig fein, daß die Widerstände immer dieselben sind; deshalb hat man in den kronentörmigen Körper *d* eine Schraube mit Spitze *e* gesetzt, durch welche die Ausströmungsöffnung im Hals *i* nach Bedarf verengt werden kann.

Die Hausleitungen werden meistens aus schmiedeeisernen Röhren und zugehörigen Verbindungsstücken hergestellt und mittels Rohrhaken (Fig. 19) an den Wänden oder Decken befestigt.

45.  
Schmiedeeiserne  
Leitungen.

Die im Handel vorkommenden schmiedeeisernen Röhren haben die im I. Theile des vorliegenden Handbuches (Band 1: Die Technik der wichtigeren Baustoffe, Abchn. 1, Kap. 6: Eisen und Stahl, unter g) angegebenen Abmessungen.

Fig. 19.

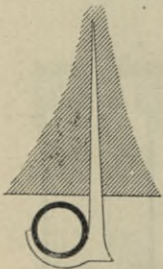


Fig. 20.

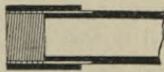
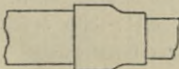


Fig. 21.



Die einzelnen Röhrenstücke, welche in Längen von 2,5 bis 3,6 m geliefert werden, verlängert man mittels Muffen (Fig. 20), in welche die mit Gewinden versehenen Rohrenden je bis zur Mitte — unter Anwendung von Mennige-Kitt und Hanf — eingeschraubt werden. Ist man nicht im Stande, zu diesem Zwecke eine der Röhren

zu drehen, so muß man ein fog. Langgewinde anwenden. Das Ende der einen Röhren ist alsdann mit einem so langen Gewinde versehen, daß die Muffe auf derselben vollständig Platz hat. Nachdem die Röhre der anderen gegenüber in die

<sup>54)</sup> Zeitchr. d. Ver. deutscher Ing. 1883, S. 247, 3:5.

richtige Lage gebracht ist, dreht man die Muffe so lange, bis sie den Röhrenstofs richtig deckt.

Verjüngungen des Röhrenstranges erzielt man mittels der Verjüngungsmuffe (Fig. 21), Biegungen desselben durch Biegen der Röhre, meistens aber mit Hilfe

Fig. 22.

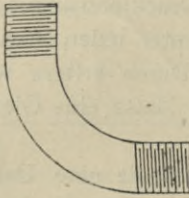


Fig. 23.

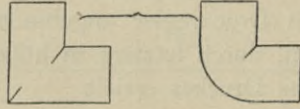


Fig. 24.

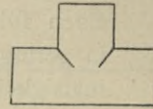
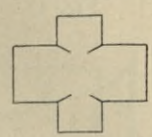


Fig. 25.



von Bogen- (Fig. 22) oder Kniestücken (Fig. 23). Zweigröhren werden mit Hilfe der T-Stücke (Fig. 24) oder Kreuzstücke (Fig. 25) angegeschlossen. Beide sind mit innerem Gewinde versehen und verbinden demnach mit ihrem eigentlichen Zweck denjenigen der Muffen. Indem man den einzelnen Zweigen der Kreuz- und T-Stücke verschiedene Weiten giebt, kann man dieselben auch zur Verjüngung der Leitung benutzen. Den Endabschluss der Leitungen bringt man hervor durch Kappen (Fig. 26), die mit innerem Gewinde, oder durch Stöpfel oder Pföcke (Fig. 27), welche mit äußerem Gewinde versehen sind.

Fig. 26.



Fig. 27.

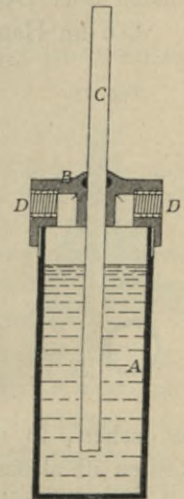


46.  
Prüfung  
der  
Leitungen.

Die größte Sorgfalt beim Legen der Röhren bietet allein keine sichere Bürgschaft für die genügende Dichtheit der Leitung; es bedarf hierzu vielmehr einer regelmässigen Prüfung. Die Gasarbeiter begnügen sich oft, nach der Herstellung einer Verbindung die Luft aus dem andererseits abgesperrten Röhrenstrang zu saugen und dann die Zunge vor das freie Ende der Röhre zu legen. Ist nach einiger Zeit das Abheben der Zunge noch erschwert, so erklären sie den betreffenden Theil der Leitung für dicht. Dieses Versuchsverfahren ist indessen nicht genügend; man sollte vielmehr immer mit dem Manometer arbeiten. Eine zweckmässige Form eines solchen läßt Fig. 28 erkennen.

Eine schmiedeeiserne Röhre *A* ist an einem Ende zugeschweisst und oben mit einer Kappe *B* luftdicht verschlossen. In *B* sind drei Bohrungen angebracht, nämlich eine in der Mitte, in welche eine Glasröhre *C* eingedichtet ist, und zwei seitwärts liegende *D, D*. Eine der letzteren ist mit dem Anfang der Leitung verbunden, während die andere eine Art Mundstück enthält. In *A* ist Wasser gegossen. Nachdem ein Theil der Leitung gelegt ist, schließt man deren Ende und bläst kräftig in das Mundstück *D*, so daß das Wasser entsprechend hoch in *C* aufsteigt. Nunmehr schließt man das Mundstück mit dem Daumen oder auch mittels eines eingeschalteten Hahnes und beobachtet den Wasserspiegel; sinkt derselbe nicht, so ist die Leitung dicht; senkt er sich aber mit einiger Geschwindigkeit, so muß die undichte Stelle aufgesucht werden. Dies geschieht, indem man die verdächtigen Stellen mit Seifenwasser bestreicht; die austretende Luft bildet Blasen, welche den Ort der Undichtheit leicht erkennen lassen. Wiederholt man den Versuch nach Fertigstellung je einer ferneren Strecke, so hat man die etwaigen Fehler immer nur innerhalb eines kleineren Raumes zu suchen und kann, wenn die Leitung verdeckt werden soll, die Putzarbeit dem Röhrenlegen unmittelbar folgen lassen.

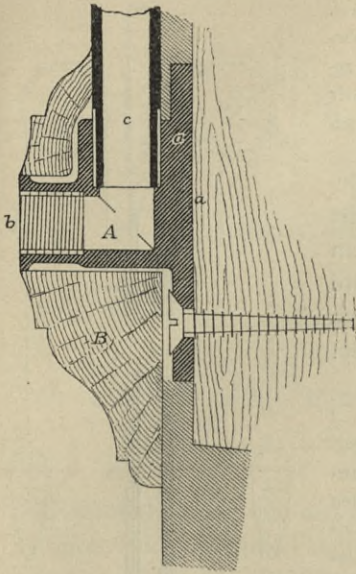
Fig. 28.



Wasser-Manometer.

$\frac{1}{4}$  w. Gr.

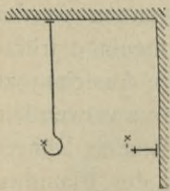
Fig. 29.



Wandfcheibe. — 1/2 w. Gr.

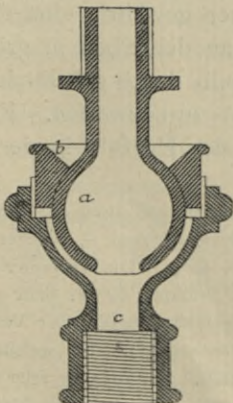
um diese zu vermeiden, Kugelgelenk (Fig. 31) ein. Der Deckel *b* derselben wird durch das Gewicht der Röhre *c* nebst Zubehör so gegen die Kugel *a* gedrückt, dass eine vollständige Dichtheit der beweglichen Verbindung gesichert ist.

Fig. 30.



unangenehmen Geruch zu verbreiten, weshalb das Gelenkrohr (Fig. 32) häufiger im Gebrauch ist.

Fig. 31.



Kugelgelenk. — 1/2 w. Gr.

Die nach den Brennern führenden Röhren werden an den Leitungen entweder mit Hilfe der Knie- oder T-Stücke befestigt, in welchem Falle in unmittelbarer Nähe derselben ein Rohrhaken eingeschlagen ist, oder es wird eine Wand- oder Deckenscheibe (Fig. 29) eingefaltet.

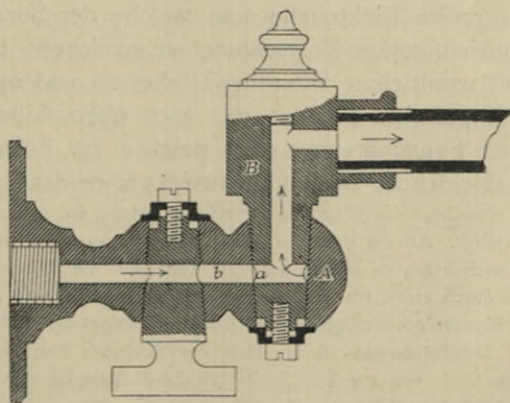
Dieselbe besteht aus einem Messingwinkel *A* mit breitem Fuß *a*, mit Hilfe dessen der Winkel an die Schalung der Decke oder an einen in die gemauerte Wand eingegypsten Holzklötz befestigt wird. In *c* endet die betreffende Leitungsröhre; in *b* wird die Röhre befestigt, welche zum Brenner führt. Des guten Aussehens halber wird die Decken- oder Wandfcheibe *Aa* mittels einer hölzernen oder metallenen Scheibe *B* verdeckt. Schwere Kronleuchter erfordern eine befondere Aufhängung.

Die in *b* (Fig. 29) zu schraubende schmiedeeiserne oder Messingröhre wird sehr häufig als Steifröhre ohne Weiteres, nur unter Einfaltung eines Hähnchens, bis zum Brenner fortgeführt, wie Fig. 30 erkennen lässt. Lange hängende Steifröhren geben, in Folge zufälliger Seitendrucke, Veranlassung zu Undichtheiten an der Deckenscheibe. Man schaltet,

Behuf Gewinnung der Möglichkeit, den Ort des Brenners verändern zu können, sind die folgenden Einrichtungen im Gebrauch,

Die freieste Beweglichkeit gewährt die Einfaltung eines Schlauches zwischen Wandfcheibe und Brenner, bzw. Lampe. Der Gummischlauch pflegt nach einigem Gebrauch einen unangenehmen Geruch zu verbreiten, weshalb das Gelenkrohr (Fig. 32) häufiger im Gebrauch ist.

Fig. 32.



Gelenkrohr. — 2/3 w. Gr.

47.  
Decken-  
u. Wand-  
fcheiben.

48.  
Kugelgelenke.

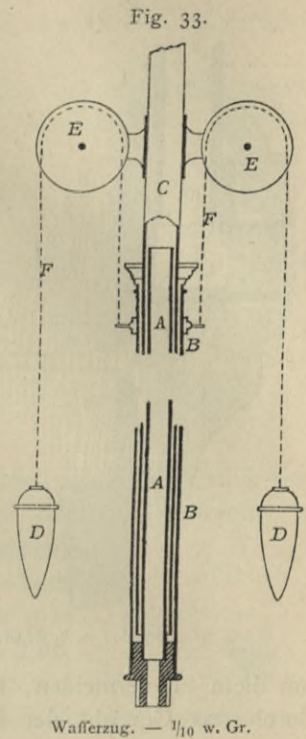
49.  
Bewegliche  
Einrichtungen.

Dasselbe enthält ein oder mehrere Gelenke; der Rohrkopf *A* ist kegelförmig gebohrt und nimmt den Zapfen des Rohrkopfes *B* auf. Dieser Zapfen ist bei *a* mit einer Rille versehen (oder der Rohrkopf *A* mit einer ringsumlaufenden Ausparung), so daß das von *b* zufließende Gas den Zapfen von *B* ringsum befeuchtet, also in jeder Stellung des Kopfes *B* gegenüber *A* in die Bohrung des ersteren gelangen kann.

50.  
Wasserzüge.

Während das Gelenkrohr für solche Flammen beliebt ist, welche von einer Wand aus mit Gas gespeist werden, zieht man für diejenigen Brenner, welche an der Decke hängen, in der Länge veränderliche Rohre vor. Theils wird die Veränderlichkeit der Länge durch stopfbüchsenartige Verbindungen erzielt, theils verwendet man den sog. Wasserzug (Fig. 33).

Die mit den Brennern in fester Verbindung stehende Röhre *A* ist von einer gleichaxigen Röhre *B* so umgeben, daß ein ringförmiger, unten geschlossener Hohlraum entsteht. In diesen mit Wasser gefüllten Hohlraum taucht das untere Ende der an der Decke befestigten Gasröhre *C*. Das Wasser bildet hiernach einen dichten Verschluss zwischen der festen Röhre *C* und der beweglichen Röhre *A*. Das Gewicht der letzteren nebst allem Zubehör muß ausgeglichen werden, was durch Gegengewichte *D*, welche an den über die Rollen *E* gelegten Ketten *F* hängen, erfolgt. Dasjenige Wasser, welches durch Verdunstung aus dem Verschluss entfernt wird, muß von Zeit zu Zeit ersetzt werden.



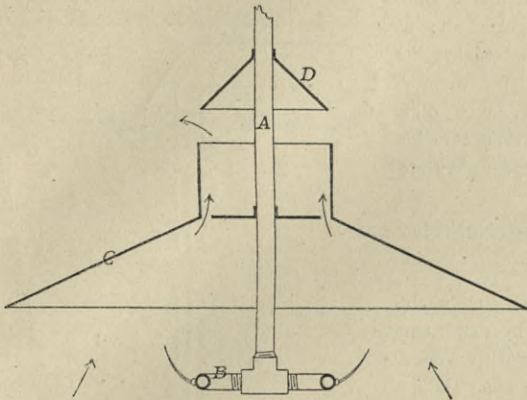
### c) Flammengruppen.

51.  
Gaskronen  
u. Sonnen-  
brenner.

Ogleich die vortheilhafteste Ausnutzung des Leuchtgases gewonnen werden würde, wenn man die einzelnen Flammen in einer Ebene, deren Höhenlage früher angegeben ist, gleichmäÙig vertheilt, so pflegt man, um ein besseres Aussehen zu gewinnen, die Flammen in Gruppen zusammenzufassen, sog. Gaskronen anzuwenden. Hierbei wird die Zahl der lothrechten, den freien Raum durchschneidenden Röhren wesentlich verringert. In einzelnen Fällen ist man in der Sammlung der Flammen zu Gruppen noch weiter gegangen: man hat sog. Sonnenbrenner hergestellt. Das Wesentlichste des Sonnenbrenners besteht in einer derartigen Sammlung der Einzelflammen, daß eine einzige, ringförmige Flamme gebildet wird, und in einer sicheren Luftzuführung. Der Sonnenbrenner erinnert sonach an den Argand-Brenner. Um von der großen Lichtquelle aus, welche der Sonnenbrenner gewährt, eine einigermaßen gleichförmige Beleuchtung zu erreichen, bringt man denselben in größerer Höhe, oft unmittelbar unter der Decke, an und muß deshalb durch glänzende oder doch hell gefärbte Flächen das nach oben fallende Licht zurückwerfen. Fig. 34 stellt einen Sonnenbrenner dar, welcher zur Beleuchtung der Hörsäle in der technischen Hochschule zu Braunschweig verwendet wird.

*A* bezeichnet die Gaszuführungsröhre, welche in der ringförmigen, mit 18 Brennern versehenen Röhre *B* endigt. An der Röhre *A* hängt zunächst ein unten weiß gefrichener Schirm *C*, welcher sowohl das Licht nach unten zu werfen hat, als auch für die Führung der Luft sorgt. Die Verbrennungsgase entweichen durch einen trommelförmigen Aufsatz und werden mittels des Trichters *D* zur Seite gelenkt, damit die Zimmerdecke möglichst vor der Einwirkung der heißen Gase geschützt wird. Zur Verhütung zu starker Luftströmungen ist im Hals des Schirmes eine wagrechte Platte angebracht, welche einen ringförmigen Spalt von nur 1 cm Weite für die Abströmung der Gase frei läßt. Der Brenner erleuchtet in 4 m Höhe über dem Fußboden sowohl die 3,9 m entfernte Wand (mit Tafel), als auch die Plätze der Studirenden in einem Kreise von 3 m Halbmesser vollkommen deutlich.

Fig. 34.

Sonnenbrenner. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Der Schirm *C* wirft nach der Decke zu einen scharfen Schatten, der eine um so größere Fläche bedeckt, je tiefer der Sonnenbrenner unter der Decke angebracht ist. In Fällen, in denen es auf möglichst gleichförmige Erhellung des betreffenden Raumes ankommt, wird in Folge dessen der beabsichtigte Zweck nur theilweise erreicht; bei reichlicher Ausstattung der Decken werden aus gleichem Grunde etwa vorhandene Stückverzerrungen, Malereien, Täfelungen u. f. w. verdunkelt. Um diese Uebelstände zu verhüten, werden in dem gedachten Schirm zahlreiche Schlitze angebracht und in diese Glimmer- (*Mica*-) oder Milchglas-Platten eingefetzt.

Die Zahl der Flammen, die in einem Sonnenbrenner vereinigt werden, ist ungemein verschieden; man

hat Sonnenbrenner mit nur 6, allein auch solche mit 200 und mehr Flammen. Dem entsprechend schwankt auch der untere Durchmesser des trichterförmigen Schirmes etwa zwischen 40 und 170 cm.

Die bisher beschriebenen Brenner mit Zubehör führen die Verbrennungsgase dem erleuchteten Zimmer zu. Die besonders unangenehmen derselben, die Schwefelverbindungen, treten in sehr geringen Mengen auf; dagegen wirken die eigentlichen Verbrennungsgase, Wasserdampf und Kohlenäure, ihrer großen Menge halber, sehr verunreinigend auf die Luft des beleuchteten Raumes. Auch kann die Wärmeentwicklung oft höchst belästigend sein.

Als Mittelwerthe kann man annehmen, daß 1 cbm Gas 0,9 bis 1,6 kg Kohlenäure, 0,8 bis 1,3 kg Wasserdampf und 4000 bis 7000 Wärmeeinheiten entwickelt. Hiernach liegt die Berechtigung des Wunsches vor, die Mischung der Verbrennungsgase mit der Zimmerluft zu verhindern.

Man hat zu diesem Zwecke die Lichtflammen durch Glaswände vom Zimmer abgesperrt oder auf andere Art dafür geforgt, daß die Verbrennungsgase sicher abgeführt werden.

Ersteres ist verhältnißmäÙig leicht durchzuführen für Räume, in welche auch das Tageslicht durch die Decke einfällt. Die mit Spiegeln versehenen Lampen sind auf einem oder mehreren Wagen befestigt und werden, sobald die Dunkelheit es verlangt, über die Glasdecke gefahren. Es sei erwähnt, daß die zu entwickelnde Lichtmenge, theils wegen der größeren Entfernung der Flammen von den zu beleuchtenden Gegenständen, theils wegen des Lichtverschluckungsvermögens des Glases (siehe die Angaben in Art. 10, S. 10 u. ff.) wesentlich größer sein muß, als wenn die Flammen in der wie oben angegebenen Höhe frei im zu beleuchtenden Raume angebracht sind. Ueber der Glasdecke muß, behufs Abführung der Rauchgase und der Wärme, ein lebhafter Luftwechsel erhalten werden.

Fig. 35 verinnlicht die Einrichtung, welche bestimmt ist, von einem Argand-Brenner sämtliche Rauchgase und wenigstens einen erheblichen Theil der Wärme abzuleiten.

*A* bezeichnet den Brenner, *B* dessen Zugglas, *C* eine Milchglaskugel, welche an ihrem oberen Ende so aufgehängt ist, daß man sie behuf des Entzündens der Flamme abnehmen kann. In Folge der Erwärmung der Luft in der Glasröhre *B* wird vom oberen Rand der Kugel die erforderliche Verbrennungs-

52.  
Abführung  
der  
Verbrennungs-  
gase.

luft herabgefaugt. Die Verbrennungsgase entweichen durch die Röhre *D* nach oben und faugen eine, wenn auch kleine Luftmenge durch den Spalt über dem Rande der Kugel *C* an; sie werden ferner durch eine weitere, im Gebälk untergebrachte Röhre *E* geführt, deren Luft sie erwärmen, so daß, wenn *E* schließlic in einen lothrechten Schacht mündet, auch diese Luft in lebhaften Fluß gelangt. Die hierdurch hervorgebrachte Luftabführung hat vorwiegend den Zweck, eine genügende Wärmeabfuhr von der Röhre *D* zu veranlassen.

Fig. 36 stellt einen ähnlich eingerichteten Kronleuchter in lothrechtem Schnitt dar.

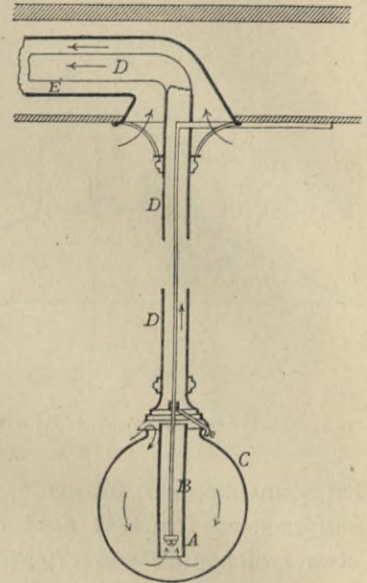
Es sind zwei Flammenringe über einander angebracht, die ihr Licht durch die Glasflächen *A* und *B* in den Raum senden. Der Gaszufluß erfolgt durch die in der Mitte von *D* liegende schmiedeeiserne Röhre; er wird mit Hilfe eines Hahnes geregelt, der bei *C* gedreht werden kann. Die Röhre *D* führt die Gase ab. Behuf des Anzündens wird der Deckel *E*, dessen Gewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ist, gehoben.

Endlich giebt Fig. 37 einen Sonnenbrenner im Schnitt. Derselbe ist in die Decke gelegt gedacht. Es ist zu der Figur noch zu bemerken, daß *E* auf der Gasröhre verschiebbar ist, um die Weite des Luftabfrömungsrings genau einzustellen zu können.

Die Sonnenbrenner wurden im Vorstehenden nur als »Beleuchtungsmittel« betrachtet. Wie indes Fig. 36 u. 37 bereits andeuten, dienen die Sonnenbrenner auch als »Mittel zur Lüftung« der betreffenden Räume; hiervon und von den Sicherungen, welche in Folge der starken Wärmeentwicklung an Decken- und Dachgebälken vorgenommen werden müssen, wird noch bei der »Heizung und Lüftung der Räume« (Kap. 8, unter a) gesprochen werden; auch finden sich dort weitere Abbildungen von Sonnenbrennern.

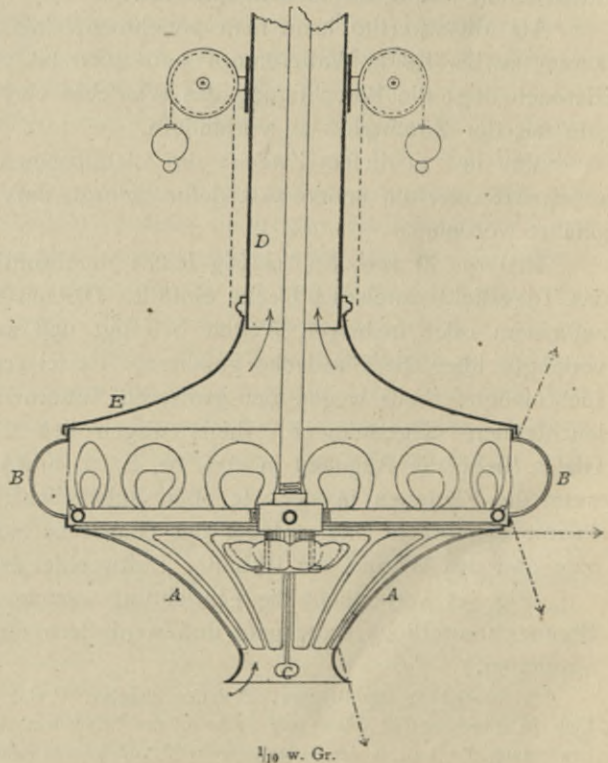
Uebrigens eignen sich die in Art. 32 (S. 33) besprochenen Lampen, bei denen eine Verwärmung der Verbrennungsluft stattfindet, ausnahmslos zur Verwendung im vorliegenden Sinne, indem aus anderen Gründen bereits eine geregelte Ableitung der Rauchgase stattfindet.

Fig. 35.



*Rickets' Kugellicht. (Benham & Sons in London.)*  
1/15 w. Gr.

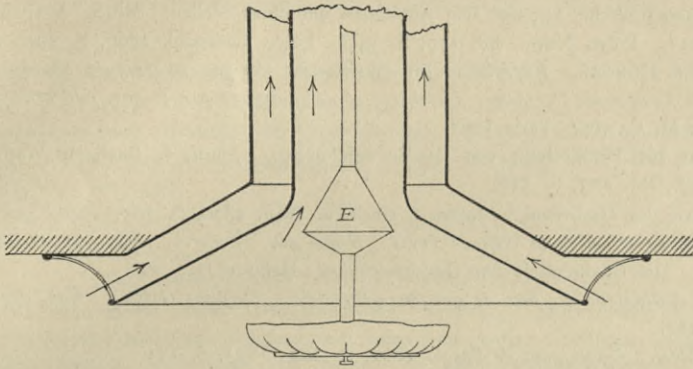
Fig. 36.



1/19 w. Gr.



Fig. 37.

Sonnenbrenner. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Anderweitige hierher gehörige Einrichtungen sind u. A. zu finden in:

- BÖHM, J. Sonnenbrenner, Ventilation und Heizung. *Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1860, S. 82, 94.  
 HESSE. Beleuchtung und Ventilation im *Buckingham Palace* zu London, *Théâtre impérial du Chatelet* zu Paris, *Théâtre de la gayeté* zu Paris. *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 538.  
 Der Sonnenbrenner. *Polyt. Journ.*, Bd. 168, S. 24. *Polyt. Centralbl.* 1863, S. 672.  
 KOCH, F. Beleuchtung des Stationsfaals im Gebäude der Telegraphen-Direction in Berlin durch Sonnenbrenner. *Zeitschr. f. Bauw.* 1864, S. 462.  
 BÖCKMANN. Ueber die Anwendung der Sonnenbrenner in öffentlichen und Geschäftslocalen in London. *Zeitschr. f. Bauw.* 1867, S. 72, 75.  
 PARDOW & GOEBBELS. Sonnenbrenner im König-Wilhelm-Gymnasium in Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1867, S. 348.  
 Plafond-Luftre im Wiener Stadttheater. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1873, S. 391.  
*An improved method of removing the products of gas combustion.* *Building news*, Bd. 39, S. 698.  
*The Fisher sun-burner.* *Architect*, Bd. 25, S. 35.  
*Boyle's ventilating gas fixtures.* *Engineer*, Bd. 51, S. 54.  
*Boyle's improved method of drawing off the products of combustion and heat arising from gas.* *Sanit record*, Bd. 12, S. 279, 392.

### Literatur

über »Gasbeleuchtung«<sup>55)</sup>.

#### a) Allgemeines.

- MACCAUD. Vorrichtung, um das Entweichen von Gas zu entdecken. *Bulletin de la soc. d'encourag.* 1854, S. 363. *Polyt. Centralbl.* 1854, S. 1311. *Polyt. Journ.*, Bd. 134, S. 133.  
 MARX. Ueber die zweckmäßigste Weite der Gasbrenner. *Polyt. Journ.*, Bd. 137, S. 49. *Polyt. Centralbl.* 1855, S. 994.  
*Tuyaux de conduite pour le gaz; application à cet usage de la gutta-percha.* *Revue gén. de l'arch.* 1853, S. 374; 1857, S. 53.  
*Gas and gas-lighting.* *Builder*, Bd. 17, S. 769.  
 FOURNIER. Neues Verfahren, die undichten Stellen in den Leitungsröhren der Gasbeleuchtungen zu entdecken. *Allg. Bauz.* 1860, S. 235.  
 SCHILLING, N. H. *Handbuch der Steinkohlengas-Bereitung.* München 1860. — 3. Aufl. 1878.  
*Éclairage au gaz des musées et des galeries de tableaux.* *Revue gén. de l'arch.* 1860, S. 238.  
 SCHNUHR. Ueber Anlage der Gasleitungen und über Urfachen und Ermittlung der Undichtheiten derselben. *Zeitschr. f. Bauw.* 1862, S. 537.  
*Éclairage des écoles.* *Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 11.  
*Nombre total de becs de gaz d'une école, et nombre des becs en raison du nombre d'enfants.* *Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 13.

<sup>55)</sup> So weit dieselbe für den Architekten in Frage kommt.

- AUDOUIN & BERARD. Die Leistungen verschiedener Gasbrenner. *Polyt. Centralbl.* 1863, S. 267.
- HEEREN. Der Cantagrel'sche Apparat zum Auffuchen undichter Stellen. *Mitth. d. Gwvber. f. Hannover* 1865, S. 211. *Polyt. Journ.*, Bd. 179, S. 143. *Polyt. Centralbl.* 1866, S. 29.
- ARSON, MONARD & HONORÉ. *Expériences sur l'écoulement des gaz en longues conduites faites dans les usines de la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz, par ordre de M. DE GAYFIER et DE M. CAMUS.* Paris 1867.
- ANSELL. Apparat zur Ermittlung von Gas-Entweichungen. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1867, S. 498. *Polyt. Journ.*, Bd. 223, S. 546.
- POLE. Zur Theorie der Gasbrenner. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1870, S. 765.
- Éclairage des écoles de dessin de la ville de Paris. Revue gén. de l'arch.* 1870—71, S. 129.
- ILGEN, F. H. W. Die Gasindustrie der Gegenwart etc. Halle 1873.
- Nouveau système d'allumage des becs de gaz par l'électricité. (Système Gaiffé.) Gaz, des arch. et du bât.* 1873, S. 184.
- Éclairage des théâtres. Revue gén. de l'arch.* 1861, S. 102; 1873, S. 133.
- TIEFTRUNK. Die Gasbeleuchtung. Stuttgart 1874.
- GIROUD's Apparate für Gasleitungen und Gasprüfung. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1874, S. 126.
- De l'allumage instantané des becs de gaz par l'électricité. Gaz, des arch. et du bât.* 1874, S. 6.
- KUHLMANN, F. *De l'éclairage et du chauffage par le gaz au point de vue de l'hygiène.* Paris 1876.
- GERMINET, G. *Chauffage et éclairage par le gaz.* Paris 1876.
- MONNER, D. *Aide-mémoire pour le calcul des conduites de distribution du gaz de l'éclairage et de chauffage.* Paris 1876.
- La lumière artificielle. Le gaz et ses sousproduits. Monit. industr. Belge* 1876, S. 87.
- PATTISON, J. Gasbrenner-Untersuchungen. *Journ. of gaslighting* 1876, Feb. 1. u. März 28.
- The history of gas-lighting. Builder*, Bd. 34, S. 1092, 1141.
- Common sense for gas users. A catechism of gas-lighting.* London 1877.
- Der amerikanische Gas-Sonnenlicht-Apparat. *Ill. Zeitung f. Blechind.* 1877, S. 19.
- Procédés pour reconnaître les fuites de gaz. Gaz, des arch. et du bât.* 1877, S. 251.
- SCHAAR, G. F. Die Steinkohlengasbereitung. Leipzig 1877. — 2. Aufl. 1880.
- EYNDHOVEN. Ein praktischer Wink für Gasbeleuchtung. *Polyt. Journ.*, Bd. 229, S. 449.
- ILGEN. Die Herstellung von Privat-Gaseinrichtungen. *Ill. Zeitg. f. Blechind.* 1878, S. 2, 18, 30, 46, 61, 106, 171.
- LÜDICKE, A. Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinen-Schlosser. Weimar 1878.
- MENDLIK, A. Die Gasbeleuchtung. Budapest 1879.
- Neuerungen an Gasregulatoren; von HIRZEL, BULLING, FLÜRSCHHEIM, DRESCH, PINTSCH, PIEPERSBERG, ULBRICH. *Polyt. Journ.*, Bd. 231, S. 513.
- Allume-gaz automatique. Semaine des const.*, Jahrg. 3, S. 6.
- MÜLLER, K. Ueber die neuesten Fortschritte der Gasbeleuchtung. *Deutsche Bauz.* 1879, S. 260.
- MÜLLER, A. Die Gasbeleuchtung im Hause etc. Wien 1880.
- HUGHES, S. *The construction of gas works and the manufacture and distribution of coal gas.* London 1853. — 6. Aufl. von W. RICHARDS: 1880.
- ANSELL, G. F. Gas-Ausströmungs-Anzeiger. *Gefundh.-Ing.* 1880, S. 14.
- BÉRARD, P. *Sur des becs de gaz donnant une lumière d'une grand intensité. Bulletin de la soc. d'encourag.* 1880, S. 304.
- SCHOLTZ, A. Konstruktion und Anlage der Gas- und Wasserleitungen in Gebäuden, sowie der elektrischen und pneumatischen Telephone, einschliesslich der Telephone und Sprachrohrleitungen. Stuttgart 1881.
- DUPOIS, A. *Allumage électrique des becs de gaz. Semaine des const.*, Jahrg. 6, S. 76.
- Fortschritte im Beleuchtungswesen. *Gefundh.-Ing.* 1882, S. 663.
- ROSOY. *Les récents progrès de l'éclairage au gaz. Gaz, des arch. et du bât.* 1882, S. 8, 25, 44.
- PLANAT, P. *Installation du gaz dans les théâtres. Revue gén. de l'arch.* 1882, S. 107, 164 u. Pl. 21—22.
- BRAY, G. *The development of the lighting power of coal gas; with notes on street and interior lighting.* *Iron*, Bd. 20, S. 207.
- Elektrische Zündvorrichtung für Einzel- und Gruppenflammen. *Deutsche Bauz.* 1883, S. 85.
- MERRIMAN, O. *Gas-burners, old and new.* London 1884.
- ISRAEL. Vorrichtung zur Prüfung der Gasleitungen in öffentlichen Gebäuden. *Centralbl. d. Bauverw.* 1885, S. 172.
- ISRAEL. Versuche über die vortheilhafteste Beleuchtung von Schul- und Diensträumen. *Centralbl. d. Bauverw.* 1885, S. 414.

Neue Vorrichtung zur Prüfung von Gasleitungen in öffentlichen Gebäuden. Maschinenbauer 1885, S. 467.  
 COGLIEVINA, D. Theoretisch-praktisches Handbuch der Gasinstallation. Wien 1889.

Ferner:

SCHILLING's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserverföorgung. Herausg. v. BUNTE. München. Erscheint seit 1858.

*Journal de l'éclairage au gaz.* Herausg. von CHARBONNIER. Paris. Erscheint seit 1852.

*Annuaire général de l'éclairage et du chauffage par le gaz.* Herausg. von P. DURAND & E. DURAND. Paris. Erscheint seit 1873.

*The journal of gas-lighting.*

*American gaslight-journal.*

#### β) Ausgeführte Beleuchtungs-Anlagen.

WERNEKINCK, H. Der Berliner Circus. Gasbeleuchtung. Zeitfchr. f. Bauw. 1853, S. 213.

WAESEMANN. Beleuchtung eines Juwelierladens und dessen Schaufenster. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 478.

Gasbeleuchtung im Gebäude der Telegraphen-Direction zu Berlin (Sonnenbrenner). Zeitfchr. f. Bauw. 1864, S. 461.

KNOBLAUCH. Die neue Synagoge in Berlin. Gasbeleuchtung. Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 483.

BOHNSTEDT. Stadttheater in Riga. Plafond-Beleuchtung. Zeitfchr. f. Bauw. 1869, S. 200.

*Éclairage du théâtre du Vaudeville, à Paris.* *Revue gén. de l'arch.* 1869, S. 275.

Ueber Beleuchtung von Theatern: Hof- und Nationaltheater in München. Rampenbeleuchtung in der Scala zu Mailand. Berliner Theater, fowie die Säle des Postgebäudes und Telegraphengebäudes. Pariser Theater, fowie einige gröfsere Säle in Paris. Bayer. Ind.- u. Gwbl. 1870, S. 9. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1870, S. 22, 87, 89, 94.

LADD. *Lighting of the Royal Albert-Hall.* *Mechan. magaz.*, Bd. 25, S. 189.

*Éclairage de l'école vétérinaire d'Alfort.* *Revue gén. de l'arch.* 1872, S. 115.

*Éclairage de nuit de la salle de séances de la chambre des députés au Palais de Versailles.* *Revue gén. de l'arch.* 1876, S. 14.

HESSE: Beleuchtung und Ventilation im Buckingham Palace zu London, *Théâtre impérial du Chatelet* zu Paris, *Théâtre de la galeté* zu Paris. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 538.

KOCH, F. Beleuchtung des Stationsfaals im Gebäude der Telegraphen-Direction in Berlin durch Sonnenbrenner. Zeitfchr. f. Bauw. 1864, S. 462.

PARDOW & GOEBBELS. Sonnenbrenner im König-Wilhelm-Gymnasium in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 348.

HUDE v. d. & HENNICKE. Das Central-Hôtel in Berlin. Beleuchtungs-Anlagen. Zeitfchr. f. Bauw. 1881, S. 181 u. 188.

SCHROETER, O. Die Gasbeleuchtungs-Anlage für den Oestlichen Anschlussbahnhof der Berliner Stadteisenbahn. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1882, S. 37.

Wasserverföorgung und Beleuchtungswesen der *Krupp'schen* Gufsstahlfabrik. II. Beleuchtungswesen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1882, S. 445.

Gasbeleuchtung mit Ventilation und Heizung im Saale des kgl. Odeons in München. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1887, S. 213. Gefundh.-Ing. 1887, S. 185, 223, 289.

Die neue Ventilations-, Beleuchtungs- und Beheizungs-Anlage im kgl. Odeon in München. München 1887.

## 4. Kapitel.

### Elektrische Beleuchtung.

Von Dr. WILHELM KOHLRAUSCH <sup>56)</sup>.

#### a) Einige elektrische Grundbegriffe.

Die elektrischen Grundgröfsen haben für Jeden, dem nicht durch langen Umgang mit denselben es zur Gewohnheit geworden ist, mit diesen Gröfsen zu arbeiten und zu rechnen, etwas eigenthümlich Fremdartiges. Der Grund dafür ist ohne

<sup>56)</sup> In erster Auflage bearbeitet durch Herrn Professor *Hermann Fischer* in Hannover.

Zweifel der, daß wir kein Organ besitzen, um elektrische Größen in ähnlicher Weise wahrzunehmen, wie wir gelernt haben, räumliche Größen, Gewichte, Geräusche etc. durch Vermittelung der Augen, des Muskelgefühles, der Ohren etc. zu schätzen und zu beurtheilen. Auch für die Vorstellung und Schätzung der Zeitintervalle fehlt uns allerdings ein besonderes Organ; aber die lebenslange zwangsweise Uebung und die stete Vergleichung des allmählig sich entwickelnden Zeitgefühles mit dem genauesten der Meßinstrumente, der Uhr, verhelfen uns hier zu einiger Sicherheit. In ähnlicher Weise ist für die Beurtheilung und Vorstellung elektrischer Größen eine lange Uebung erforderlich, die das anfänglich rein verstandesmäßige Rechnen allmählig zum gewohnheitsmäßigen Denken in elektrischen Größen werden läßt.

54-  
Hilfs-  
vorstellungen.

Die Vorstellung der elektrischen Größen wird durch folgende Ueberlegungen sehr wesentlich erleichtert. Wir denken uns einen beliebig kleinen oder großen Wasserbehälter, der lothrecht verschiebbar und mit einer Anzahl Röhrenableitungen zu einem großen See oder dergleichen mit wesentlich constantem Wasserpiegel versehen ist. Ein Pumpwerk liegt zwischen dem See und dem Wasserbehälter, um letzterem stets das abgeflossene Wasser wieder zuzuführen. Der Druckunterschied zwischen den beiden Wasseroberflächen, der Reibungswiderstand, den das abfließende Wasser in der Röhrenleitung erfährt, und, abhängig von beiden, die etwa in Litern für die Secunde zu messende Wasserstromstärke sind die drei hier wesentlich in Frage kommenden Größen. Die Wasserstromstärke wächst mit dem Höhenunterschiede der Wasseroberflächen, d. h. mit zunehmendem Wasserdruck, und nimmt ab mit zunehmendem Reibungswiderstand, d. h. mit abnehmendem Röhrenquerschnitt, bezw. zunehmender Röhrenlänge. Der rechnermäßige Zusammenhang dieser drei Größen ist allerdings für die Wasserströmung nicht einfach.

Beim Elektrizitäts-Verbrauch handelt es sich ebenfalls um drei Größen: die elektrische Spannungsdifferenz am Anfang und am Ende des Stromweges, den elektrischen Leitungswiderstand derselben und von beiden abhängig die Stromstärke, welche qualitativ den drei bei der Wasserströmung in gleicher Reihenfolge hervorgehobenen Größen völlig entsprechen. Wie oben durch das Pumpwerk Wasser von niederem auf höheres Niveau gehoben wird, so wird durch die Dynamo-Maschine der elektrischen Anlage Elektrizität von niederer auf höhere Spannung gebracht. Der obere Wasserpiegel entspricht dem einen, z. B. positiven Pol (Klemme) der Dynamo-Maschine, der untere Wasserpiegel der anderen, negativen Maschinenklemme. Die Wasserleitungen vom höheren zum tieferen Niveau haben dieselbe Bedeutung, wie die äußeren Verbrauchsleitungen der elektrischen Anlage. In beiden Leitungen wird ein Theil der durch das Pumpwerk, bezw. die Dynamo-Maschine verbrauchten mechanischen Arbeit in anderer Form wieder verfügbar, und für jeden in die Ableitungen eingeschalteten Wasser-Motor oder elektrischen Verbrauchs-Apparat erhält man die verfügbare Arbeit als das Product des am Motor vorhandenen Wasserdruckunterschiedes, bezw. der elektrischen Spannungsdifferenz in die Wasserstromstärke, bezw. elektrische Stromstärke.

55-  
Elektrische  
Größen.

Die Einheiten der elektrischen Größen sind benannt worden: für die Spannungsdifferenz — oder, wie man abgekürzt zu sagen pflegt, für die Spannung — das *Volt*, für den Leitungswiderstand das *Ohm* und für die Stromstärke das *Ampère*. Das *Volt* entspricht demnach qualitativ der Einheit des Wasserdruckes, 1<sup>m</sup> Wasserhöhe, bezw. der Atmosphäre, das *Ampère* der Einheit für die Wasserstromstärke, z. B. 1 kg Wasser in der Secunde. Eine dem elektrischen Leitungswiderstande genau

entsprechende einfache GröÙe besteht für die Wasserröhrenleitung nicht. Die Reibungsverhältnisse der Röhrenleitung sind sehr verwickelt, während der elektrische Leitungswiderstand zu den räumlichen GröÙen des leitenden Körpers in sehr einfacher Beziehung steht. Ist  $l$  die Länge des leitenden Körpers (in Met.),  $q$  sein Querschnitt (in Quadr.-Millim.), so ist der Widerstand der Leitung (in *Ohm*)

$$w = s \frac{l}{q}.$$

Der Coefficient  $s$ , specifischer Widerstand genannt, ist abhängig vom Material und beträgt beispielsweise für gutes Leitungskupfer 0,018 bis 0,020, für Eisen etwa 0,12. Wie die Formel ohne Weiteres ergibt, ist  $s$  der Widerstand des Materials bei 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt. Eine Kupferleitung von z. B. 250 m Länge und 7 mm Durchmesser hat demnach 0,13 *Ohm* Widerstand.

Die Stromstärke  $i$  einer elektrischen Leitung ist proportional der an den Enden der Leitung vorhandenen Spannungsdifferenz  $k$  und umgekehrt proportional dem Leitungswiderstande  $w$ :

$$i = \frac{k}{w} \text{ (Ohm'sches Gesetz).}$$

Obige Leitung würde also bei einer Spannungsdifferenz von 5 *Volt* eine Stromstärke von 38,4 *Ampère* erhalten.

Der elektrische Leitungswiderstand multiplicirt mit der Stromstärke ergibt zufolge des *Ohm'schen* Gesetzes ohne Weiteres den Spannungsverlust ( $i w$ ), welcher in der Leitung entsteht und welcher dem Druckhöhenverlust in der Wasserleitung genau entspricht. Die obige Leitung würde z. B. bei 20 *Ampère* Stromstärke einen Spannungsverlust von 2,6 *Volt* ergeben.

Wie bei der Wasserröhrenleitung durch Wasserdruck (in Met.) mal Wassermenge (in Kilogr. für 1 Secunde) die gefammte Arbeitsfähigkeit in Kilogramm-Meter für 1 Secunde sich ergibt, so ist bei der elektrischen Leitung durch Spannung (in *Volt*) mal Stromstärke (in *Coulomb*<sup>57</sup>) für die Secunde, d. h. in *Ampère*) die Arbeitsfähigkeit in *Volt-Ampère* gegeben. Den Arbeitsverlust in der elektrischen Leitung stellt daher das Product aus Spannungsverlust und Stromstärke ( $i^2 w$ ) in derselben Weise dar, wie er bei der Wasserröhrenleitung durch das Product aus Druckhöhenverlust und Wasserstromstärke gegeben ist. Der Arbeitsverlust bei 20 *Ampère* in unserer Leitung von 250 m Länge und 7 mm Durchmesser beträgt danach 52 *Volt-Ampère*. Genau, wie bei der Wasserröhrenleitung, wird die in der elektrischen Leitung verlorene Arbeit in Wärme umgesetzt, d. h. der elektrische Strom erwärmt seine Leitung, und es entstehen für jedes verlorene *Volt-Ampère* 0,24 Gramm-Calorien in der Secunde. Mit Hilfe des mechanischen Wärme-Aequivalentes berechnet sich daraus, daß der mechanischen Leistung von  $1 \frac{\text{kg met}}{\text{sec}}$  die elektrische Leistung von 9,8 *Volt-Ampère*, daher der mechanischen Pferdestärke 736 *Volt-Ampère* elektrische Leistung entsprechen.

Die Leitungen und Verbrauchs-Apparate, welche zwei Punkte verschiedener Spannung verbinden, können hinter einander — in Serien, Reihen — oder neben einander — parallel — geschaltet sein. Bei Reihenschaltung addiren sich die Widerstände aller hinter einander geschalteten Leitungen und Verbrauchs-Objecte. Bei Parallelschaltung addiren sich dagegen die Reciproken der sämtlichen parallel ge-

56.  
Zusammenhang  
der elektrischen  
GröÙen unter  
sich und mit den  
mechanischen  
GröÙen.

57.  
Widerstände  
und Leitungs-  
fähigkeiten  
mehrerer  
Leitungen.

<sup>57)</sup> *Coulomb* ist die Einheit der Elektrizitätsmenge.

schalteten Widerstände. Diese reciproken Widerstände werden auch Leitungsfähigkeiten genannt.

Auch bei parallel geschalteten Wasserröhrenleitungen addiren sich die Leitungsfähigkeiten, aber mit dem Unterschiede, daß  $n$  parallel geschaltete Kupferdrähte vom Einzelquerschnitt  $q$  dasselbe Leistungsvermögen haben, wie ein Draht vom Querschnitt  $nq$ , während  $n$  Wasserröhren vom Einzelquerschnitt  $q$  ein um so geringeres Leistungsvermögen haben, als eine Röhre vom Querschnitt  $nq$ , je größer die Zahl  $n$  ist.

### b) Dynamo-Maschinen.

58.  
Erzeugung  
der  
Elektricität.

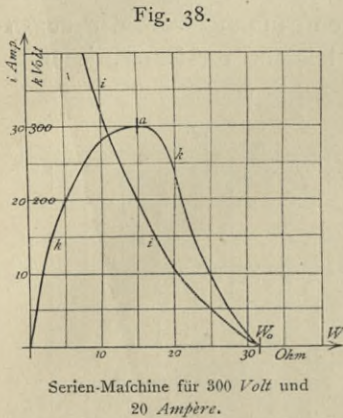
Die Erzeugung der Elektricität für Gebrauchszwecke im Großen — die Telegraphie bisher ausgenommen — geschieht mittels Dynamo-Maschinen, welche im Wesentlichen aus zwei Haupttheilen bestehen. Den einen Theil bildet das ganze Eisengestell der Maschine, einschl. der Eisenkerne der festen Elektromagnete — Schenkel — und des Eisenkernes des drehbaren Ankers — Armatur — so wie der Kupferbewicklung der Schenkel. Der Strom in der Schenkelbewicklung bestimmt, sobald das Eisengestell der Form und Masse nach gegeben ist, den Magnetismus der Maschine. Maßgebend für die Leistung der Maschine ist die Größe des Magnetismus — Intensität des magnetischen Feldes, Dichtigkeit der magnetischen Kraftlinien — an den Flächen, in welchen die Enden — Pole, Polschuhe — der Elektromagnete dem Eisen des Ankers gegenüber stehen. In diesem magnetischen Felde zwischen Ankereisen und Schenkeleisen rotirt als zweiter Haupttheil der Maschine die Bewicklung des Ankers mit letzterem. In der Bewicklung des Ankers werden bei der Bewegung im magnetischen Felde durch Induction elektrische Ströme erzeugt, welche meist durch besondere Leitungen zu dem mit dem Anker fest verbundenen Stromabgeber — Commutator, Collector — geführt und von dort mittels aufschleifender Contacte — Bürsten — von dem Anker abgenommen werden. Bei weitaus den meisten Maschinen verwendet man die im Anker erzeugten Ströme auch zur Speisung der Schenkelbewicklung mit elektrischem Strom, d. h. zur Erzeugung des magnetischen Feldes derselben Maschine, indem man mit dem im Eisen stets zurückbleibenden Rest von Magnetismus die Maschine bei Inbetriebsetzung anlaufen läßt — selbsterregende Maschinen. Die Maschine beginnt mit sehr schwachem Strom, und arbeitet sich selbst in kurzer Zeit zur vollen Leistung hinauf. Von den Klemmen — Polen, Polklemmen — der Maschine wird der erzeugte Strom in die äußere Leitung zum Verbrauch abgegeben.

59.  
Gleichstrom  
und  
Wechselstrom.

Eine Maschine liefert Gleichstrom — stets selbsterregende Maschinen — wenn die Stromrichtung während des Betriebes ihr Vorzeichen nicht ändert. Wechselstrom-Maschinen liefern Ströme, deren Richtung 50 bis 200-mal in der Secunde wechselt. Trägt man die Stromstärke der Wechselströme als Ordinaten, die Zeit als Abscisse auf, so erhält man als Strom-Curven mehr oder weniger Sinus-Curven. Die Durchführung der Parallelen mit der Wasserröhrenleitung stößt hier wegen der Trägheit der Wassermassen auf praktische Schwierigkeiten, wenn es auch nicht undenkbar wäre, durch Hin- und Herbewegung des Wassers in einem Röhrensystem Arbeit zu leisten. Aus praktischen Gründen werden die Wechselstrom-Maschinen meistens mit fest stehendem Anker und rotirendem Elektromagnet-System gebaut. Es kommt nur die relative Bewegung dieser beiden Haupttheile der Maschine für die Stromerzeugung in Frage. Auch wird häufig den Elektromagneten der Wechselstrom-

Maschinen durch besondere kleine Gleichstrom-Maschinen der Strom für die Erregung der Schenkel von außen zugeführt. Aus constructiven Gründen wird man mit der Zeit immer mehr dahin kommen, die Elektromagnete der Wechselstrom-Maschinen rotiren zu lassen und ihnen Gleichstrom von außen zu liefern, während man den Anker fest legen wird.

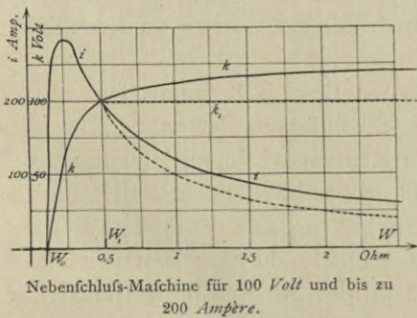
Die Leistung aller Maschinen ist abhängig von dem Leitungswiderstande der äußeren Verbrauchsleitung. Bei den Serien-Maschinen — Hauptstrom-Maschinen, Maschinen mit einfacher directer Schaltung — sind der Anker, die Schenkel und die äußere Leitung hinter einander geschaltet. Fig. 38 giebt etwa die Abhängigkeit der Spannungsdifferenz  $k$  an den Maschinenklemmen und der Stromstärke  $i$  vom Widerstande  $W$  der äußeren Leitung bei einer Maschine für 300 Volt und 20 Ampère, wenn die Maschine mit gleich bleibender Geschwindigkeit umläuft. Die Serien-Maschinen finden da Verwendung — z. B. Bogenlampen in Hintereinanderschaltung — wo stets mit dem gleichen Strom gearbeitet wird. Der Betrieb erfolgt beim Maximum der Spannung — Punkt  $a$  der Spannungscurve. Wächst der äußere Widerstand über den Werth  $W_0$  hinaus, so giebt die Maschine überhaupt keinen Strom mehr.



Soll also die Maschine stromlos werden, so hat man die äußere Leitung zu öffnen.

Die Nebenschlufs-Maschinen, bei welchen von den mit den Bürsten des Anker-Collectors durch kurze Leitungen verbundenen Klemmen der Strom sowohl in die Schenkelbewicklung der Maschine, wie in die äußere Leitung fließt, liefert etwa die Curven in Fig. 39. Die Maschine wird stromlos, wenn der äußere Widerstand unter den Werth  $W_0$  sinkt, also z. B. bei Kurzschluss, d. h., wenn man die Klemmen der Maschine durch eine kurze, starke Leitung von sehr kleinem Widerstande verbindet.

Fig. 39.



dadurch das magnetische Feld ab, und zwar in dem Masse, daß die Spannung von dem Werthe  $k_1$  an nicht mehr zunimmt. Die punktirten Curven gelten bei Anwendung des Regulir-Widerstandes. Jede Schwankung im äußeren Widerstande  $W$  erfordert daher eine entsprechende Aenderung im Regulir-Widerstande des Nebenschluffes. Die Nebenschlufs-Maschinen finden für Beleuchtung wesentlich bei sehr umfangreichen Betrieben Anwendung. Die Regulirung geschieht durch einen Wärter von Hand oder selbstthätig.

Die Gleichspannungs-Maschinen — Compound-Maschinen, Verbund-Maschinen, Maschinen mit gemischter Wickelung — vermeiden das den Nebenschlufs-

60.  
Verschiedene  
Schaltungen  
der Dynamo-  
Maschinen und  
ihre Wirkungs-  
weise.

Maschinen eigene Absinken der Spannung bei zunehmender Stromstärke, d. h. abnehmendem äußeren Widerstande, dadurch, daß sie, außer der den Nebenschluss-Maschinen eigenthümlichen, von der Spannung der Maschine abhängigen Erregung der Magnete, die Erregung derselben durch den Hauptstrom in einer besonderen Magnetbewicklung zu Hilfe nehmen. Bis zu einer gewissen oberen Grenze der Stromstärke, welche somit naturgemäß als die größte für die betreffende Maschine anwendbare Stromstärke, also für deren größte Leistung maßgebend wird, erreicht man durch diese gemischte Magnetbewicklung eine genügend constante Klemmenspannung der Maschinen. Unabhängigkeit der Klemmenspannung von der augenblicklichen Leistung läßt sich im Allgemeinen um so leichter erreichen, je mehr Eisen die Maschinen enthalten, vorausgesetzt, daß die Eisenquerschnitte der Magnete im Verhältniß zu dem des Ankers entsprechend gewählt sind. Fig. 40 giebt das Curven-System dieser Maschinen.

Gute Gleichspannungs-Maschinen erfordern demnach keine Regulierung der Spannung bei wechselnder Betriebsleistung. Sie werden vorzugsweise verwendet bei minder großen Beleuchtungsbetrieben, bei welchen eine dauernde Wartung der Maschine nicht erforderlich sein soll, vorzugsweise also bei Einzelanlagen im Privatbesitz, Restaurants, Fabriken, Brauereien, Privathäusern u. dergl.

Maschinen ohne Selbsterregung, deren Magnete durch einen besonderen Strom gewöhnlich von kleinen Serien-Maschinen gespeist werden, ein System, nach welchem zur Zeit wesentlich nur ein Theil der Wechselstrom-Maschinen arbeitet, geben eine von der gelieferten Stromstärke wesentlich unabhängige elektro-motorische Kraft, wenn nicht bei starkem Strom eine magnetisch störende Rückwirkung desselben die elektro-motorische Kraft herabdrückt.

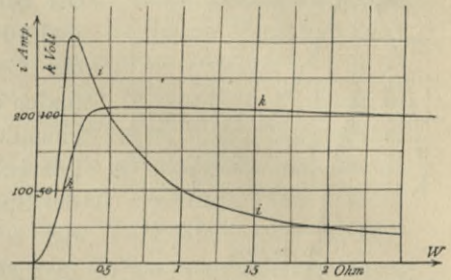
Dynamo-Maschinen, welche für einen gegebenen Betrieb bestimmt sind, sollen im Allgemeinen mit möglichst gleichmäßiger Geschwindigkeit laufen, da in allen Beleuchtungsbetrieben zufällige Schwankungen der Klemmenspannung thunlichst vermieden werden müssen, die Spannung selbst aber für gleich bleibenden Widerstand der Verbrauchsleitung bei allen Maschinen nur von der Umdrehungszahl des Ankers abhängt.

Bei den zuletzt genannten Maschinen, deren Magnete durch Strom von außen erregt werden, ist die Spannung der Drehungszahl des Ankers proportional; bei allen selbsterregenden Maschinen aber, also denen, welche ihren Schenkelstrom dem eigenen Anker entnehmen, ändert sich ausnahmslos die Klemmenspannung stärker, als die Drehungszahl. Ist  $k$  die Klemmenspannung und  $c$  eine Constante, so darf man mit großer Annäherung für die selbsterregenden Maschinen setzen

$$k = c(v - v_0),$$

worin  $v_0$  die Zahl der sog. toten Drehungen bei gleich bleibendem Widerstande der Verbrauchsleitung constant ist. Mit zunehmendem Widerstande der Verbrauchsleitung wächst auch die Zahl der toten Drehungen, aber langsamer als jener. Kleine Schwankungen in der Ankergeschwindigkeit haben also um so mehr Einfluß auf die Klemmenspannung, je größer der Widerstand der Verbrauchsleitung ist.

Fig. 40.



Gleichspannungs-Maschine für 100 Volt und bis zu 200 Amperè.



Bei verschiedenen Maschinen-Modellen wird man im Allgemeinen den Einfluss der Geschwindigkeitschwankungen um so größer finden, je mehr Eisen die Maschine im Verhältniss zu ihrer Leistung enthält.

Praktisch kommen die Schwankungen der Ankergeschwindigkeit für die Klemmenspannung der Dynamo-Maschine in ihrem  $1\frac{1}{2}$ - bis  $2\frac{1}{2}$ -fachen Betrage zur Geltung.

Da man nun bei Beleuchtungsanlagen Schwankungen der Klemmenspannung — besonders kurze periodische Schwankungen — von 2 Procent kaum noch zulassen darf, so ist ohne Weiteres klar, dass Motoren von äußerst gleichmäßigem Gange für den Beleuchtungsbetrieb unbedingt erforderlich sind. Es ist daher in keinem Falle rathsam (vergl. jedoch Art. 90), eine zur Beleuchtung dienende Dynamo-Maschine an eine Dampfmaschine mit anzuhängen, welche außerdem anderem Betriebe, besonders folchem mit ungleichmäßigem Arbeitsbedarf, dient. Denn jede größere, rasch verlaufende Aenderung im Arbeitsverbrauch, wie das Ausrücken und Einrücken von einzelnen Maschinen in Fabriken sie mit sich bringt, verursacht eine, wenn auch kleine und rasch sich ausgleichende Aenderung im Gange des gemeinsamen Motors, und diese macht sich im elektrischen Betriebe stets durch ein entsprechendes Schwanken der Klemmenspannung und somit der Helligkeit der Leuchtkörper bemerkbar. Man stelle daher für den Betrieb elektrischer Beleuchtung stets besondere Motoren auf und falls es sich um Gas-Motoren handelt, nur Zwillings-Motoren bester Construction. Kurze periodische Schwankungen im Gange des Motors kann man in ihrer Wirkung fast unschädlich machen, wenn man auf die Achse der Dynamo-Maschine eine schwere Schwungscheibe setzt, die aber sehr gut centrirt sein muss.

Der Wirkungsgrad einer Dynamo-Maschine, d. h. die elektrische Arbeit in *Volt-Ampère*, welche an den Klemmen der Maschine für jede an der Riemenscheibe verbrauchte Pferdestärke abgegeben wird, ist wesentlich von zwei Factoren abhängig. Erstens wird ein Theil der mechanischen Arbeit auf Zapfenreibung, Bürstenreibung am Collector, Luftreibung und auf die Erzeugung von Strömen im Eisen — *Foucault'schen* Strömen — verwandt, welche dem Stromkreise weder in der Dynamo-Maschine noch in der äußeren Leitung zu gute kommen. Zweitens aber erwärmt der Strom die Maschine selbst nach den in Art. 56 (S. 55) angegebenen Gesetzen, und es geht für jede Leitung vom Widerstande  $w$  innerhalb der Maschine, wenn sie vom Strome  $i$  durchflossen wird, der Betrag  $i^2w$  an elektrischer Arbeit verloren.

Die beiden Verluste pflegen etwa von gleichem Betrage zu sein und zusammen bei den größten Maschinen etwa bis 5 Procent abwärts, bei den kleinsten gängigen Beleuchtungs-Maschinen bis zu 15 und 20 Procent aufwärts zu betragen, so dass also je nach der Größe der Maschinen 80 bis 95 Procent, d. h. 600 bis 700 *Volt-Ampère* für jede Pferdestärke der zugeführten mechanischen Arbeit als elektrische Arbeit in der Verbrauchsleitung wieder verfügbar werden.

### c) Bogenlicht.

Wenn man zwei Kohlenstäbe mit einer Electricitäts-Quelle von etwa 50 *Volt* Spannung verbindet, ihre Enden einen Augenblick mit einander in Berührung bringt und dann auf einige Millimeter von einander entfernt, so durchfließt der beim Berühren der Stäbe eingeleitete elektrische Strom auch die kleine Luftstrecke zwischen beiden Stäben und bringt beide Kohlenspitzen zum Glühen. Gleichzeitig beträgt die Spannungsdifferenz an den Kohlenspitzen 40 bis 50 *Volt*, je nach der Stromstärke. Das so entstandene Bogenlicht besitzt eine sonst unerreichbare Helligkeit,

62.  
Wahl der  
Motoren.

63.  
Leistung  
der Dynamo-  
Maschine.

64.  
Allgemeines  
und Licht-  
vertheilung.

deren grösster Theil von den beiden Kohlenspitzen ausgeht, während dem vom Strom durchflossenen Zwischenraum zwischen beiden Kohlen nur wenige Procente der gesammten Lichtmenge entstammen.

Bei Verwendung von Gleichstrom sind auch die von beiden Kohlenspitzen ausstrahlenden Lichtmengen sehr verschieden. Die mit dem positiven Pol der Elektrizitäts-Quelle verbundene (positive) Kohle sendet 4- bis 5-mal so viel Licht aus, als die negative Kohle, und während die letztere sich beim Brennen zuspitzt, bildet die erstere an der Spitze eine flache Höhlung. Da die positive Kohle das meiste Licht ausstrahlt und in fast allen Fällen möglichst viel Licht unterhalb der Lampe verlangt wird, so stellt man die positive Kohle lothrecht über der negativen auf und wählt die untere Kohle schwächer als die obere, damit der durch die untere Kohle verursachte Schattenkegel unter der Lampe thunlichst klein werde. Gleichstrom-Bogenlichter geben nach oben sehr wenig Licht, eben so lothrecht nach unten. Die grösste Lichtmenge wird unter einem Winkel von 30 bis 50 Grad unter der Wagrechten ausgestrahlt. Im Lichtbogen verbrennen beide Kohlen, und zwar von der oberen positiven etwa doppelt so viel, als von der unteren negativen Kohle. Wählt man daher den Querschnitt der oberen Kohle etwa doppelt so gross, als den der unteren, so brennen von beiden Kohlen ungefähr gleiche Längen ab.

Bei Verwendung von Wechselstrom spitzen sich beide Kohlen zu und beide brennen etwa gleich schnell ab. Die bei der gleichen Stromstärke erforderliche Spannung ist geringer, als beim Gleichstrom-Licht. Die Lichtvertheilung über und unter der Wagrechten ist nahezu symmetrisch. Für den gleichen Verbrauch an elektrischer Arbeit scheint die gesammte abgegebene Lichtmenge bei Wechselstrom-Lichtern geringer zu sein, als bei Gleichstrom-Lichtern. Neuere vergleichende Messungen der Leistung beider Beleuchtungsarten fehlen zur Zeit.

Die Bogenlichter müssen des Windes und Regens wegen mit einer Glashülle umgeben sein. Wo es sich um Beleuchtung von Höfen und Hallen handelt und wenn die Bogenlichter sehr hoch angebracht werden, kann diese Hülle aus durchsichtigem Glas bestehen. Man kann dieselbe alsdann aus gegoffenen Glasprismen so zusammensetzen, dass die Ungleichmässigkeit der Lichtvertheilung bei offenem Bogenlicht durch die Brechung der Strahlen in den Prismen zweckmässig ausgeglichen wird. Dergleichen Glashüllen absorbiren wenig von der gesammten Lichtmenge; aber die so gedeckten Bogenlichter blenden noch lebhaft.

Bei jeder Verwendung des Bogenlichtes in Innenräumen und überall da, wo die Lampen nicht sehr hoch angebracht werden können, werden durchscheinende Glasglocken (Milchglas, mattirtes Glas) als Umhüllung verwendet. Dieselben vermeiden das Blenden des Bogenlichtes; sie bewirken dadurch, dass sie von ihrer beleuchteten Oberfläche das Licht mehr oder weniger diffus ausfenden, eine gleichmässige Vertheilung des Lichtes, absorbiren aber auch um so mehr Licht, je besser sie die vorstehenden Aufgaben erfüllen.

Die Regulirvorrichtungen der Bogenlampen haben den Zweck, den Abstand beider Kohlen constant zu erhalten. Dem gemäss werden die Aenderungen, die im Lichtbogen selbst vor sich gehen, zur Auslösung der Regulirungswerke benutzt. Mit der Länge des Lichtbogens ändert sich dessen Widerstand, die Stromstärke und die Spannung an den Kohlen. Jede dieser drei Grössen kann demnach zur Regulirung benutzt werden. Die Regulirung selbst wird stets dadurch bewirkt, dass Elektromagnete, abhängig von einer der drei oben erwähnten elektrischen Grössen, erregt

werden, je nach der Stärke ihrer Erregung Eifenkerne oder Anker mehr oder minder stark anziehen und dadurch Bewegungen hervorbringen, welche auf die abbrennenden Kohlen übertragen werden.

Bei den Hauptstrom-Lampen wird der regulirende Elektromagnet vom vollen Strom der Lampe durchflossen, und hält die Stromstärke constant. Bei den Nebenschluss-Lampen, welche auf constante Spannungsdifferenz am Lichtbogen reguliren, ist der regulirende Elektromagnet im Nebenschluss zum Lichtbogen gelegen, die ihn erregende Stromstärke daher proportional der Spannung am Lichtbogen. Beide Regulirungsarten sind vereinigt in der Differential-Lampe. Sie regulirt so, daß Spannung und Stromstärke in einem constanten Verhältniß zu einander erhalten werden. Die Genauigkeit der Regulirung einer Bogenlampe ist weniger durch das System der Regulirung, als durch die vernünftige Anwendung eines der drei Systeme, durch haltbare und gute Construction und durch saubere mechanische Ausführung bedingt. Es besitzt daher auch an und für sich keines der drei erwähnten Systeme einen Vorzug vor den anderen.

Die Spannung, deren die gebräuchlichen Bogenlampen bedürfen, schwankt je nach der Stromstärke der Lampe bei Gleichstrom zwischen 40 und 50, bei Wechselstrom zwischen 30 und 40 *Volt*, und derjenigen Lampe gebührt der Vorzug, welche die Spannung am gleichmäßigsten erhält. Schwankungen derselben bis zu 4 *Volt* im Ganzen dürfen zugelassen werden. Man kann sich ein ungefähres Urtheil über die Sicherheit der Regulirung einer Lampe bilden, wenn man eine Zeit lang bei offenem Werk und an einer Aufhängung, welche frei ist von allen Erschütterungen, die gut einregulirte Lampe beobachtet. Je häufiger und in je gleichmäßigeren Pausen die Lampe die Kohlen nachschiebt, um so gleichmäßiger ist auch ihre Helligkeit. Es giebt Lampen, welche alle 10 Secunden durchschnittlich reguliren. Zur vollen Beurtheilung der Brauchbarkeit einer Bogenlampe genügt aber diese Probe nicht; denn wenn das Werk gegen den unvermeidlichen Staub sehr empfindlich ist oder Theile enthält, welche leicht verbogen werden können oder welche in Folge von mit der Zeit sich bildender schwacher Oberflächen-Oxydation die Gangbarkeit des Werkes beeinflussen, so kann eine Lampe, welche neu noch so gut brennt, in kurzer Zeit unbrauchbar werden oder doch der steten Nachhilfe und täglichen Reinigung bedürfen. Aus ähnlichen Gründen sind schon manche scheinbar sehr gute Constructionen wieder ganz aus der Praxis verschwunden.

Es giebt eine Anzahl von Lampen, welche beim Reguliren jedesmal ein auffälliges Geräusch verursachen, klappern oder summen. Solche Lampen sind in Verkaufsläden, in Theatern, in Sälen, in welchen Concerte, Vorträge oder Gesellschaften abgehalten werden, kurz in Räumen, deren Befucher Gelegenheit haben, auf diese Geräusche zu achten, unbrauchbar.

Die Farbe des Bogenlichtes ist der des Tageslichtes sehr ähnlich; aber das normal brennende Bogenlicht enthält etwas mehr rothe Strahlen, als das Tageslicht. Wenn man die Lichter des hoch am Himmel stehenden Vollmondes, der ja all sein Licht von der Sonne erhält und daher weißes Licht liefert, mit den Lichtern von Bogenlampen vergleicht, so kann man besonders auf weißer Fläche bei einiger Aufmerksamkeit fest stellen, daß die Lichter der Bogenlampen spurenweise roth gegen die des Vollmondes sind. Der Unterschied wird um so größer, je kleiner Stromstärke und Lichtbogen der Bogenlampe sind und je stärker im Verhältniß zur Stromstärke die verbrennenden Kohlenstäbe der Lampe gewählt sind. Wechselstrom-

Licht ist im Allgemeinen etwas röther, als Gleichstrom-Licht. Die vielfach verbreitete Ansicht, das das Bogenlicht blau oder grün sei, rührt ausschliesslich davon her, das man fast nur Gelegenheit hat, es mit dem ausgesprochen rothen Lichte der Gasflammen oder der Petroleumlampen zu vergleichen. Auf Grund dieses Vergleiches wird bekanntlich auch dem Mondlicht der ganz unbegründete Vorwurf gemacht, blau oder grün zu sein.

Dafs bei der farbigen Decoration von Innenräumen und bei Toiletten, welche mit Bogenlicht beleuchtet werden sollen, auf die Farbe des Bogenlichtes Rücksicht genommen, d. h. etwa auf den Beleuchtungston des Tageslichtes gerechnet werden mufs, bedarf danach kaum einer besonderen Erwähnung. Es mag noch darauf hingewiesen werden, das das Bogenlicht sich gut zur Beleuchtung von Schaufenstern eignet, besonders wenn die für Tageslicht berechneten Farbenzusammenstellungen im Fenster bei Abend nichts von ihrer Wirkung einbüfsen sollen.

67.  
Querschnitte der  
Kohlenstäbe;  
Kohlenverbrauch  
und Helligkeit  
der Bogen-  
lampen.

Es wurde schon in Art. 64 (S. 60) erwähnt, das es wegen der guten Lichtvertheilung sowohl, als wegen der gesammten von Bogenlichtern abgegebenen Lichtmenge vortheilhaft ist, die untere negative Kohle schwächer zu wählen, als die obere. Zulässig ist dies aus zwei Gründen: erstens weil die untere Kohle nur etwa den halben Materialverbrauch erfährt, als die obere, und zweitens weil die Spitze der unteren Kohle sowohl durch den Strom selbst, als wegen der an der oberen Kohle vom Lichtbogen aufsteigenden heifsen Luft schwächer erwärmt wird, als die obere Kohlenspitze. Ungefähr kann man bei der oberen positiven Kohle 20 bis 30 qmm Querschnitt des Kohlenstabes für 1 *Ampère* Stromstärke rechnen und dann bei Gleichstrom der unteren Kohle etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{2}{5}$  des Querschnittes der oberen geben.

Der Verbrauch an Kohle in den Bogenlampen ist nach der Güte der Kohlen verschieden. Im Durchschnitt darf man für 1 *Ampère* und 1 Stunde bei guten Kohlen einen Verbrauch von 0,6 bis 0,7 g der oberen und etwa 0,3 g der unteren Kohle rechnen. Das Einheitsgewicht der Kohlen schwankt zwischen 1,4 und 1,6. Bei Wechselstrom-Lichtern erhält die obere Kohle den gleichen Querschnitt und verbrennt etwa um 10 Procent rascher, wie die untere.

In Art. 64 (S. 60) ist erwähnt worden, das die Lichtvertheilung bei den Bogenlichtern sehr ungleich ist, und dem entsprechend sind auch die Angaben der Helligkeit für eine bestimmte Stromstärke sehr ungleich. Rechnet man bei Gleichstrom für 1 *Ampère* etwa 100 Normalkerzen mittlere Helligkeit, nahe das Doppelte in der Richtung der grössten ausgestrahlten Lichtmenge und  $\frac{1}{3}$  bis die Hälfte in der Wagrechten, so wird man die grössten gängigen Lampen (10 bis 20 *Ampère*) 10 bis 30 Procent zu niedrig, die kleinsten Lampen (3 bis 5 *Ampère*) etwas zu hoch geschätzt haben. (Siehe auch die neben stehende Tabelle.)

68.  
Höhe der  
Gleichstrom-  
Bogenlichter  
über dem Boden  
und  
beleuchtete  
Fläche.

Die Höhe der Bogenlampen über dem Boden richtet sich wesentlich nach zwei Factoren, nämlich nach der verlangten Helligkeit und nach der Zahl der zu verwendenen Lampen. Dieselbe mittlere Helligkeit lässt sich erreichen mit wenigen, hoch hängenden Lampen grosser Stromstärke und mit vielen, niedrig hängenden Lampen geringer Stromstärke. Im letzteren Falle entsteht eine weit gröfsere Gleichmäfsigkeit der Beleuchtung (siehe Art. 33, S. 36), während im ersteren Falle, wenn grosse Gleichmäfsigkeit nicht gefordert wird, die Anlage selbst und ihre Bedienung einfacher wird. Als ungefähre Anhalt darf gelten, das die Höhe der Gleichstrom-Lampen über dem Boden in Metern höchstens nur wenig mehr betragen darf und mindestens halb so viel betragen soll, als ihre Stromstärke in *Ampère* beträgt.

Der Lichtbedarf für 1 qm beleuchtete Fläche läßt sich selbstverständlich allgemein nicht angeben. Man darf für Gleichstrom bei mäßig zu beleuchtenden Hallen und Höfen etwa 100 qm für 1 *Ampère* und bei Verwendung großer Lichter, wenn nicht mehr als gute Mondscheinbeleuchtung gefordert wird, auch die doppelte Fläche rechnen. Bei Markthallen wird man nicht mehr als 50 qm für 1 *Ampère* rechnen, und auch bei der hellsten Luxus-Beleuchtung den Verbrauch von 1 *Ampère* für 10 qm Bodenfläche nicht überschreiten.

Bogenlampen müssen stets so aufgehängt sein, daß sie bis nahe über den Boden leicht herabgelassen werden können. Die Reinigung der Lampen, so wie das Einsetzen neuer Kohlenstäbe, welches je nach der Brennzeit täglich oder alle zwei Tage geschieht, machen das Herabziehen der Lampe erforderlich.

Die nachstehende Tabelle enthält die erforderlichen Angaben für Gleichstrom-Bogenlichter<sup>58)</sup>.

		Stromstärke der Lampen in <i>Ampère</i> .										
		3	4	5	6	8	10	13	16	20		
1.	Obere positive { Durchmesser . . . . .	10	11,5	13	14	16	17,5	20	22	24,5	Millim.	
	Kohle { Verbrauch in der Stunde	16	16	17	17	17	18	18	18	18		
	Untere negative { Durchmesser . . . . .	6,4	7,4	8,3	9,2	10,5	12	13	14	15		
	Kohle { Verbrauch in der Stunde	18	18	18	18	18	18	19	21	23		
2.	Mittlere Helligkeit . . . . .	etwa 280	390	500	600	850	1100	1600	2100	3000	Normal-Kerzen.	
	Größte „ . . . . .	etwa 550	800	1000	1300	1700	2200	—	—	5000		
	Helligkeit in der Wagrechten . . . . .	etwa 140	190	240	290	360	450	—	—	1000		
3.	Höhe des Lichtbogens über dem Boden {	höchstens	5	6	7	8	10	12	14	17	20	Met.
		mindestens	2,4	2,7	3	3,5	4	5	7	8	10	
4.	Vollmondhelligkeit . . . . .	—	—	500	750	1300	2000	2800	3500	4000	Quadr.-Met. Bodenfläche für 1 Lampe.	
	Bahnhofshallen . . . . .	—	300	400	500	700	950	1300	1700	2200		
	Markthallen . . . . .	140	150	200	250	360	500	650	850	1100		
	Hellste Luxus-Beleuchtung . . . . .	40	50	60	75	100	—	—	—	—		
5.	Arbeitsverbrauch des Bogenlichtes, wenn man 50 <i>Volt</i> Spannung und für die Pferdestärke 600 <i>Volt-Ampère</i> elektrische Arbeit rechnet . . . . .	0,25	0,33	0,42	0,5	0,67	0,83	1,1	1,3	1,7	Pferdestärken.	

Die Zahlen der vorstehenden Tabelle machen nicht den Anspruch allein richtig und für alle Fälle maßgebend zu sein, sind aber jedenfalls als erster Anhalt brauchbar.

#### d) Glühlicht.

Die Glühlampen bestehen im Wesentlichen aus einem im Verhältniß zu seiner Länge sehr dünnen, harten Faden aus Kohle, welcher durch dauerndes Glühen organischer Fäden (Bambus, Baumwolle, Collodium, Papier) unter Luftabschluß und späteres, wiederholtes Tränken und Glühen mit flüssigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen gewonnen wird. Dieser Kohlenfaden ist mit seinen Enden an Platindrähten in geeigneter Weise befestigt und befindet sich in einer luftleeren Glasbirne, durch deren

69.  
Allgemeines.

<sup>58)</sup> Die Werthe der Tabelle, so wie eine große Zahl anderer Zahlenangaben sind Mittelwerthe aus bereitwilligst mir gemachten Mittheilungen aus der Praxis. Besonders den Firmen *Siemens & Halske*, *Schuckert*, Gebrüder *Naglo* spreche ich hier meinen Dank aus für die mir gütigst ertheilte vielseitige Auskunft.

Fufs die eingeschmolzenen Platindrähte nach aufsen hindurchragen. Letztere sind wieder durch Kupferdrähte mit Metall-Contacten verbunden, durch welche der Strom dem Kohlenfaden zugeführt wird.

70.  
Elektrische  
Größen  
und Arbeits-  
verbrauch.

Die in der Zeiteinheit von der Stromstärke  $i$  im Kohlenfaden vom Leitungswiderstande  $w$  entwickelte Wärmemenge ist der Gröfse  $i^2 w$  oder, wenn  $k = iw$  die Spannungsdifferenz an den Enden des Kohlenfadens (vergl. Art. 56, S. 55) bedeutet, dem Product  $ki$  proportional. Da nun nach Art. 84 das Streben stets dahin gehen mufs, mit möglichst hoher Spannung und entsprechend kleiner Stromstärke zu arbeiten, so ist die unmittelbare Folge davon, dafs man den Kohlenfäden möglichst hohen Widerstand zu geben strebt. Der Widerstand der gängigsten aller Glühlampen beträgt bei heller Weifsgluth nahe 200 *Ohm*, bei Zimmer-Temperatur etwa das Doppelte. Um den Kohlenfaden einer Lampe von 16 Normalkerzen in Weifsgluth zu erhalten, sind 0,5 *Ampère* erforderlich, welche Stromstärke in 200 *Ohm* Widerstand wiederum eine Spannungsdifferenz von 100 *Volt* an den Enden des Kohlenfadens verlangt. Diese Glühlampe verbraucht demnach  $100 \times 0,5 = 50$  *Volt-Ampère*<sup>59)</sup> an elektrischer Arbeit und liefert eine Helligkeit von 16 Normalkerzen. Es ergibt sich also für eine Normalkerze ein Arbeitsverbrauch von 3,1 bis 3,2 *Volt-Ampère*, eine Zahl, die auch für Lampen, welche mit anderer Helligkeit und anderer Spannung arbeiten, für die Berechnung des Arbeitsverbrauches zu Grunde gelegt werden darf. Eine Pferdestärke kann danach 10 bis 12 Lampen zu 16 Kerzen oder 16 bis 19 Lampen zu 10 Kerzen oder 8 bis 10 Lampen zu 20 Kerzen im Brennen erhalten. Relativ sinkt der Arbeitsverbrauch ein wenig für Lampen gröfserer Helligkeit und höherer Spannung. Der Arbeitsverbrauch bei Verwendung von Wechselstrom oder Gleichstrom ist bei Glühlampen wesentlich der gleiche. Vorzugsweise werden bisher Glühlampen von nahe 60 und nahe 100 *Volt* gebaut, und die meist gebräuchlichen Lichtstärken sind 8, 10, 16, 20 Normalkerzen; auch Lampen von 25, 50 und 100 Normalkerzen sind im Handel.

Der Arbeitsverbrauch einer Glühlampe von 10 Normalkerzen würde etwa 32 *Volt-Ampère* betragen, die erforderliche Stromstärke daher 0,32 *Ampère* bei einer Lampe zu 100 *Volt* und 0,34 *Ampère* bei einer Lampe zu 60 *Volt*. Lampen von wesentlich mehr als 100 *Volt* Spannung befinden sich bisher wenig im Handel. Man arbeitet zwar allgemein an Erhöhung der Glühlampenspannung; bisher aber bietet die Herstellung geeigneter Fäden Schwierigkeiten.

71.  
Einfluss der  
Spannung auf  
Lebensdauer  
und Helligkeit  
der Glühlampen.

Eine Glühlampe hat, weil auch bei normalem Betriebe der glühende Kohlenfaden allmählich zerstäubt wird und sich als feiner dunkler Ueberzug auf der inneren Glasfläche der Lampenglocke absetzt, nur eine beschränkte Dauer der Haltbarkeit — Lebensdauer — welche im Durchschnitt 800 bis 1000 Brennstunden beträgt. Wird aber die Lampe mit einer Spannung gebrannt, welche nur wenige Procente höher ist, als die normale, so nimmt die durchschnittliche Lebensdauer der Lampen gleich sehr erheblich ab, während sie im Allgemeinen bedeutend wächst, wenn man die Lampen mit unternormaler Spannung brennt. Auch die Helligkeit der Lampen ist in hohem Grade von der Spannung abhängig; sie ändert sich je nach der Lampenforte 4- bis 5-mal so stark, als die Spannung, d. h. eine Spannungsschwankung von 2 Procent bringt eine Helligkeitsschwankung von 8 bis 10 Procent hervor. Der

<sup>59)</sup> Zur Zeit (Juni 1889) wird allerdings von der 16-kerzigen Lampe im Durchschnitt etwas mehr Arbeit verbraucht, nämlich 52 *Volt-Ampère*; aber im Laufe eines Jahres wird von guten Lampen dieser Arbeitsverbrauch nicht mehr überschritten werden

Glühlichtbetrieb erfordert demnach eine sehr gleichmäßige Spannung und daher einen äußerst gleichmäßigen Gang des Motors sowohl, wie der Dynamo-Maschine (vergl. Art. 61 u. 62, S. 61 u. 62), wenn das Licht nicht unruhig erscheinen soll.

Das von den Glühlampen ausgehende Licht hat eine ähnliche Farbe, wie das eines *Argand*-Gasbrenners (siehe Art. 29, S. 32), ist also relativ weit reicher an rothen und ärmer an blauen Strahlen, als das Tageslicht, auch als das Bogenlicht. Vorausgesetzt ist dabei, daß die Glühlampen mit normaler Spannung brennen. Kommt zu hohe Spannung in Anwendung, so nimmt der relative Gehalt an rothen Strahlen ab, der an blauen zu. Ein sicheres Zeichen für zu hohe Spannung bei Glühlampen ist ein die ganze Lampe erfüllender schwacher bläulicher Schein. Sinkt die Spannung unter die normale, so nimmt der Gehalt des Lichtes an blauen Strahlen ab; das Licht wird rother.

Normal brennende Glühlampen liefern einen weit wärmeren Beleuchtungston als Bogenlichter. Bei Beleuchtung von Gemälden ist dies äußerst wichtig. Dasselbe Gemälde kann bei Bogenlicht-Beleuchtung den kalten Ton der Morgenlandschaft, bei Glühlicht den warmen Ton der Abendlandschaft erhalten. Auch die Farben der Zimmer-Decoration sind bei beabsichtigter Glühlichtbeleuchtung derselben anzupassen. Es sind nahe dieselben, welche bei Gasbeleuchtung am wirksamsten sein würden. Bogenlicht verlangt Tages-Toilette, Glühlicht Abend-Toilette. Glühlicht empfiehlt sich daher auch entschieden für Gesellschaftsräume, Ballsäle und ähnliche Räume; denn es liefert warme, schöne Fleischtöne.

Bestimmte Regeln für die Zahl der für eine gegebene Bodenfläche oder einen gegebenen Inhalt von Innenräumen erforderlichen Glühlampen zu geben, ist kaum möglich. Besondere Wünsche und Zwecke der Bewohner, Farbe der Wände und der Decken, Farbe und Oberflächenbeschaffenheit der Decorationen und Möbel etc. machen dergleichen allgemeine Regeln illusorisch. Als erster Anhalt möge Folgendes dienen.

Eine sehr gute Beleuchtung erhält man, wenn man 5 qm Bodenfläche für die 16-kerzige Glühlampe rechnet, besonders, wenn man die Lampen mit den Kohlenfäden nach unten kehrt und halbe Glocken von weißem oder mattirtem Glase oberhalb der Lampen als Reflectoren anbringt. Es sind derartige Glocken in den mannigfachsten Formen, auch gemustert, mattirt und farbig, im Handel. Müffen die Glocken unterhalb der Lampen angebracht werden, damit das Auge nicht durch den Kohlenfaden selbst geblendet wird, so nimmt die Bodenbeleuchtung um so mehr ab, je dunkler Wände und Decken in der Farbe sind und je mehr lichtverschluckende Stoffe (Sammet, Wollstoffe) zur Decoration der Wände verwendet sind. In Wohnräumen, Versammlungsräumen, Concertsälen etc. rechnet man gewöhnlich 7 bis 10 qm auf eine 16-kerzige Glühlampe.

Im Handel finden sich auch Glühlampen mit einfachen farbigen Glashüllen, so wie mit Hüllen aus mattirtem Glas und aus Milchglas. Letztere blenden gar nicht mehr, verschlucken aber bis zu 50 Procent der vom Kohlenfaden gelieferten Lichtmenge<sup>60)</sup>. Etwas Schutz gegen das Blenden der Fäden gewähren Glashüllen mit vielen kleinen Buckeln. Cylinderförmige Reflectoren im Inneren der Lampe, zwischen den beiden Aesten des Kohlenbügels angebracht, sind völlig nutzlos.

In Fabriken wird man im Allgemeinen für jeden Arbeitsplatz eine Lampe zu

72.  
Farbe  
des  
Glühlichtes.

73.  
Vertheilung  
der  
Glühlampen.

<sup>60)</sup> Siehe auch die bezüglichen Zahlenangaben in Art. 10 (S. 10).

rechnen haben; jedoch wird je nach der Art der Arbeit hier häufig die 8- oder 10-kerzige Lampe eintreten können, besonders wenn die Gesamtleuchteung es gestattet, das Licht der Lampen durch mattweiss gefrichene Blechschirme dem Arbeitenden möglichst auf die Hand zu werfen. Einige Proben für den einzelnen Bedürfnisfall können hier allein entscheiden.

Glühlampen, welche im Freien brennen, erhalten eine zweite äussere weite Hülle aus starkem Glase, welche die eigentliche Lampenglocke selbst und die Fassung gegen Regen und Schnee schützt. Glühlampen, welche der mechanischen Zertrümmerung ausgesetzt sind, insbesondere transportable Lampen, erhalten zum Schutz leichte Drahtkörbe.

74.  
Vergleich  
zwischen Bogen-  
licht und  
Glühlicht.

Aus der Tabelle auf S. 63 geht hervor, dass bei Anwendung des Bogenlichtes mittels einer Pferdestärke eine Lichtmenge von 800 bis über 1500 Normkerzen erzeugt werden kann, während nach Art. 70 (S. 64) bei Anwendung des Glühlichtes nur etwa 180 Normkerzen erhalten werden. Danach ist das Bogenlicht da, wo es verwendbar ist, offenbar die billigere Art der Beleuchtung. Auch der Verbrauch der Kohlenstäbe beim Bogenlicht ändert hieran nur wenig. Man darf aber nicht übersehen, dass beim Bogenlicht eine Menge von bisher mindestens einigen hundert Kerzen von einem leuchtenden Punkte ausgeht, und dass diese Lichtmenge nicht annähernd denselben wirtschaftlichen Werth hat, als dieselbe Lichtmenge, vertheilbar in kleinen Leuchtkörpern zu 10 bis 20 Kerzen. So lange nicht Bogenlichter von erheblich geringerer Lichtstärke verwendbar werden, wird die Beleuchtung nicht sehr grosser Räume durch Glühlicht zu erfolgen haben. Die Erfahrung hat aber gezeigt und wird dies auch ferner zeigen, dass das Bogenlicht in um so grösserer Ausdehnung an Stelle des Glühlichtes tritt, je mehr es gelingt, Bogenlichter von geringerer Lichtstärke praktisch brauchbar zu machen.

Da ferner der Nutzeffect der Glühlampen von mehr als 16 Kerzen Helligkeit bei 100 Volt nicht sehr erheblich besser ist, als der der 16-kerzigen Lampe, so haben die grösseren Lampen (25, 50 und 100 Kerzen) bisher eine wesentliche Bedeutung für den gewöhnlichen Beleuchtungsbetrieb kaum erhalten. Braucht man grössere Lichtquellen, so ist es meist auch zulässig, auf einige hundert Kerzen zu gehen, und dann tritt die Bogenlampe unbedingt ein.

Einen grossen Vorzug besitzt das Glühlicht vor dem Bogenlicht darin, dass ersteres gar keiner Bedienung bedarf, als der Auswechselfung durchgebrannter Lampen, während die Bogenlampen mindestens alle 18 Brennstunden neuer Kohlenstäbe und ausserdem häufiger Reinigung der Kuppel und einzelner Theile des Lampenriebwerkes bedürfen. Der Umstand, dass Glühlampen vom Augenblicke des Stromschlusses an gleichmässig brennen, während Bogenlichter häufig in den ersten Minuten unruhig brennen, spielt keine wesentliche Rolle, weil Bogenlampen wohl immer nur für längere Zeit in Betrieb gesetzt werden.

#### e) Verbindungen, Schaltungen und Leitungen.

75.  
Verbindung  
der Leucht-  
körper mit den  
Zuleitungen  
des Stromes.

An jeder Bogenlampe befinden sich zwei Vorrichtungen zum Anklemmen der beiden Zuleitungsdrähte, welche derartig angesetzt werden, dass beim Gleichstrombetriebe der Strom von der oberen durch den Lichtbogen zur unteren Kohle fliesst. Die Zuleitung vom letzten Befestigungspunkte der Leitung zur Lampe geschieht durch möglichst biegsame Kupferschnüre oder Kabel, welche gut isolirt sein müssen. Die Schnüre sind so lang zu wählen, dass sie in keiner Stellung der Lampe beim



Auf- und Abziehen derselben gespannt sind. Auf ihre ganze Länge sollen sie frei hängen, so daß ein Durchscheuern der Isolationschicht an keiner Stelle, besonders nicht an der Lampe selbst, vorkommen kann.

Der Anschluß der Glühlampen an die Zuleitung geschieht mittels sog. Lampenfüße — Sockel, Fassungen, deren es eine große Zahl verschiedener Constructionen im Handel giebt. Am häufigsten werden wohl die *Edison*-Fassungen (die zugehörigen Lampen haben als Contacte Gewinde und Knopf), die *Swan*-Fassungen (die Lampen haben zwei Metallplättchen, mit der unteren Fläche bündig, als Contacte) und die *Siemens*-Fassungen (Lampen mit zwei fettlichen Lappen aus Messingblech) im Betriebe zu finden sein. Die Lampen selbst werden mit einem einfachen Handgriff in die Fassungen eingeschraubt oder eingesteckt und dadurch die Contacte der Lampe, welche den Strom dem Kohlenbügel zuführen, an Contacte im Sockel, welche mit der Zuleitung in Verbindung stehen, in feste Berührung gebracht. Die Contacte der Fassungen sind mit den Zuleitungsdrähten dauernd verbunden und die Fassungen selbst gewöhnlich an einem Gasrohr verschraubt, in dessen Innerem die Leitungsdrähte gut isolirt von der Wand zur Lampe führen.

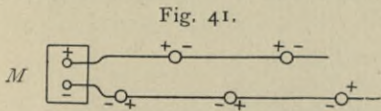
In so fern eine Glühlampe nicht stets brennen soll, sobald die Leitung Strom erhält, giebt man ihr eine sog. Hahnfassung, d. h. eine Fassung, an welcher seitlich ein kleiner Knebel, ähnlich dem Griff eines Gashahns, befestigt ist, durch dessen Drehung um 90 Grad die eine metallische Verbindung der Zuleitung mit dem Endcontacte der Fassung, daher auch mit dem Kohlenbügel der Lampe geschlossen und geöffnet werden kann. Bei Verwendung von Hahnfassungen achte man darauf, daß der drehbare Knebel mit einer federnden Einrichtung versehen ist, welche beim Drehen des Knebels denselben in die zwei Stellungen einschnappen läßt.

Die Reihenschaltung, Serienschaltung oder Hintereinanderschaltung kommt fast nur bei Bogenlichtern zur Anwendung<sup>61)</sup>. Es seien z. B. 30 Bogenlichter von gleicher Stromstärke, z. B. 8 *Ampère*, zu betreiben. Wir führen von der positiven Klemme der Dynamo-Maschine *M* (Fig. 41) die Leitung zur Klemme (positiven Klemme) der Lampe 1, welche mit der oberen Kohle in Verbindung steht. Von der negativen Klemme der Lampe 1 läuft die Leitung weiter zur positiven Klemme der Lampe 2 und so fort und schließlich von der negativen Klemme der letzten Lampe zur negativen Klemme der Maschine. Derselbe Strom von 8 *Ampère* durchfließt danach hinter einander die stromerzeugende Maschine und sämtliche Lampen.

Jede Lampe möge 45 *Volt* Spannung verbrauchen, und 10 Procent der gesammten elektrischen Arbeit mögen in der Leitung verbraucht werden, so daß auf jede Lampe nebst ihrer Zuleitung im Mittel 50 *Volt* entfallen. Die Maschine muß daher  $30 \times 50 = 1500$  *Volt* an ihren Klemmen liefern. Beiläufig verbraucht sie an mechanischer Arbeit bei 90 Procent Wirkungsgrad und 8 *Ampère*  $\frac{1500 \times 8}{0,9 \times 736} = 18$  bis 19 Pferdestärken am treibenden Riemen.

Bei derartig großer Lampenzahl wird man jedoch, um die hohe Spannung von 1500 *Volt* zu vermeiden, unter Umständen besser thun, nur je 10 Lampen hinter einander und die so entstehenden 3 Kreise parallel zu schalten. Die drei Strom-

76.  
Reihenschaltung  
der  
Leuchtkörper.



77.  
Gemischte  
Reihen-  
schaltung.

<sup>61)</sup> Neuerdings wird Seitens einiger Fabriken auf Reihenschaltung von Glühlampen von niedriger Spannung (10 bis 20 *Volt*) hingearbeitet.

kreife wird man von derselben Dynamo-Maschine aus speisen, falls sie im Allgemeinen gleichzeitig brennen sollen. Die Maschine hat jetzt 500 Volt an ihren Klemmen und im Ganzen 24 Ampère zu erzeugen.

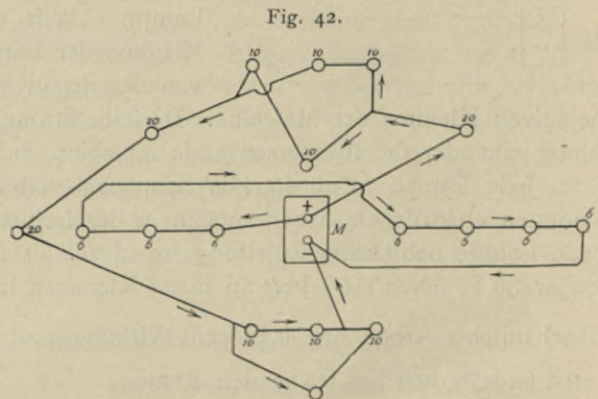
In diesem Falle der gemischten Schaltung können auch die verschiedenen Stromkreife mit verschiedenen starken Strömen betrieben werden. Es seien z. B. 24 Lampen zu 3 Ampère, 16 Lampen zu 8 Ampère und 8 Lampen zu 20 Ampère gefordert. Man kann in diesem Falle 6 Stromkreife zu je 8 hinter einander geschalteten gleichartigen Lampen von der Maschine abzweigen. Durch die Lampen zu 20 Ampère, welche die größte Spannung erfordern, ist die Maschinenspannung gegeben. Die 8 Lampen zu 20 Ampère mögen, einschl. 10 Procent Spannungsverlust in der Leitung, 440 Volt verbrauchen. 440 Volt muß also die Maschine an ihren Klemmen liefern. In den 2 Kreisen zu je 8 Lampen und 8 Ampère verbrauchen aber die Lampen nur  $8 \times 45 = 360$  Volt. Es müssen also hier 80 oder für jede Lampe im Mittel 10 Volt in der Leitung verbraucht werden. Die 3 Stromkreife zu je 8 Lampen und 3 Ampère haben einen Spannungsverbrauch in den Lampen selbst von nur etwa 340 Volt; es muß daher hier ein Spannungsverlust von 100 Volt oder 12 Volt im Mittel für jede Lampe in die Leitung verlegt werden. Unter dieser Voraussetzung werden alle 48 Lampen richtig brennen, und die gesammte Stromstärke wird  $20 + 2 \times 8 + 3 \times 3 = 45$  Ampère betragen, die Maschine daher etwa  $\frac{440 \times 45}{0,9 \times 736} = 30$  Pferde-

stärken am Riemen verbrauchen. Es sind allerdings hier einfache Bedarfsverhältnisse vorausgesetzt, und es ist klar, daß bei weniger einfachen Zahlenverhältnissen in der gesammten Lampenzahl und den einzelnen Lampenforten auch diese Art der Schaltung nicht immer zum Ziele führt. Es hätten jedoch z. B. oben in jedem oder im einen oder anderen der 3 Kreise zu 3 Ampère offenbar auch 9 Lampen brennen können; aber der Spannungsverlust in der Leitung des betreffenden Kreises hätte dann nur 50 Volt betragen dürfen.

In Fig. 42 ist ferner z. B. eine Schaltung angegeben, in welcher 3 Lampen zu 20 Ampère, 8 Lampen zu 10 Ampère und 7 Lampen zu 6 Ampère mit gegen 400 Volt und 26 Ampère in einem einfachen und einem theilweise verzweigten Stromkreife von einer Maschine brennen. Diese beiden Stromkreife sind von einander unabhängig; aber die Lampen zu 10 und 20 Ampère müssen stets alle gleichzeitig brennen.

In den meisten Fällen, in denen eine große Zahl von Bogenlampen verlangt wird (Fabriken, Bahnhöfe, Hallen etc.), wird sich mit einiger Anpassung des Bedürfnisses an eine günstige Zusammenstellung der Stromkreife

eine entsprechende Schaltung finden lassen, und man fährt mit den Ausgaben für die eigentliche Leitung im Allgemeinen um so billiger, mit je höherer Spannung, also, bei gleicher Gesamtleistung, mit je geringeren Gesamtstromstärken man



Gemischte Reihenschaltung.

arbeiten kann. Der Arbeitsverlust in einer Leitung vom Widerstande  $w$  beträgt ja  $i^2 w$ . Soll dieser Betrag einen gewissen Procentsatz der gesammten verbrauchten Arbeit nicht überschreiten, so wird man Leitungen von um so größerem Widerstande, d. h. von um so weniger Kupferquerschnitt wählen dürfen, je geringer die Stromstärke  $i$  ist.

Mit der Spannung über 1000 Volt hinauszugehen, ist, wenn möglich, zu vermeiden. Die Isolations-Schwierigkeiten wachsen mit zunehmender Spannung bedeutend, und die Spannungen werden für die Bedienung gefährlich. Am besten hält man sich in den Grenzen bis zu etwa 600 Volt.

Jede Lampe eines Serienkreises muß mit einer Vorrichtung versehen sein, welche an Stelle der brennenden Lampe entweder einen derselben gleichen Widerstand selbstthätig in den Stromkreis einschaltet oder Kurzschluss in der Lampe herstellt, sobald durch einen Zufall oder in Folge Abbrennens der Kohlen die Lampe stromlos werden sollte. Anderenfalls würden alle übrigen Lampen desselben Stromkreises mit erlöfchen. Falls die erlöfchende Lampe kurz geschlossen wird, muß die betreffende Dynamo-Maschine ihre Spannung nach der Zahl der brennenden Lampen reguliren.

Serien-Maschinen (siehe Art. 60, S. 57) können auch hier nur verwendet werden, wenn die Maschine stets den gleichen Strom zu liefern hat, also stets alle an die Maschine angeschlossenen Stromkreise gleichzeitig im Betriebe sind. Ist dies nicht der Fall, so wird man am zweckmäsigsten Gleichspannungs-Maschinen oder Nebenschluss-Maschinen verwenden, deren Spannung von der Stromstärke in den vorkommenden Grenzen unabhängig sein oder gehalten werden muß.

Sobald es sich um Verwendung von Glühlampen handelt, kommt bisher Parallelschaltung der Leuchtkörper bei niedriger Spannung fast allein in Frage. Es möge eine Anlage kurz besprochen werden, wie sie in Fig. 43 schematisch dargestellt ist.

Eine Anlage von 100 Ampère speist bei 100 Volt Verbrauchsspannung je 2 Bogenlampen zu 3, 6, 9 und 15 Ampère und außerdem 120 Glühlampen zu 0,5 Ampère bei 16 Normkerzen. Die Glühlampen sollen theils einzeln, theils gruppenweise, die Bogenlampen paarweise beliebig ein- und ausgeschaltet werden können. Von den beiden Klemmen der Dynamo-Maschine führt eine Doppelleitung an alle diejenigen Punkte, an welchen Licht gebraucht wird. Der Uebersichtlichkeit halber ist die mit der positiven Maschinenklemme verbundene Leitung und ihre Verzweigungen durch eine gerade gezogene Linie, die andere, negative Leitung durch eine gewellt gezogene Linie dargestellt. Zwischen diesen Leitungen sind sämmtliche Leuchtkörper eingeschaltet. Da die brennende Glühlampe nahe 200 Ohm Widerstand hat, so erhält jede derselben 0,5 Ampère Stromstärke, vorausgesetzt, daß an allen Punkten der Leitung eine Spannungsdifferenz zwischen der positiven und der negativen Leitung von nahe 100 Volt vorhanden ist.

Die Bogenlampen sind paarweise hinter einander geschaltet, und in jede Bogenlichtleitung ist ein Ausgleichwiderstand  $w$  aus Eisendraht- oder Neufilberdraht-Spiralen eingeschaltet. Derselbe ist so bemessen, daß darin die Differenz der doppelten Verbrauchsspannung einer Bogenlampe gegen 100 Volt verbraucht wird. Brennen z. B. 2 Lampen zu 9 Ampère und etwa je 45 Volt hinter einander, so müssen bei 9 Ampère 10 Volt im Ausgleichwiderstande verbraucht werden, derselbe also (siehe Art. 56, S. 55) 1,11 Ohm Widerstand haben.

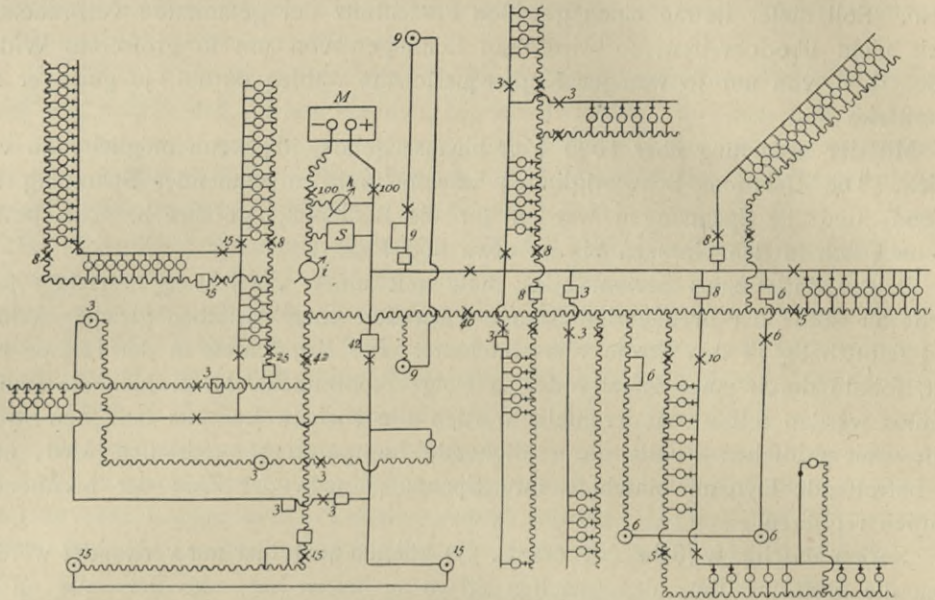
Es ist klar, daß bei dieser Schaltung alle Glühlampen und alle Bogenlichtpaare unabhängig von einander brennen oder ausgeschaltet werden können, vorausgesetzt, daß unabhängig vom Verbrauch überall die Spannungsdifferenz der positiven und der negativen Leitung 100 Volt beträgt.

Eine derartig gleichmäßige Spannung ist nun praktisch auch bei Anlagen mit örtlich einander sehr nahe liegenden Verbrauchsstellen nur unter Aufwand verhältnismäßig sehr bedeutender Kosten für die Leitungen und auch dann nur annähernd zu erreichen, da der Strom beim Durchfließen der Leitung stets einen Spannungsverlust erleidet (vergl. Art. 56, S. 55). Würde z. B. an einer in mittlerer Entfernung

78.  
Parallel-  
schaltung;  
Zweileiter-  
System.

79.  
Spannungs-  
verlust in der  
Leitung und  
Querschnitte  
der Leitung.

Fig. 43.



## Parallelschaltung.

100 Volt, 100 Ampère; 120 Glühlampen zu 16 Kerzen und 4 Paar Bogenlampen zu 3, 6, 9 und 15 Ampère.

## Zeichen:

	Spannungsmesser.	<i>M.</i>	Maschine.		Glühlampe ohne Hahn.
	Strommesser.		Bleisicherungen.		Glühlampe mit Hahn.
	Spannungswecker.		positive Leitung.		Bogenlampe.
	Auswähler.		negative Leitung.		Zufatzwiderstand dazu.

Die Ziffern bedeuten Stromstärken in Ampère.

von der Maschine gelegenen Lampe die Spannung 100 Volt betragen, so müßte dieselbe an allen zwischen dieser und der Maschine gelegenen Lampen mehr als 100, bei allen weiter von der Maschine entfernt gelegenen Lampen weniger als 100 Volt betragen.

Diese Abnahme der Spannung gegen das Ende der Leitung läßt sich nicht umgehen, sondern nur auf ein zulässiges Maß dadurch herabdrücken, daß man den gefamten Spannungsverlust durch Anwendung genügend starker Leitungen überhaupt gering macht.

Der Spannungsverlust  $dk$  ist nach Art. 56 (S. 55) gleich dem Product  $iw$ , d. h. gleich Stromstärke mal Widerstand der Zuleitung. Brennt z. B. in 50 m Abstand von der Maschine eine Gruppe von 40 Glühlampen zu 100 Volt mit 20 Ampère Stromverbrauch und will man 2 Procent, d. h. 2 Volt Spannungsverlust in der Hin- und Rückleitung im Ganzen zulassen, so muß der Widerstand der ganzen Leitung  $w = \frac{dk}{i} = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ Ohm}$  sein. Da Kupfer einen spezifischen Widerstand von 0,02 besitzt, so ergibt sich der erforderliche Leitungsquerschnitt zu  $q = 0,02 \frac{100}{0,1} = 20 \text{ qmm}$  oder ein Durchmesser der Leitung von 5 mm. Damit diese 40 Lampen 100 Volt

Spannung erhalten, müßte die Maschine demnach 102 Volt liefern. Brennen jedoch von den 40 Lampen nur 10, werden also nur 5 Ampère verbraucht, so sinkt der Spannungsverlust in der Leitung auf 0,5 Volt, und die Lampen erhalten jetzt von den 102 Volt der Maschine 101,5 Volt, brennen also mit zu großer Spannung. Die Maschine sollte jetzt nur 100,5 Volt liefern, wenn die Lampen richtig brennen sollen.

Bei einem mehrfach verzweigten Leitungsnetz bleibt die Berechnung der Leitungsquerschnitte nicht einfach genug, um hier besprochen werden zu können. Eine Vorstellung von der Entstehung des Leitungsnetzes erhält man jedoch auf folgendem Wege. Nachdem der Ort für Maschine und Lampen fest steht, sei das Leitungsnetz seiner Form nach mit allen Abzweigungen im Plane fertig und die Abstände der Lampen von der Maschine, entlang ihren Anfangs gemeinsamen, zuletzt getrennten Leitungen, gemessen. Bei der Festlegung des Leitungsplanes verfährt man so, daß man einander nahe liegende größere Lampengruppen thunlichst zusammenfaßt und durch besondere Hauptleitungen zur Maschine führt. Lampen, welche nahe der Maschine liegen, sollen nicht mit weit abgelegenen Lampen in dieselbe Hauptleitung zusammengefaßt werden. Bogenlampen sollen nicht von Leitungen abgezweigt werden, welche außerdem nur wenige Glühlampen enthalten. Ferner sei der größte Spannungsverlust fest gesetzt, etwa zu 2 Volt. Man denke sich nun für die Leitung zu jeder Lampe einzeln den Drahtquerschnitt berechnet, welcher erforderlich sein würde, damit die Lampenleitung den fest gesetzten Spannungsverlust hervorbringt, wenn sie dem durch den Leitungsplan gegebenen Wege entlang läuft. Wenn man die so berechneten Leitungen sämtlich von einander isolirt verlegen würde, so würde stets jede Lampe, mögen wenige oder alle Lampen brennen, 100 Volt erhalten, wenn an der Maschine 102 Volt vorhanden sind. Der Kostenersparnis und der Einfachheit des Netzes halber ist man aber gezwungen, die verschiedenen einzelnen Leitungen, welche demselben Wege folgen und zu einander nahe gelegenen Lampengruppen führen, zu stärkeren gemeinsamen Leitungen zusammenzufassen. Bei vollem Betriebe bleibt jetzt für die entferntesten Lampen der Spannungsverlust 2 Volt, für die näher der Maschine gelegenen Lampen wird er jedoch kleiner, und bei theilweisem Betriebe nimmt er für alle brennenden Lampen um so mehr ab, je kleiner überhaupt die Zahl der brennenden Lampen ist.

Am geeignetsten für eine solche Anlage würde daher eine Dynamo-Maschine mit gemischter Schaltung (vergl. Art. 60, S. 58) sein, deren Spannung von 100 bis 102 Volt steigt, wenn die abgegebene Stromstärke von Null bis zum vollen Betrage wächst. Man darf dabei aber nicht vergessen, daß bei gleich bleibender Umdrehungszahl des Motors in Folge vermehrten Gleitens der Riemen bei wachsender Belastung der Dynamo-Maschine die Umdrehungszahl der letzteren abnimmt. In Folge dessen wird man den angedeuteten Spannungsverlauf nie genau erreichen; aber je mehr man ihn anstrebt, desto besser arbeitet die Beleuchtungs-Anlage.

Man sieht übrigens aus dem Vorstehenden, daß die Praxis weniger solcher Gleichspannungs-Maschinen bedarf, deren Spannung von der Stromstärke ganz unabhängig ist, sondern, mit Rücksicht auf Spannungsverlust in den Leitungen und Riemengleiten, solcher Maschinen, deren Spannung mit zunehmender Belastung je nach Bedarf mehr oder weniger wächst.

## f) Hilfs-Apparate.

80.  
Mefs-  
instrumente,  
Regulir-  
u. Controle-  
Apparate.

In jeder noch so kleinen Anlage für Beleuchtung sollte stets mindestens je ein Mefsinstrument für die Klemmenspannung und die Stromstärke vorhanden sein. In Fig. 43 bedeutet *i* den Strommesser, *k* den Spannungsmesser. Ganz besonders der Spannungsmesser soll von einer zuverlässigen Fabrik bezogen werden, da von der Richtigkeit seiner Angaben die Lebensdauer und die Helligkeit der Glühlampen hauptsächlich abhängt. Der Spannungsmesser darf sich unter keinen Umständen bei dauerndem Betriebe wesentlich erwärmen. Beide Instrumente sollen leicht spielen, und ihre Einstellungen sollen unter mäfsiger Dämpfung erfolgen. Nach den Angaben des Spannungsmessers wird die Spannung der Dynamo-Maschine erforderlichenfalls regulirt, und zwar meist durch einen in die Schenkelbewicklung eingeschalteten Widerstandsatz, dessen einzelne Widerstände von Hand nach Bedarf leicht ein- und ausgeschaltet werden können. Ein solcher Regulir-Apparat für die Klemmenspannung ist stets erforderlich, da bei gleicher Belastung und Umdrehungszahl jede Maschine, so lange sie zu Anfang des Betriebes kalt ist, eine höhere Spannung liefert, als wenn sie sich nach längerem Betriebe warm gelaufen hat.

Sehr bequem für Ueberwachung der richtigen Spannung sind die sog. Spannungswecker (*s* in Fig. 43), Apparate, welche bei zu hoher und bei zu niedriger Spannung je eine Glocke zum Tönen bringen. Dieselben brauchen nicht im Maschinenraume selbst angebracht zu sein; sondern hängen am besten an irgend einem Orte, wo sie am leichtesten vernommen werden. Den Spannungsmesser kann jedoch der Spannungswecker nicht ersetzen. Erstens zeigt der Spannungswecker nur eine obere und untere Grenze der Spannung an, während es erforderlich ist, die Spannung jeden Augenblick ablesen zu können, und ferner sind die Angaben des Spannungsmessers im Allgemeinen auf die Dauer der Zeit zuverlässiger; seine Angaben können als Anhalt für die richtige Nachregulirung des Spannungsweckers, welche unter Umständen von Zeit zu Zeit zu geschehen hat, nicht entbehrt werden.

81.  
Blei-  
sicherungen.

Sobald durch irgend eine Störung ein Theil der positiven Leitung mit einem Theile der negativen Leitung direct oder durch einen Leiter von kleinem Widerstande in Berührung kommt, wächst auf dem ganzen Leitungswege von der Maschine bis zur Berührungsstelle die Stromstärke um so mehr, je kleiner der Widerstand an der Berührungsstelle ist. Kommen die beiden Leitungen in metallische Berührung, so treten in Folge des starken Stromes sofort heftige Feuererscheinungen auf; die Leitungen brennen unter Umständen sofort durch, schmelzen auch wohl fest zusammen und werden auf lange Strecken glühend — kurz, es liegt Feuersgefahr für das betreffende Gebäude sowohl, als die Gefahr der Zerstörung der Leitungen und der Dynamo-Maschine vor. Bei einer sorgfältig verlegten Leitung können allerdings solche sog. Kurzschlüsse in der Leitung selbst kaum vorkommen, in so fern nicht die Isolationschicht der Leitung mechanisch verletzt wird. Schon eher können Kurzschlüsse in Bogenlampen oder in den Fassungen der Glühlampen entstehen. Auch alle beweglichen Leitungen erfordern ganz besonders sorgfältige Isolation, damit dieselbe nicht irgend wo durchgescheuert werde, sei es an den Einführungsstellen in die Leuchtkörper, besonders an den etwa scharfen Kanten abgechnittener Röhren, innerhalb deren die Leitungen verlaufen, sei es an harten Kanten fremder Gegenstände oder durch wiederholtes Biegen und Knicken der häufig in einem Strange isolirt geführten beweglichen Doppelleitungen.

Um die gefährlichen Folgen etwaiger Kurzschlüsse zu vermeiden, bringt man in den Leitungen fog. Bleisicherungen an. Die Bleisicherungen bestehen aus Bleidrähten oder Bleistreifen, welche mittels anschraubbarer Füße oder Fassungen in die Leitungen eingefchaltet werden. In Fig. 43 find unmittelbar an der Maschine die ersten Bleisicherungen angebracht. Die neben den Sicherungen befindlichen Zahlen bedeuten die Stromstärke, für welche sie construirt sind. Alle Bleisicherungen sollen bei höchstens dem doppelten desjenigen Stromes, für welchen sie bestimmt sind, in Folge der erzeugten Stromwärme durchschmelzen. Bei den der Maschine nahe gelegenen Hauptbleisicherungen ist jedoch, um die Maschine selbst gegen zu starken Strom zu sichern, eine weit niedriger gelegene Grenze für das Durchschmelzen der Sicherungen wünschenswerth. Im weiteren Verlaufe der Leitung sind thunlichst bei jeder erheblichen Verringerung der Leitungsquerschnitte Bleisicherungen in beide Leitungen — fog. doppelpolige Bleisicherungen — einzusetzen. Bleisicherungen, welche bei weniger als 3 *Ampère* durchschmelzen, dürften kaum im Handel sein, sind auch nicht erforderlich, da keine Leitung, auch für eine einzelne Glühlampe, so schwach gewählt werden darf, daß sie bei 6 *Ampère* in Gefahr kommt. Es wird auch nicht immer möglich sein, jede Leitung durch die ihrer größten Stromstärke genau entsprechende Bleisicherung zu decken. Dies ist nach dem Vorstehenden ebenfalls nicht erforderlich; man nehme in diesem Falle die zunächst liegende stärkere Bleisicherung.

Alle Bleisicherungen sollen so eingerichtet sein, daß das etwa schmelzende, bei plötzlichem starken Anwachsen des Stromes häufig auch glühende und explosionsartig zerfpritzende Blei keinen Schaden anrichten kann. Die Bleisicherung soll also auf Schiefer, Glas, Porzellan, Steingut, aber nicht auf Holz montirt sein. Ferner soll jede Bleisicherung leicht und rasch durch eine neue gleiche ersetzt werden können. Damit keine falschen Bleistreifen in die zugehörigen Fassungen eingefetzt werden, soll der feste sowohl, wie der einzusetzende Theil jeder Bleisicherung mit der deutlichen Angabe der Stromstärke oder mit gleichen Ordnungszahlen versehen, und endlich soll die Bleisicherung mit einem leicht abnehmbaren Deckel aus feuersicherem Material verschlossen sein.

Sollen der Kostenersparnis halber theilweise die Bleisicherungen nur in eine Leitung eingefetzt werden, so sind diese einpoligen Sicherungen jedenfalls entweder alle in die positive oder alle in die negative Leitung einzusetzen. Der doppelpoligen Sicherung gebührt stets der Vorzug.

Abgesehen von den mit Hahn versehenen Fassungen der Glühlampen, welche die Auschalter für die einzelne Lampe bilden, sind eine Anzahl Auschalter, d. h. Vorrichtungen, welche den Zufluß von Elektrizität zu den, von der Maschine ab gerechnet, hinter ihnen gelegenen Leitungen abzusperren geeignet sind, in jeder Beleuchtungs-Anlage erforderlich. Man verwendet auch hier doppelpolige oder einpolige Auschalter, d. h. solche, welche die positive und negative Leitung, oder welche nur die eine Leitung unterbrechen. Die Formen der Auschalter sind sehr verschieden; alle aber haben das Merkmal gemein, daß ein Theil der metallischen Leitung beweglich gemacht und so angeordnet wird, daß er mit einem einfachen Handgriff in zwei verschiedene Stellungen gebracht werden kann. In der einen Stellung des Auschalters sind die beiden Enden der fortlaufenden Leitung von einander isolirt, daher der Stromlauf unterbrochen; in der anderen Stellung vermittelt der bewegliche Theil die Verbindung beider Leiterenden durch fest auf einander schleifende

metallische Flächen. Ausfchalter, deren fchleifende Flächen federnd in einander greifen, find denjenigen mit einfeitig fchleifenden Flächen um fo mehr überlegen, für je stärkere Ströme der Ausfchalter paffirbar fein foll. Bei gröfseren Contactflächen pflegt man, da die genau ebene Bearbeitung derfelben fchwierig ift, die federnden Theile in mehrere fchmale Lappen zu zerlegen. Die Ausfchalter follen beim Schließen möglichft rafch gröfsere Flächen in Berührung bringen und beim Öffnen diefe Berührung plötzlich wieder aufheben.

Die Ausfchalter dienen erfrens der Bequemlichkeit. Sie vermitteln z. B. die Stromzufuhr zu Glühlampen oder Gruppen derfelben, welche zu hoch hängen, um Hahnfaffungen derfelben bequem handhaben zu können. Jede einzelne Leitung zu Bogenlichtern erhält im Allgemeinen ihren befonderen Ausfchalter. Ausfchalter, die in Vorzimmern oder auf dem Flur neben den Zimmerthüren angebracht find, gefatten, die anftofsenden Zimmer vor dem Betreten derfelben zu erleuchten, fo dafs man den Ausfchalter nicht erft im dunkeln Zimmer zu fuchen braucht.

Zweitens können die Ausfchalter unter Umständen bei Betriebsförungen in den Leitungen fehr wichtig werden, wenn einzelne kleinere oder gröfsere Theile einer Anlage etwa wegen eines Ifolationsfehlers zeitweife bis zur Reparatur derfelben von der Stromquelle ganz abgetrennt werden müffen. Sie dienen dann der Sicherheit des Betriebes. Man fpare daher mit der Verwendung der Ausfchalter nicht. Vor allen Dingen an der Mafchine felbft und auferdem bei Abzweigungen gröfserer und wichtiger Leitungen verwende man thunlichft zweipolige Ausfchalter. Bei jedem Ausfchalter, und befonders bei den gröfseren, bemerke man auferdem, welche Leitungen er bedient, fobald fein Gebiet nicht aus feiner Lage unzweifelhaft hervorgeht.

In allen Fällen, in denen nicht alle Verbrauchskörper gleichzeitig mit Strom verfehen werden, fondern verfchiedene Gruppen von Verbrauchskörpern mit nahezu gleichem Stromverbrauch wechfelweife follen eingefchaltet werden können, genügt es, für die auswechfelbaren Gruppen nur eine Zu- und Ableitung zu legen und die Verbindung ihrer Enden mit den Anfängen der verfchiedenen Leitungen der vertaufchbaren Gruppen durch fog. Umschalter zu ermöglichen. Die Umschalter unterfcheiden fich von den Ausfchaltern nur dadurch, dafs die beweglichen Theile der erfteren mit der gemeinfamen Zu- und Ableitung ftets in Verbindung find, in ihren verfchiedenen Stellungen aber ftets nur einer der vertaufchbaren Gruppen von Verbrauchskörpern Strom zuführen.

#### g) Stromvertheilung von Centralftationen.

83.  
Speifung der  
Beleuchtungs-  
Anlagen von  
Centralftationen  
aus.

Wird einem Gebäude die Elektrizität von einer Centralftation aus zugeführt, fo werden mit dem Wegfall der Mafchinenanlage auch die Mefsinstrumente für Stromstärke und Spannung, fo wie der Spannungswecker überflüffig. Gleichmäfsige und richtige Spannung am Punkte der Abzweigung der Hausleitung vom Hauptkabel zu liefern, ift dann Sache der Centralftation.

Allerdings ift es nicht ausgefchloffen, dafs der Confument des Stromes in feinem Haufe einen befonderen Spannungszeiger einfchalten läßt, um die Spannung der gelieferten Elektrizität bei auffällig hellem oder dunklem Brennen der Lampen controliren zu können. Im Uebrigen wird für die Anlage der Leitung im Haufe ein Unterfchied durch den käuflichen Bezug der Elektrizität gegenüber der Erzeugung derfelben an Ort und Stelle nicht bedingt.



Der Elektricitäts-Verbrauch wird in diesem Falle durch fog. Elektricitätszähler gemessen, welche nach dem Eintritt der unverzweigten Leitung in das Gebäude in dieselbe eingeschaltet sind. Am meisten im Gebrauch sind zur Zeit die Elektricitätszähler von *Aron*.

Zwischen zwei Uhrwerken ist ein Zählwerk eingeschaltet, welches den Gangunterschied beider Uhrwerke mißt. Am Pendel des einen Uhrwerkes ist unten ein Magnet angebracht, welcher über einer in die Leitung eingeschalteten Spule schwingt. Ist die Leitung stromlos, so gehen beide Uhrwerke gleich, und das Zählwerk bleibt in Ruhe. Durchfließt ein Strom die Leitung, so wird der Gang des Pendels, welches am unteren Ende den Magnet trägt, proportional der Stromstärke beschleunigt, weil auf dieses Pendel außer der Erdschwere die auf den Magnet ausgeübte Anziehung der stromdurchflossenen Spule wirkt.

Der Elektricitäts-Verbrauch wird, den Angaben des Zählwerkes entsprechend, in *Ampère*-Stunden gemessen und vom Consumenten bezahlt. Die Genauigkeit der Angaben dieser Elektricitätszähler kommt etwa derjenigen der Gasmeßer gleich.

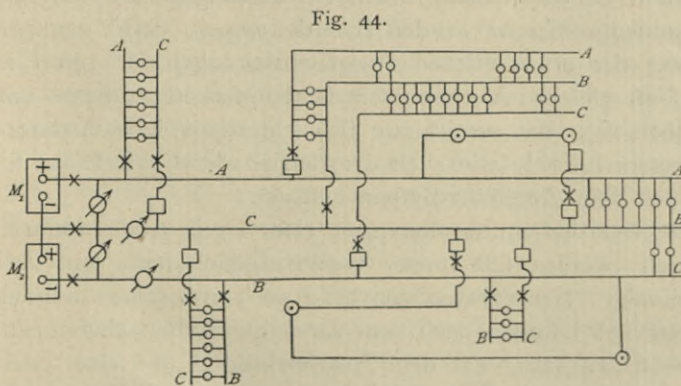
Der Consument ist bis zu einem gewissen Grade im Stande, die Richtigkeit der Angaben der Elektricitätszähler zu controliren. Das Zählwerk derselben muß stets still stehen, so lange kein Strom im Hause verbraucht wird, und sein Gang muß dem etwa nach Lampenbrennstunden der Glühlampen eine Zeit lang genau gebuchten Verbrauch innerhalb der vereinbarten Fehlergrenzen entsprechen.

Die gleiche Menge elektrischer Arbeit, dargestellt unabhängig von den Einzelgrößen durch das Product »Spannung mal Stromstärke«, kann offenbar bei hoher und bei niedriger Spannung erzeugt und verbraucht werden. Die Verbrauchsspannung von 100 *Volt* bei Beleuchtung in Parallelschaltung, welche bisher noch nicht wesentlich überschritten werden kann (vergl. Art. 70, S. 64), bedingt nun bei großem Verbrauch in einem Abstände von mehr als 900 bis 1000<sup>m</sup> vom Erzeugungsorte einen Querschnitt der Leitungen, welcher der hohen Leitungskosten halber nicht mehr wirthschaftlich genannt werden kann. Das Streben, mit höherer Spannung und geringeren Querschnitten zu arbeiten, hat schon ziemlich früh zur Anwendung von 200 *Volt* im Dreileiter-System geführt.

In Fig. 44 ist die Anordnung der Leitungen im Dreileiter-System schematisch dargestellt. Zwei gleiche Nebenschlußmaschinen  $M_1$  und  $M_2$  arbeiten, hinter einander

geschaltet, mit je 100 *Volt*, vermehrt um den Spannungsverlust in der Leitung, so daß an den fog. Hauptleitungen *A* und *B* im Beleuchtungsgebiete überall eine Spannungsdifferenz von nahe 200 *Volt* Verbrauchsspannung vorhanden ist. Zwischen den Hauptleitungen und der fog. Ausgleichsleitung *C* brennen beiderseits in Parallelschaltung Glühlampen von 100 *Volt*.

84.  
Dreileiter-  
System.



Schaltung im Dreileiter-System.

(Zeichenerklärung, wie in Fig. 43, S. 70.)

Der Ausgleichsdraht führt zwischen beiden Maschinen  $M_1$  und  $M_2$  zur Stromquelle. Zwischen jeder Hauptleitung und dem Ausgleichsdraht können natürlich auch Bogenlichtpaare in Hintereinanderschaltung brennen. Nur muß die ganze Vertheilung der

Verbrauchskörper so angeordnet sein, daß auf beiden Seiten des Ausgleichsdrahtes der Stromverbrauch annähernd der gleiche ist.

So lange der Stromverbrauch beiderseits genau gleich ist, fließt durch den Ausgleichsdraht  $C$  überhaupt kein Strom. Ueberwiegt aber z. B. der Stromverbrauch zwischen  $A$  und  $C$ , so fließt durch  $C$  Strom zu den Maschinen zurück und die Maschine  $M_1$  liefert mehr Strom, als  $M_2$ ; bleibt der Verbrauch in  $AC$  hinter dem Verbrauch in  $CB$  zurück, so fließt durch  $C$  Strom dem Verbrauchsgebiete zu, und  $M_1$  liefert weniger Strom, als  $M_2$ . Ist der Stromverbrauch auf beiden Seiten von  $C$  an verschiedenen Orten verschieden vertheilt, so daß an einigen Orten des Beleuchtungsgebietes mehr Verbrauch zwischen  $A$  und  $C$ , an anderen Orten zwischen  $C$  und  $B$  stattfindet, so verlaufen im Ausgleichsdraht an verschiedenen Orten Ströme entgegengesetzter Richtung zur selben Zeit, und zwischen benachbarten Orten verschiedener Stromrichtungen liegen Orte, wo der Ausgleichsdraht stromlos ist.

Der Vortheil des Dreileiter-Systems liegt im geringeren Kupferverbrauch der Leitungen. Der gleiche Arbeitsverbrauch im Dreileiter-System bedingt der doppelten Spannung wegen nur die Hälfte der Stromstärke, wie im Zweileiter-System, und daher bei gleicher Größe des Beleuchtungsgebietes und gleichem Spannungsverlust in der Leitung den halben Kupferquerschnitt der Hauptleitungen. Der Ausgleichsdraht darf naturgemäß sehr erheblich schwächer sein, als die Hauptleitungen. Aber selbst, wenn man ihn, wie dies auch wohl geschieht, um für ganz außergewöhnliche Verbrauchsvertheilung gesichert zu sein, im Querschnitt der Hauptleitung gleich nimmt, so spart man gegenüber dem Zweileiter-System noch  $\frac{1}{4}$  des Leitungskupfers. Andererseits gestattet das Dreileiter-System, ohne den Kupferbedarf für die Leitungen unwirtschaftlich groß werden zu lassen, die Bestreichung eines Beleuchtungsgebietes, welches beim Zweileiter-System schon übermäßig starke und theure Hauptleitungen erfordern würde.

Auch die Anwendung von 3 und 4 Maschinen in Hintereinanderschaltung mit ähnlich wie bei Dreileiter-System geschalteten 4 und 5 Leitungen ist vorgeschlagen worden und dürfte bei großen Centralen mit großem Beleuchtungsgebiete ausführbar sein. Je höher die Spannungsdifferenz in den Hauptleitungen, desto geringer werden auch bei Anwendung der erforderlichen Ausgleichsleitungen für 100 Volt Verbraucherspannung unter sonst gleichen Verhältnissen die Kupferkosten, bzw. um so größer bei gleichen Kabelkosten das erreichbare Beleuchtungsgebiet. Andererseits aber wird das Leitungsnetz sowohl, wie auch der Betrieb der Centrale um so complicirter, je mehr man sich vom Zweileiter-System entfernt.

Die Leitungen, welche von den Straßenleitungen einer Dreileiter-Centrale in die einzelnen Gebäude führen, werden fast immer vom Ausgleichsdraht und von beiden Hauptleitungen abgezweigt. Hausanlagen von bis etwa 100 Lampen werden in Gruppen von höchstens etwa 30 Lampen nach dem Zweileiter-System eingetheilt. Diese Gruppen können mittels Umschalter mit dem Ausgleichsdraht und einer oder der anderen Hauptleitung verbunden werden. Zwischen den Hauptleitungen wird derart abgewechselt, daß die mittlere Belastung beider Hauptleitungen etwa gleich ist. Nur bei Gebäuden mit einer Lampenzahl, welche erheblich ist im Verhältniß zum Gesamtverbrauch, deren Brennen oder Nichtbrennen daher die Belastung der beiden Hauptleitungen wesentlich verschieben würde, wird auch in den Hausanlagen das Dreileiter-Systems theilweise durchgeführt.

Die Verwendung von Wechselstrom für Beleuchtungszwecke, deren Bedeutung mit der Verdrängung der *Fablockhoff'schen* Kerzen durch die Gleichstrom-Bogenlampe sehr zu schwinden schien, hat in den letzten Jahren wieder sehr an Umfang und Bedeutung gewonnen in den Fällen, in welchen auf Entfernungen von mehreren Kilometern elektrische Arbeit verschickt werden soll. Um hier die Querschnitte der Leitungen in mäßigen Grenzen zu halten, ist die Anwendung so großer Spannungen erforderlich, daß die erforderlichen Arbeitsgrößen bei mäßiger Stromstärke verhandelt werden können. Am Verbrauchsorte jedoch kann die Spannung von 100 *Volt* vorläufig nicht wesentlich überschritten werden. In einfacher Weise sind diese beiden Forderungen bisher nur bei Anwendung von Wechselströmen befriedigend in der Praxis erfüllt worden, da die Wechselströmung in sehr einfacher Weise eine Umsetzung hoch gespannter in niedrig gespannte elektrische Energie mittels der Transformatoren gestattet.

85.  
Strom-  
vertheilung  
mittels  
Wechselstrom.

Ein Transformator besteht aus zwei Systemen von Drahtwindungen, welche, von einander isolirt, auf denselben Eisenkern gewunden sind. Die primäre Bewicklung des Eisenkernes enthält eine große Zahl dünner Windungen und wird mit Wechselströmen von 1000 bis 3000 *Volt* Spannung von der Centrale aus beschickt. Die secundäre Bewicklung enthält wenige starke Windungen, deren Zahl zu der der primären Windungen sich ungefähr verhält, wie die Verbrauchsspannung (100 oder 65 *Volt*) zur Primärspannung (1000 bis 3000 *Volt*). Bei 1000 *Volt* Primärspannung und 100 *Volt* Verbrauchsspannung würde z. B. die primäre Bewicklung etwas mehr als 10-mal so viele Windungen haben, als die secundäre Bewicklung.

86.  
Trans-  
formatoren.

Die äußere Form der Transformatoren, so wie ihre Anordnung ist sehr verschieden. Entweder liegt das Eisen in Form eines ringförmig geschlossenen Kernes nach Art des *Gramme'schen* Ringes innen, und die beiden Bewicklungen liegen wie die Windungen des *Gramme'schen* Ringes außen auf dem Eisen, oder die Anordnung ist umgekehrt so, daß die innen liegenden Windungen von Eisen umschlossen werden. Auch die Kreisform des Ringes ist nicht immer inne gehalten, trotzdem sie jedenfalls die vortheilhafteste ist.

Die in der Primärleitung verlaufenden Wechselströme erzeugen in der Secundärleitung durch Induction Wechselströme von gleicher Periode, und bei richtiger Anordnung der Windungen und der Eisenmassen ist die in einer Windung der secundären Leitung erzeugte Spannung nahe gleich der in einer Windung der primären Leitung verbrauchten Spannung.

Die Stärke der Leitungen und die Größe des Transformators richtet sich nach dem größten Verbrauch derjenigen Leitungen, welche mit der Secundärleitung des Transformators verbunden sind und von dieser aus gespeist werden sollen. Man baut zur Zeit Transformatoren von 700 bis 15 000 *Volt-Ampère* Leistung; ersterer würde 14, letzterer 300 Glühlampen speisen können. Die vom Transformator bei 100 *Volt* abgegebene elektrische Arbeit beträgt bei voller Belastung desselben 88 bis 95 Procent der bei 1000 bis 3000 *Volt* primär aufgenommenen Arbeit. Der Verlust bei der Umsetzung wächst, wenn die Belastung abnimmt. Ein Transformator, der bei 7500 *Volt-Ampère* voll belastet 5 Procent Verlust ergibt, hat z. B. 10 Procent Verlust bei 2000, 20 Procent bei 800 *Volt-Ampère* Leistung.

Die Vertheilung der Wechselströme geschieht in der Weise, daß Transformatoren geeigneter Größe im Beleuchtungsgebiete dem umliegenden Verbrauche entsprechend vertheilt werden. Die primären Bewicklungen derselben werden in

87.  
Anwendung  
der Trans-  
formatoren.

die von der Centrale kommenden Leitungen mit hoher Spannung sämmtlich parallel eingeschaltet; von den secundären Bewickelungen aus führen andere Leitungen die niedrig gespannten Ströme zu den Beleuchtungskörpern.

Die Beleuchtungs-Anlagen in den Gebäuden sind bei Wechselstrom genau so eingerichtet, wie bei der Verwendung von Gleichstrom. Nur die Werke der Bogenlampen müssen im Allgemeinen für Wechselstrom besonders gebaut sein. Auch die Elektrizitätszähler haben fast dieselbe Form, wie bei Gleichstromverbrauch. Während aber die secundären Wechselströme von 65 und 100 Volt bei zufälligem gleichzeitigen Berühren beider Leitungen durch den Körper eben so wenig die Gesundheit schädigen können, wie Gleichströme der gewöhnlichen Verbrauchsspannung, ist die Berührung der primären Leitungen der Wechselstrom-Anlagen bei 1000 und mehr Volt unbedingt gefährlich. Es ist deshalb unzulässig, die Transformatoren und deren primäre Leitung so aufzustellen oder anzuordnen, dass außer den Beamten der Centralstation irgend Jemand sie absichtlich oder unabsichtlich berühren kann. Ferner müssen unbedingt alle erdenklichen Vorichtsmaassregeln getroffen sein, um zu vermeiden, dass der hoch gespannte Strom aus der Primärleitung im Transformator oder anderweitig zur Secundärleitung gelangen kann.

Endlich ist darauf zu achten, dass auch in den Gebäuden die Wechselstrom-Leitungen nicht zu nahe an etwa vorhandene Telephon-Leitungen verlegt werden, damit nicht beim Betriebe der ersteren Nebengeräusche in den Telephonen durch Induction entstehen.

#### h) Accumulatoren.

So lange die Elektrizität in dem Augenblick, in welchem die Betriebsmaschine sie erzeugt, auch in den Beleuchtungskörpern verbraucht wird, müssen selbstverständlich die Betriebsmittel auf den grössten Bedarf eingerichtet sein, der bei einer Beleuchtungs-Anlage in Fabriken oder grösseren Gebäuden dem Brennen sämmtlicher Lampen, bei einer Centrale, welche viele Gebäude mit Beleuchtung versorgt, etwa 70 bis 80 Procent der installirten Beleuchtungskörper entsprechend anzunehmen ist. Erfahrungsgemäss aber beträgt die durchschnittliche Brennzeit einer Lampe jährlich für grössere Centralen etwa 500 bis 600 Stunden, bei Einzelanlagen, je nach der Art des Betriebes, 1000 bis zu 2000 Stunden. Die grösste durchschnittliche Brennzeit haben Restaurants und Kaffeehäuser. Die Betriebsanlage ist also im Durchschnitt nur zu etwa 10 bis 30 Procent ausgenutzt und verzinst sich auch dem entsprechend schlecht. Diese ungünstigen Betriebsverhältnisse sind der Hauptgrund für den zur Zeit noch ziemlich hohen Erzeugungspreis des elektrischen Lichtes.

Eine Gasanstalt ist dem gegenüber sehr im Vortheil, da sie mit Tag und Nacht gleichmässiger Gas-Production auf Reserve in die Gasometer arbeitet, von den täglichen Schwankungen des Verbrauches ganz unabhängig ist und ihren Betriebsmitteln nur einen solchen Umfang zu geben braucht, dass sie bei gleichmässigem Betriebe den Durchschnittsverbrauch der kürzesten Tage decken kann.

Die Elektrizität kann als solche allerdings nicht in Reserve aufgespeichert werden; wohl aber kann sie, allerdings nur bei Anwendung von Gleichstrom, zeitweilig in eine andere Form der Energie, in chemische Energie umgewandelt und aus dieser Form, allerdings mit Verlust, ohne Weiteres wieder erhalten werden.

Wenn man in Schwefelsäure von etwa 20 Gewichts-Procenten zwei Bleiplatten einfenkt, deren Oberfläche mit Mennige, Bleioxyd oder Bleisulfat in genügend starker

88.  
Betriebs-  
verhältnisse  
bei directer  
Strom-  
verföhrung.

89.  
Accumulatoren.

Schicht bedeckt ist, und einen elektrischen Strom durch die eine Platte (positive) in die Säure eintreten, durch die andere (negative) Platte austreten läßt, so bildet sich in Folge der Zerfetzung der Säure an ersterer Bleisuperoxyd; an letzterer wird die vorhandene Bleiverbindung zu metallischem Blei reducirt. Gleichzeitig entsteht zwischen beiden Platten eine Spannungsdifferenz von etwa 2 Volt, welche beim weiteren Hindurchfließen des Stromes zunimmt, bis allmählig, beginnend bei etwa 2,5 Volt, eine lebhafte Gasentwicklung eingetreten ist, ein Zeichen, daß eine weitere Oxydation, bezw. Reduction an den Platten nicht mehr stattfindet.

Die Säurezelle mit den Bleiplatten, der Accumulator oder Sammler, ist nun geladen und im Stande, die durch den Strom erzeugten chemischen Umsetzungs-Producte an den Platten ohne Weiteres wieder in Bleisulfat übergehen zu lassen und dafür elektrischen Strom zu liefern, wenn die beiden Bleiplatten durch eine Leitung mit einander verbunden werden. Bei dieser Entladung nimmt die Spannungsdifferenz der beiden Bleiplatten, welche mit 1,9 Volt einsetzt, erst sehr langsam auf etwa 1,8 Volt und dann rascher auf kleinere Werthe ab. Es kann nun eine neue Ladung und Entladung der Sammler erfolgen, die stets in derselben Weise verläuft.

Die für den Betrieb gebauten Sammler besitzen eine ganze Anzahl von Bleiplatten, welche an der Oberfläche oder auch in gitterartigen Höhlungen Bleiverbindungen enthalten und, abwechselnd mit der positiven und der negativen Zuleitung verbunden, einander in der Säure gegenüber stehen.

Man baut zur Zeit Sammler, denen 400 und mehr *Ampère* Strom entnommen werden können und welche diese Stromstärke je nach der Construction der Sammler 3,5 bis 9,0 Stunden liefern. Man spricht bei z. B. 5 Stunden Entladungszeit von einer Capacität solcher Sammler von  $400 \times 5 = 2000$  *Ampère*-Stunden. Da man bei der Entladung für jeden Sammler etwas mehr als 1,8 Volt Spannung durchschnittlich zu rechnen hat, so würden 60 solcher Sammler hinter einander geschaltet 800 Glühlampen zu je 16 Normalkerzen 5 Stunden lang oder auch z. B. 400 solcher Lampen 10 Stunden lang im Brennen erhalten können. Zu diesem Ende würden sie eine, in *Volt-Ampère*-Stunden gerechnet um etwa 20 Procent, in *Ampère*-Stunden gerechnet etwa 10 Procent größere Ladung vorher erhalten müssen, also z. B. 20 Stunden lang mit 110 *Ampère* oder auch 10 Stunden lang mit 220 *Ampère* geladen sein müssen.

Eine solche Sammler-Batterie bietet also eine ähnliche, allerdings in der Handhabung bei Weitem nicht so einfache Reserve für die elektrische Beleuchtung, wie sie der Gasometer für die Gasbeleuchtung darstellt.

Die Vortheile bei Verwendung von Sammler-Batterien im Beleuchtungsbetriebe liegt besonders in folgenden drei Punkten. Erstens wird die Beleuchtung in gewisser Weise unabhängig vom Maschinenbetriebe. Es ist nur erforderlich, daß zu irgend einer Zeit jeden Tag und mit einer Stromstärke, welche den normalen Ladestrom der Sammler nicht übersteigt, diejenige Zahl von *Volt-Ampère*-Stunden, welche bei der letzten Entladung verbraucht worden ist, mit 20 Procent Aufschlag von den Maschinen den Sammlern zugeführt werden. Dies darf während einer Zeitdauer geschehen, welche zwischen 24 Stunden und derjenigen Stundenzahl — bei voller Ladung 5 bis 8 Stunden — liegt, welche bei größtem Ladungsstrom zum Ersatz erforderlich ist. Bei entsprechender Schaltung der Anlage kann während der Ladung der Sammler gleichzeitig demselben Strome zur Beleuchtung entnommen werden.

Zweitens braucht vom Gang der Dynamo-Maschine bei Weitem nicht jene

90.  
Verwendung  
der  
Accumulatoren  
im  
Beleuchtungs-  
betriebe.

Gleichmäßigkeit gefordert zu werden, wenn sie die Sammler ladet, als wenn sie unmittelbar die Lampen speist. Bei der Ladung der Sammler sind Schwankungen der Maschinenspannung von einigen Procenten ohne Weiteres zulässig, auch wenn gleichzeitig den Sammlern Strom für Beleuchtung entnommen wird. Es wird also häufig möglich sein, einen Beleuchtungsbetrieb mit Sammler-Batterien von einer vorhandenen Dampfmaschinen-Anlage aus zu versehen, während eine directe Beleuchtung stets einen besonderen Motor erfordert (siehe Art. 62, S. 59).

Drittens braucht die Maschinen-Anlage einer Sammler-Batterie nur so groß bemessen zu sein, daß sie bei vollem Tagesbetriebe und voller Leistung so viel *Volt-Ampère*-Stunden mit 20 Procent Aufschlag erzeugen kann, als die Beleuchtungs-Anlage am kürzesten Tage verbraucht, während die Maschinen-Anlage ohne Sammler-Batterie den überhaupt größten Verbrauch muß decken können, wenn er auch nur während weniger Stunden im ganzen Jahre vorkommt.

Zur Erläuterung des vorstehend Gefagten möge zunächst folgendes Beispiel dienen.

Eine mittelgroße Bierbrauerei mit erheblichem Wirthschafts-Ausfchank möge folgenden Lichtverbrauch haben:

1) für die Keller 90 Glühlampen zu 10 Normalkerzen (*NK*) mit täglich im Mittel 16 Stunden Brennzeit;

2) in der Brauerei und den Bureaus 110 Glühlampen zu 16 *NK*, von 6 Uhr Morgens bis Hellwerden und vom Dunkelwerden bis 8 Uhr Abends;

3) in den Höfen 6 Bogenlampen zu je 6 *Ampère*, Brenndauer wie unter 2;

4) für die Wirthschaft 75 Glühlampen zu 16 *NK* vom Dunkelwerden bis 12 Uhr Nachts;

5) für Straßenbeleuchtung 2 Bogenlichter zu je 10 *Ampère*, Brenndauer wie unter 4.

Da für die Normalkerze 3,2 *Volt-Ampère* zu rechnen sind, ergibt sich folgende Zahlenreihe:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
	<i>Volt-Ampère</i>	Brennstunden im Jahre	<i>Volt-Ampère</i> -Stunden im Jahre in 1000	Brennstunden am kürzesten Tage	<i>Volt-Ampère</i> -Stunden am kürzesten Tage	Brennstunden am längsten Tage	<i>Volt-Ampère</i> -Stunden am längsten Tage
1	2880	5760	16600	16	46000	16	46000
2	5610	1000	5610	7,7	43200	—	—
3	1800	1000	1800	7,7	13800	—	—
4	3825	2200	8430	8,5	32600	3,7	14200
5	1000	2200	2200	8,5	8500	3,7	3700
Summe	15 115		34640 × 1000		144200		63900

Die durchschnittliche jährliche Brenndauer der Anlage erhält man bei Division der Summe V durch die Summe I zu 2290 Brennstunden. Division der Summe I durch 600 ergibt die für den größten Verbrauch in den Abendstunden des December erforderliche Zahl der Pferdestärken zu 25, wenn keine Accumulatoren vorhanden sind. Es ist dann eine Dynamo-Maschine zu gut 15 000 *Volt-Ampère* und eine besondere Dampfmaschine mit höchster Gleichmäßigkeit des Ganges zu 25 Pferdestärken erforderlich.

Bei Anlage einer Accumulatoren-Batterie ist eine besondere Dampfmaschine meist nicht erforderlich; die Dynamo-Maschine kann an die vorhandene Maschinen-Anlage mit angehängt werden, in so fern die erforderliche Leistung übrig ist.

Die Dynamo-Maschine läuft dann während der ganzen Betriebszeit mit. Beträgt letztere z. B. 14 Tagesstunden, so erhält man die mittlere Leistung der Dynamo-Maschine für den kürzesten Tag bei Division der um den durch die Accumulatoren erzeugten Verlust von 20 Procent vermehrten Summe V durch 14 als 12400 *Volt-Ampère* oder 20,3 Pferdestärken und für den längsten Tag in ähnlicher Weise

zu 9 Pferdestärken. Kann die Betriebszeit der Dynamo-Maschine an den kürzesten Tagen auf 20 Stunden erhöht werden, so ergeben sich 14,5 Pferdestärken als grösste erforderliche Leistung.

Arbeitet die Anlage mit 100 Volt Verbrauchsspannung, so sind 60 Sammler erforderlich. Die Grösse derselben ergibt sich aus der Leistung am kürzesten Tage mittels einer Ueberlegung, die aus folgender Zahlenreihe einfach hervorgeht:

Tageszeit, Morgens mit 6 Uhr beginnend	Es brennen die Lampen	Die Dynamo- Maschine liefert <i>Ampère</i>	Der Beleuchtungs- verbrauch beträgt in		Die Sammler erhalten Ladung in		Die Sammler geben ab	
			<i>Ampère</i>	<i>Ampère</i> - Stunden	<i>Ampère</i>	<i>Ampère</i> - Stunden	<i>Ampère</i>	<i>Ampère</i> - Stunden
6 → 9	1 + 2 + 3	107	103	309	4	12	—	—
9 → 3,3	1	107	29	183	78	491	—	—
3,3 → 8	1 + 2 + 3 + 4 + 5	107	151	710	—	—	44	207
8 → 10	1 + 4 + 5	—	77	154	—	—	77	154
10 → 12	4 + 5	—	48	96	—	—	48	96
Summen				1452		503		457

Es ist angenommen worden, dass die Dynamo-Maschine von 6 Uhr Morgens bis 8 Uhr Abends mit im Mittel etwa 107 *Ampère* auf die Sammler-Batterie und die Verbrauchsleitung parallel arbeitet, daher bei geeigneter Zellenfaltung der Batterie als Ladung zufliesst, was in der Leitung nicht verbraucht wird. Eine Vertheilung der Brennstunden der Glühlampen 1 auf die 24 Tagesstunden statt auf 16 Stunden ändert an den gefuchten Zahlen nichts.

Danach wird eine Sammler-Batterie von 600 *Ampère*-Stunden und 80 *Ampère* Stromstärke für jede Zelle völlig genügen. Es bleiben dann fogar noch 100 *Ampère*-Stunden in Reserve.

Im vorliegenden Falle hat die Sammler-Batterie wesentlich zur Folge, dass von 8 Uhr Abends bis 6 Uhr früh keine Maschine mehr zu laufen braucht. Ein grosser Vortheil bezüglich der Grösse der Betriebsanlage wird im vorliegenden Falle nicht erreicht, da die Zahl der Brennstunden die ausserordentlich hohe Zahl von 2290 im Jahre erreicht. Dagegen erfordert die Dynamo-Maschine kaum die Aufstellung einer befonderen, äusserst gleichmässig gehenden Dampfmaschine.

Weit grössere Vortheile erzielt man durch Aufstellung von Sammler-Batterien bei kleiner jährlicher Brenndauer und ungleicher Zahl der brennenden Lampen, besonders, wenn Gas-Motoren als Betriebskraft verwendet werden müssen, welche bekanntlich nur bei voller Beladung günstig arbeiten.

Ein Ladengeschäft habe 150 Glühlampen zu 16 Kerzen vom Dunkelwerden bis 9 Uhr Abends im Betriebe. Bei directem Betriebe braucht es einen Zwilling-Gas-Motor von 15 Pferdestärken und eine Dynamo-Maschine gleicher Leistung. Am kürzesten Tage beträgt die Brenndauer 5,7 Stunden, der Verbrauch 43 000 *Volt-Ampère*-Stunden. Da an den kürzesten Tagen der Motor sehr wohl von Morgens 6 bis Abends 9 Uhr, also 15 Stunden laufen kann, so würde bei Anlage einer Sammler-Batterie eine Dynamo-Maschine von nur  $\frac{43\,000}{15 \times 0,8} = 3600$  *Volt-Ampère* und dem entsprechend ein Gas-Motor von 6 Pferdestärken und einem Cylinder erforderlich sein.

Die Schaltung der Sammler-Batterie gegen die Dynamo-Maschine und die Verbrauchsleitung, die erforderlichen Schalt- und Controle-Apparate u. f. w. hier zu besprechen, fehlt der Raum. Da für die Sammler-Batterien im Beleuchtungsbetriebe das Gewicht der Sammler ganz gleichgiltig ist, so wähle man Sammler, welche schwach beansprucht sind, d. h. welche im Verhältniss zur Leistung schwer sind. Das grössere Bleigewicht erhöht den Preis bei gleicher Leistung erfahrungsgemäss wenig, da die Hauptkosten der Sammler in der Herstellungsart und nicht im verwendeten Rohmaterial zu suchen sind. Dagegen ist die Aussicht auf Haltbarkeit

91.  
Auswahl und  
Aufstellung  
der Sammler-  
Batterie.

der Batterie um so größer, je schwächer die Sammler auf die Gewichtseinheit beansprucht sind. Bestimmte Angaben über die Haltbarkeit der Sammler lassen sich heute schwer machen. Man darf aber wohl annehmen, daß, wenn Sammler mit massiven Platten und mäfsiger Beanspruchung — etwa 4 *Ampère*-Stunden und 0,7 *Ampère* für 1 kg Gesammtgewicht — vernünftig behandelt werden, ein Ersatz der positiven Platten im Durchschnitt alle 10 Jahre, ein solche der negativen Platten überhaupt kaum erforderlich sein dürfte.

Da die Sammler zu Ende der Ladung Gas (Wasserstoff und Sauerstoff) entwickeln, welches fein zertheilte Schwefelsäure mitreißt, so müssen die Batterien unbedingt in einem besonderen Raume untergebracht sein, welcher zu anderen Zwecken nicht benutzt wird. Derselbe braucht nur so groß zu sein, daß die Sammler in Reihen über und neben einander aufgestellt werden können und zugänglich bleiben. Je leichter sie einzeln besonders dem Auge zugänglich sind, um so besser ist es. Der Raum muß gut zu lüften sein. Am besten ist eine dauernde Lüftung durch einen Schlot mit Lockflamme. Da die mitgeriffene Schwefelsäure sich trotzdem mit der Zeit überall niederschlägt, werden die Sammler selbst der besseren Isolation wegen auf kleinen Glasfüßen aufgestellt und außer Blei alle Metalltheile im Raume durch Theeranstrich sorgfältig gegen Rostbildung geschützt.

#### i) Ausführung der Beleuchtungs-Anlagen.

92.  
Anlage  
der  
Leitungen  
im  
Allgemeinen.

Man sollte es sich zum Grundsatze machen, alle Leitungen so zu verlegen, daß ohne Weiteres Niemand an irgend einer Stelle die metallischen Leitungen, und zwar diejenigen der Auschalter, Apparate, Bleisicherungen und Leuchtkörper mit-verstanden, direct erreichen kann. Andererseits sollte man Sorge tragen, daß der ganze Leitungsweg leicht abgefucht werden kann, falls sich Störungen bemerkbar machen; mit anderen Worten, es soll bei der fertig montirten Anlage an keiner Stelle — wenigstens außerhalb des Maschinenraumes nicht — das Metall des Leitungsweges offen zu Tage liegen. Apparate, Auschalter, Bleisicherungen u. s. w. sollen sämtlich mit Schutzhüllen versehen sein, und die Anschlüsse der Leitungen an diese Theile sollen innerhalb der Schutzhüllen liegen. Diese Schutzhüllen aber, so wie die etwa zum Verdecken der Leitungen selbst dienenden Hüllen, sollen niemals mit alleiniger Zuhilfenahme der Hand, wohl aber bei Gebrauch eines einfachen Werkzeuges leicht abgenommen werden können. Bei Befolgung dieser Regel werden Störungen, welche durch Unvorsichtigkeit oder Muthwillen erzeugt werden können, thunlichst ausgeschlossen, gleichzeitig aber ein Abfuchen der Leitung auf etwaige Fehler erleichtert.

93.  
Auswahl und  
Verlegen der  
Leitungen.

Nackte Leitungen ohne jede isolirende Hülle zu verlegen, ist nach den vorstehenden Regeln überhaupt nicht statthaft. Aus Sparfamkeitsrückichten geschieht es wohl im Freien, wenn die Leitungen hoch und weit entfernt von Gebäuden geführt werden. Ein Grund, der außerdem allerdings für die Verwendung nackter Drähte im Freien spricht, ist der, daß gegenüber den Einflüssen der Witterung kaum irgend welcher isolirende Ueberzug sich dauernd haltbar erweist. Massiven Draht verwendet man zu Leitungen bis zu etwa 6<sup>mm</sup> Durchmesser. Darüber hinaus werden der erforderlichen Biegsamkeit halber meist Drahtseile verwendet.

Für die Einrichtung der Beleuchtung von Gebäuden kommen Strafsenkabel und die Anschlüsse der Hausleitungen an dieselben nicht in Frage, können daher hier außer Betracht gelassen werden.



Im Maschinenraum soll man darauf halten, daß alle Leitungen so übersichtlich als möglich verlegt und ihre Bedeutung an geeigneter Stelle dauernd bezeichnet wird. Von der Maschine, welche durch eine starke Unterlage aus hartem Holz von der Erde isolirt ist, bis zum Schaltbrett werden die Leitungen am besten im Fußboden verlegt, und zwar in einem Kasten, der mit einem Deckel geschlossen ist. Ist am Fußboden Feuchtigkeit zu fürchten, so führt man die Leitungen an der Decke entlang zum Schaltbrett. Alle Apparate und Schaltvorrichtungen werden auf dem hölzernen Schaltbrett selbst, nicht direct an der Wand befestigt.

Für gewöhnliche Isolirung der Leitungen werden dieselben mit Baumwolle doppelt umspinnen, darauf beklöppelt und asphaltirt oder die Isolirung mit Wachs getränkt. Derartige Isolirung genügt in allen trockenen Räumen. Für Verwendung in feuchten und nassen Räumen werden die Drähte mit einer nahtlosen Guttapercha-Schicht umpreßt und erforderlichenfalls diese Schicht noch durch asphaltirte Umspinnung oder Beklöppelung gegen mechanische Verletzung geschützt. Eine häufig ausreichende Isolation gegen Feuchtigkeit bietet auch eine unter der übrigen Umspinnung angebrachte einfache oder doppelte Bewickelung mit Gummiband.

Sollen Leitungen in der Erde verlegt werden, so kommen stets sog. Bleikabel zur Verwendung. Bei ihnen ist die Kupferseele meist mit einer wachsextrahirten Hanfumsponnung umgeben, über welche ein einfacher oder doppelter nahtloser Bleimantel gepreßt ist. Ueber dem Bleimantel liegt im Allgemeinen eine zweite asphaltirte Hanfbefspinnung. Derartige Kabel verlegt man in der Erde in leicht gemauerten Canälen oder in bedeckten U-Eisen, welche mit trockenem Sande gefüllt werden, damit sie nicht Ratten und Mäusen leicht zugänglich sind. Sollen die Kabel nicht in dergleichen Canälen verlegt werden, so müssen sie außerdem als Schutz gegen mechanische Verletzungen eine doppelte Umwicklung mit Bandeisen und darüber eine dritte asphaltirte Hanfbefspinnung erhalten. Im Handel sind außerdem erwähnten noch eine große Zahl anderer Isolirungsarten.

Die laufenden Leitungen werden, wo es des Aussehens wegen zulässig ist, an Porzellanknöpfen befestigt oder in zuverlässig trockenen Räumen auf schmalen, mit Einschnitten versehenen Querhölzern durch aufgeschraubte Leisten gehalten. Das Verlegen geschieht bei dieser Art der Befestigung am besten unter der Decke, damit die etwa durchhängenden Leitungen weder sich gegenseitig, noch andere Gegenstände berühren können. In feuchten und nassen Räumen geschieht die Befestigung der Leitungen an Isolirglocken. Auschalter und Bleisicherungen werden an nassen Wänden in Vertiefungen gelegt, welche durch Ueberhängen der oberen Wandfläche gegen Einlaufen des Wassers geschützt werden. Die zu den Ausschaltern etc. führenden Leitungen bilden vor dem Auschalter Wasserfäcke. Sich überkreuzende Leitungen werden stets durch isolirende Zwischenlagen — Kreuzungsknöpfe etc. — mechanisch aus einander gehalten. Ein Oelfarbenanstrich der Leitung ist zulässig, Kalkfarbe zu vermeiden.

Leitungen auf der Wand oder der Decke direct durch Anstiften zu verlegen, ist höchstens dann zulässig, wenn zuverlässig trockenes Holz die Unterlage bildet.

In Räumen mit starkem Gehalt der Luft an Kohlenäure, saueren Dämpfen u. dergl. müssen alle Theile aus Messing und Kupfer sorgfältig gegen aufsen abgeschlossen werden. Die Leitungen erfordern Guttapercha oder Gummiband unter der äußeren Isolation; alle Messingtheile, welche nicht anders als frei gelegt werden können, erhalten einen starken Ueberzug aus haltbarem Lack. Die Contactflächen

an Ausschaltern werden besonders groß gewählt. Zum Schutz der Fassungen erhalten die Glühlampen eine zweite Glasglocke mit luftdichtem Abschluss, welche die Lampenfassung mit aufnimmt. Bogenlampen finden wegen der baldigen Zerstörung der Werke in solchen Räumen kaum Verwendung.

In Wohnräumen, wo freies Verlegen der Leitungen des Aussehens halber nicht angeht, legt man die Leitungen in lange Leisten aus Fichtenholz, welche mit zwei Längsrinnen versehen sind. Eine zweite, mit Schrauben auf der unteren befestigte Leiste verdeckt die Leitungen. Die untere Leiste kann in den Wand- oder Deckenputz eingelegt werden. Die Leitungen unzugänglich in den Putz zu verlegen, ist zum mindesten unsicher.

Wo ein solches Einlegen in den Putz bei Wand- und Decken-Ornamenten nicht zu umgehen ist, soll man wenigstens gute Bleikabel verwenden. In Wanddurchbrüche oder Deckenbohrungen werden Glasröhren oder, weit besser, Gummi- oder Porzellanröhren eingeschoben und die Röhren am besten so weit gewählt, dass man neben den Leitungen hindurchgehen kann. Sind die Wände nicht sicher trocken, so wird jede Leitung in eine besondere Röhre verlegt.

94.  
Anschlüsse  
und  
Verbindungen.

An den Apparaten, Ausschaltern, Bleisicherungen etc. werden die Leitungen meist durch Schrauben fest geklemmt. Die Köpfe der Schrauben sollen kantig und die Schrauben selbst so stark und so tief geschnitten sein, dass die um die Schraubenspindel gerollte Leitung mit Gewalt fest gezogen werden kann. Starke Leitungen werden nach dem Rollen beiderseits flach gefeilt. Schraubenköpfe für starke Leitungen erhalten Unterlagscheiben. Die Verbindung der Leitungen unter einander geschieht unter allen Umständen am sichersten durch gute Verlöthung. Dünne Drähte werden um einander gewickelt, Seile verflochten, stärkere Leitungen an den Enden kurz umgebogen und mit Draht eng bewickelt oder beide Leitungen auf 3 bis 4 cm in der Weise keilförmig halb flach gefeilt, dass die Enden etwas stärker bleiben, die Flächen gegen einander gelegt und die Verbindung mit Draht eng und fest umbunden werden. Schliesslich wird stets sorgfältig verlöthet und das Löthwasser gut abgewaschen. Die fertige Lötstelle wird meist dadurch isolirt, dass man sie mit fog. Isolirband, einem klebenden Gummibande, genügend stark bewickelt.

Verbindungsstellen von Bleikabeln unter einander werden folgendermassen hergestellt. Die Isolirung beider Enden wird schichtenweise so abgelöst, dass jede weiter nach innen liegende Isolirsicht über die nächst äussere vorsteht. Dann wird die Kupferseele wie oben verlöthet und weiterhin jede Isolirsicht durch Bewickelung von Hand thunlichst wiederhergestellt. Endlich wird auch ein Bleimantel sorgfältig übergelöthet. Für Verbindung stärkerer Kabel in der Erde sind eiserne Verbindungsmuffen gebräuchlich, innerhalb deren die Verbindung in Asphalt luftdicht eingegossen liegt. Auch T-Muffen sind für diesen Zweck im Handel.

#### k) Vorzüge und Kosten der elektrischen Beleuchtung.

95.  
Vorzüge  
der  
elektrischen  
Beleuchtung.

Die Vorzüge des elektrischen Lichtes liegen auf den verschiedensten Gebieten. Vor allen Dingen verdient besonders das Glühlicht in gesundheitlicher Beziehung den Vorzug vor allen anderen Beleuchtungsarten. Jede Luftverschlechterung, welche bei Leuchtgas durch spurenweise Undichtheiten der Leitungen, durch Rufen der Flamme bei unerwartet gesteigertem Gasdruck und bei Kerzen, Oel, Petroleum und Leuchtgas durch den Verbrauch von Sauerstoff und die Erzeugung von Kohlenäure, Wasserdampf und anderen zum Theil schädlichen Verbrennungsgasen unvermeidlich

ift, fällt beim Glühlicht vollftändig fort. Das Bogenlicht verbraucht fpurenweife Sauerftoff und erzeugt eben fo fpurenweife Kohlenfäure, auferdem etwas Ozon. Die Wärmeerzeugung beim Bogenlicht ift im Verhältnifs zu anderen Beleuchtungsarten überhaupt verfchwindend gering, die des Glühlichtes bei gleicher Helligkeit etwa 11-mal fo gering, wie beim Gas-Argand-Brenner und bei Petroleumlampen, etwa 20-mal fo gering, wie bei Kerzenbeleuchtung und etwa 30-mal fo gering, wie bei der offenen Gasflamme. Bei ftark befuchten gefchloffenen Räumen mit heller Beleuchtung läßt fich daher kaum anders, als bei Verwendung von elektrifcher Beleuchtung die Temperatur niedrig und die Luft erträglich erhalten. Allerdings fällt die zweifelhafte Annehmlichkeit der Heizung, befonders von Verkaufsräumen, durch die brennenden Gasflammen beim Glühlicht fort.

Bei Gasflammen, befonders den offen brennenden, bemerkt man leicht ein fort dauerndes Flackern, welches gröfsere oder geringere, fchnell wechfelnde Helligkeitsunterfchiede bedingt. Da wir die Weite der Pupille im Auge jederzeit unwillkürlich der äufseren Helligkeit anpaffen, fo ermüdet dieses fort dauernde Verengern und Erweitern der Pupille das Auge beim Gaslicht fehr rafch. Glühlicht dagegen brennt bei gut eingerichteter Anlage, ganz befonders aus Accumulatoren, völlig ruhig.

Bei den Glühlampen ift der glühende Körper von der Umgebung durch die Glashülle völlig getrennt und brennt momentan durch und erlifcht, fobald die Glashülle verletzt ift. Beim Bogenlicht trennt eben fo die Glasglocke den Lichtbogen von der Umgebung. Die Feuersgefahr der offenen Flammen fällt also bei elektrifcher Beleuchtung völlig fort. Man darf aber nicht vergeffen, dafs aus demfelben Grunde, aus dem man jeden elektrifchen Leuchtkörper ohne Streichholz durch einfaches Schliefsen eines Contactes entzünden kann, die zufällige Berührung zweier metallifcher Leitungen auch ohne Weiteres Feuererscheinungen erzeugt, die leicht zur Feuersgefahr führen können. Die weitaus gröfste Zahl der Brandfälle, deren Urfache bisher der elektrifche Strom gewesen ift, find durch liederliches Verlegen von Leitungen entftanden und wären bei einer gut installirten Anlage undenkbar gewesen. Befonders bei den beweglichen Leitungen und fog. proviforifchen Anlagen ift die gröfste Vorficht geboten. Letztere haben in den Theatern fchon manches kleine Unheil angerichtet. In allen Räumen (Mühlen, Pulverfabriken u. dergl.), in denen jedes offene Feuer vermieden werden mufs, dürfen weder Ausfchalter liegen, noch Bogenlichter brennen; die Glühlampen dürfen keine Hahnfaßungen haben und während des Brennens nicht aus der Faßung genommen werden; Bleificherungen müffen luftdicht verpackt fein.

Genaue Angaben der Beleuchtungskosten im Allgemeinen können nicht gemacht werden, da die örtlichen Verhältniffe jeder Anlage in diefer Hinficht Unterfchiede bedingen.

Bei Einzelanlagen, welche bei mindestens 10 000 *Volt-Ampère* Verbrauch, also z. B. 200 Glühlampen zu je 16 Kerzen, ein nicht zu großes Gebiet verforgen und deren Dampfmafchine an eine gröfsere Keffelanlage angefchloffen werden kann, also bei Fabriken u. dergl., läßt fich die 16-kerzige Lampenftunde einchl. Verzinfung und angemessener Tilgung des Anlagekapitals, welches auch Dampfmafchine und Keffelmehrkosten umfaßt, einchl. ferner der entfprechenden Kosten für Kohlen, Wartung, Oel, Lampenerfatz etc., für 2,0 bis 2,5 Pfennig herftellen. Bei Gas-Motoren-Betrieb dürfte fich die 16-kerzige Lampenftunde auf 3,0 bis 3,5 Pfennig ftellen.

Die Kosten find übrigens in fehr hohem Grade von der Zahl der jährlichen Brennstunden abhängig. Vorftehende Zahlen dürften etwa für 1000 Brennstunden gelten.

96.  
Kosten  
der  
elektrifchen  
Beleuchtung.

Die größeren Centralen geben die 16-kerzige Brennstunde zu 3,5 bis 4,5 Pfennig ab. Außerdem wird häufig eine jährliche Lampengebühr von 5 bis 8 Mark für die Glühlampe erhoben. Der Ersatz der durchgebrannten Glühlampen geschieht entweder durch die Centrale oder auf Kosten der Besitzer.

Bei Selbsterzeugung der Elektrizität in nicht zu kleiner Anlage ist die elektrische Beleuchtung meist nicht erheblich theurer, gelegentlich billiger als Gasbeleuchtung von gleicher Helligkeit.

Bei einer mäßigen Haus-Installation kostet, wenn dieselbe an eine Centrale angeschlossen wird, also keine Maschinen und Meßinstrumente erforderlich sind, die fertig installirte Glühlampe im Durchschnitt 20 bis 30 Mark. Für den etwa erforderlichen Elektrizitätszähler wird, wie für die Gasmeßer, Miethe gezahlt. Der Anschluß der Hausleitung an die Straßenleitung kostet, einschl. Verbindungsmuffe, Kabel bis in das Haus und doppelpolige Bleificherung, je nach dem Hausverbrauch 80 bis 150 Mark.

Bei einer Einzelanlage von mindestens 100 Glühlampen kostet, einschl. Motor, Dynamo-Maschine, Apparate etc., die fertig installirte Glühlampe je nach der Länge der Leitungen und der Ausstattung 70 bis 120 Mark.

Einige Einzelpreise sind nachstehend angegeben; sie sind nur als erste Annäherung anzusehen und erleiden häufig bedeutende Schwankungen.

#### 1) Dynamo-Maschinen.

Leistung:	2500	5000	10000	20000	30000	40000	50000	<i>Volt-Ampère</i> ;
Tourenzahl:	1400	1100	950	870	800	600	600	in der Minute;
Preis:	900	1300	2200	3800	5300	7000	8200	Mark.

Die vorstehenden Preise ergeben sich, wenn  $L$  die Leistung (in *Volt-Ampère*) bedeutet, auch sehr nahe aus der Formel:

$$\text{Preis} = 0,16 L + 500 \text{ Mark.}$$

Die ungefähre Tourenzahl ist mit angegeben worden, weil die Preise erheblich höhere werden, wenn geringere Tourenzahl verlangt wird.

2) Accumulatoren für Beleuchtungsbetrieb mit mäßiger Beanspruchung (siehe Art. 91, S. 81). Bei Capacitäten von 100 bis 600 *Ampère*-Stunden kostet die *Ampère*-Stunde für jeden Sammler etwa 0,32 Mark. Eine Batterie von 60 Sammlern und 300 *Ampère*-Stunden, welche demnach z. B. mit 60 *Ampère* 120 Stück 16-kerzige Glühlampen 5 Stunden lang brennen könnte, würde also  $60 \times 0,32 \times 300 = 5700$  Mark kosten.

Die *Ampère*-Stunde Capacität bedingt für jeden Sammler etwa 0,14 cbdm äußeren Rauminhalt der Gefäße und etwa 0,25 kg Gewicht des fertig zusammengestellten Elementes.

3) Strommeßer für Messungen bis zu 50 bis 1000 *Ampère*: 45 bis 100 Mark; Spannungsmesser für Messungen bis zu 60 bis 1000 *Volt*: 60 bis 90 Mark.

4) Eine Bogenlampe, einschl. Armatur, Zusatzwiderstand, Aufzugsvorrichtung, Leitungsmaterial mittlerer Ausdehnung und Montage bei 4 bis 8 *Ampère*: 180 bis 260 Mark. Der stündliche Kohlenverbrauch einer Bogenlampe kostet bei einer Stromstärke von

	4	6	8	10	12	16	<i>Ampère</i>
etwa	2	2,5	3	3,5	4	5	Pfennige.

Eine Glühlampe: 2,5 bis 3,5 Mark. Bei Abschläffen auf große Lieferungen soll die Lampe schon zu 1,5 Mark vergeben worden sein.

Eine Glühlampenfassung mit Hahn: 2,5 bis 3,0 Mark;

„ „ ohne Hahn: 1,5 Mark.

Ausfalter für 3 bis 10 *Ampère* 2,5 bis 7,0 Mark, jedoch je nach der Construction sehr verschieden; reicher ausgestattete für Wohnzimmer theurer.

5) Bleificherungen, einschl. Fassung, 3 bis 100 *Ampère*, doppelpolig 3 bis 20 Mark, einpolig 2 bis 12 Mark, jedoch ebenfalls je nach der Ausstattung und Construction sehr verschieden im Preise.

Lampenseile isolirt, für die Zuführung an Bogenlampen bis zu 8 *Ampère*, aus 75 Drähten von im Ganzen etwa 7 qmm Kupferquerschnitt: 100 m etwa 60 Mark.

Doppelleitungssehnur für die Zuleitung zu einzelnen verstellbaren Glühlampen, jede Leitung aus 25 Drähten von zusammen 0,5 qmm Querschnitt: 100 m etwa 40 Mark.

6) Die nachstehend zusammengestellten Preise von isolirten Leitungen sind selbstverständlich vom Marktpreise des Kupfers stark abhängig; sie gelten für eine mittlere Preislage des Kupfers.

Art der Isolierung.	Durchmesser der Kupferseele (einzelner Draht) in Millim.	1	1,5	2	2,5	3	4	5
	Querschnitt der Kupferseele in Quadr.-Millim.	0,79	1,77	3,14	4,91	7,07	12,6	19,6
Baumwollumspinnung, asphaltirt oder gewachst, dann Baumwollumflechtung feuerficher imprägnirt oder asphaltirt . . . . .	7,5	11	15	22	28	41	56	
	Gummibandumwicklung, dann asphaltirte oder getheerte Baumwollumwicklung, dann desgl. Baumwollumflechtung . . . . .	12	18	25	30	40	60	90
	Guttapercha-Umpressung, dann asphaltirte dop- pelte Baumwollumwicklung, dann asphaltirte Garnumflechtung . . . . .	20	26	35	46	57	90	140
	Bleikabel für oberirdische Leitungen, doppelte imprägnirte Garnumwicklung, dann imprägnirte Bandumwicklung, dann einfache Bleiumpressung . . . . .	18	22	31	40	51	72	105
	Mark für 100 Meter.							
Kabel aus 7, bezw. 19 Drähten, Gefammt- querschnitt in Quadr.-Millim. . . . .	11	15	22	29	38	48	60	
Umwicklung mit feuerficherem Band, dann mit gummirtem Band, dann Umflechtung mit Garn und getheert . . . . .	45	60	90	110	140	170	205	
Bleikabel für unterirdische Leitungen; dop- pelte Umwicklung mit imprägnirtem Garn, dann Umwicklung mit imprägnirtem Band, dann doppelte Umpressung mit Blei, dann doppelte Umwicklung mit asphaltirtem Band	96	123	150	183	230	270	310	
Mark für 100 Meter.								

## Literatur

über »Elektrische Beleuchtung«.

## a) Allgemeines.

(Bücher und wichtigere Zeitschriften-Aufsätze <sup>62)</sup>).

- FONTAINE, H. *Éclairage à l'électricité*. Paris 1877. — 2. Aufl. 1879. — Deutsch bearbeitet von F. ROSS. 2. Aufl. Wien 1880.
- FERRINI, R. *Technologie der Elektrizität und des Magnetismus*. Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 414.
- KILLINGWORTH HEDGES. *Useful information on practical electric lighting*. London u. New-York 1879.
- HIGGS, P. *The electric light in its practical application*. London 1879.
- FORGES, TH. Ueber die Principien der elektrischen Beleuchtung. *Techn. Blätter* 1879, S. 48.
- Éclairage électrique des villes, des magasins, ateliers et appartements, au moyen de moteurs généraux d'une grande puissance, avec réseaux de distribution à domicile. Portefeuille économ. des mach.* 1879, S. 33.
- HEPWORTH, T. C. *The electric light: its past history and present position*. London 1879.
- Revue des progrès des sciences dans leurs rapports avec l'architecture. L'éclairage électrique. Revue gén. de l'arch.* 1879, S. 21, 71.
- SHOOLBRED, J. N. *Electric lighting and its practical application*. London 1879.

<sup>62)</sup> So weit dieselben für den Architekten in Frage kommen.

- SCHELLEN, H. Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen, ihre Entwicklung, Construction und praktische Anwendung. Köln 1879.
- SCHELLEN, H. Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung und der Kraftübertragung. Köln 1880.
- BERNSTEIN, A. Die elektrische Beleuchtung. Berlin 1880.
- URQUHART, J. W. *Electric light. Its production and use etc.* London 1880.
- HOSPITALIER, E. *Les principales applications de l'électricité.* Paris 1881.
- CROMPTON, R. E. *The electric light for industrial uses.* London 1880. — Deutsch von F. UPPENBORN. München 1881.
- ARMENGAUD. *Manuel de l'éclairage électrique etc.* Paris 1881.
- Electric lighting applied to buildings. Builder,* Bd. 40, S. 533.
- SLATER, J. *Electric lighting applied to buildings. Architect,* Bd. 25, S. 308.
- ALGLAVE, E. & J. BOULARD. *La lumière électrique etc.* Paris 1882.
- ROUTLEDGE, R. *Electric lighting.* London 1882.
- MERLING, A. Elektrotechnische Bibliothek. I. Bd.: Die elektrische Beleuchtung etc. Braunschweig 1882. — 2. Aufl. 1884.
- BEHREND, G. Das elektrische Licht. Halle 1883.
- ZACHARIAS, J. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Wien 1883.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Leipzig 1883. II. Band: S. 103; III. Band: S. 461.
- UHLAND, W. H. Das elektrische Licht und die elektrische Beleuchtung. Leipzig 1883.
- KRÜSS, H. Die elektrische Beleuchtung in hygienischer Beziehung etc. Hamburg 1883.
- URBANITZKY, A. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Wien 1883. — 2. Aufl. 1890.
- URBANITZKY, A. Das elektrische Licht und die hierzu angewendeten Lampen, Kohlen und Beleuchtungskörper. Wien 1883.
- GRAETZ, L. Die Electricität und ihre Anwendungen zur Beleuchtung etc. Stuttgart 1883. — 2. Aufl. 1885.
- HOLMES, A. B. *Practical electric lighting.* London 1883. — 3. Aufl. 1887.
- VIVAREZ, H. *Notions générales sur l'éclairage électrique.* Paris 1884. — 2. Aufl. 1886.
- GORDON, J. E. H. *A practical treatise on electric lighting.* London 1884.
- HAMMOND, R. *The electric light in our homes.* London 1884.
- SWINTON, A. A. C. *The principles and practice of electric lighting.* London 1884.
- Elektro-technische Bibliothek. Bd. 27: Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von E. DE FODOR. Wien 1885.
- HAGEN, E. Die elektrische Beleuchtung etc. Berlin 1885.
- JUPPONT, P. & W. HAMMOND. *L'éclairage électrique dans les appartements.* Paris 1886.
- MAISONNEUVE, S. *La lumière électrique et ses applications.* Paris 1886.
- MAIER, J. *Arc and glow lamps: a practical treatise on electric lighting.* London 1886.
- HERZBERG, A. Einrichtungsarbeiten für elektrische Beleuchtung in Gebäuden. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 431, 443. Gefundh.-Ing. 1887, S. 17, 63.
- SWINTON, A. A. C. *The elementary principles of electric lighting.* London 1886. — 2. Aufl. 1889.
- Temporäre elektrische Treppenflurbeleuchtung mittelst Batterien. GLASER'S Annalen f. Gewerbe u. Bauw., Bd. 21, S. 158.
- Die elektrische Hausbeleuchtung in ihrem gegenwärtigen Stand. Centralbl. f. Elektrotechnik 1887, S. 394.
- SCHILLING. Ueber den gegenwärtigen Stand der elektrischen Beleuchtung. München 1888.
- MAY, O. Anweisung für den elektrischen Lichtbetrieb etc. Frankfurt a. M. 1888.
- SALOMONS, D. *Management of accumulators and private light installations.* London 1888.
- WETTER, B. VAN. *Les applications de la lumière électrique.* Paris 1888.
- BÖCKMANN. Ueber elektrische Beleuchtungs-Anlagen in Wohnhäusern. Deutsche Bauz. 1888, S. 618.
- LEFÈVRE, J. *L'électricité à la maison.* Paris 1889.
- Ferner:
- The telegraphic journal and electrical review.* London. Erscheint seit 1873.
- The electrician.* Herausg. von G. TUCKER. London. Erscheint seit 1878.
- Zeitschrift für angewandte Electricitätslehre. Herausg. von PH. CARL. München u. Leipzig. 1879—82.
- La lumière électrique.* Red. von C. HERZ. Paris. Erscheint seit 1879.
- Elektrotechnische Zeitschrift. Red. von R. RÜHLMANN & R. PETSCH. Berlin. Erscheint seit 1880.

- L'électricien*. Red. von E. HOSPITALIER. Paris. Erfcheint feit 1881.  
 Der Elektrotechniker. Herausg. von G. A. UNGAR-SZENTMIKLÓSY. Wien. Erfcheint feit 1882.  
*The electrical engineer*. Red. von F. L. POPE & G. M. PHELPS. New-York. Erfcheint feit 1882.  
 Zeitschrift für Elektrotechnik. Red. von J. KAREIS. Wien. Erfcheint feit 1883.  
 Elektrotechnische Rundschau. Herausg. von G. KREBS. Halle a. S. Erfcheint feit 1883.  
 Centralblatt für Elektrotechnik. Red. von UPPENBORN. München. Erfcheint feit 1883.  
*Revue internationale de l'électricité et de ses applications*. Red. von J.-A. MONTEPELLIER. Paris. Erfcheint  
 feit 1884.

β) Ausgeführte Beleuchtungs-Anlagen.

- Éclairage à la lumière électrique de la gare du Nord*. Portefeuille éconóm. des mach. 1876, S. 45.  
 CLARK & BRIGGS. *The lighting of the hall of representatives by the Brush dynamo-electric machine*.  
*Engng.*, Bd. 26, S. 206, 225.  
 GROSSE-TESTE, W. *Note sur une application de l'éclairage électrique faite à la filature du Champ du  
 Pin à Epinal*. Bulletin de la soc. de Mulhouse 1878, S. 22.  
 Elektrisches Licht für ein Hôtel. Deutsche Bauz. 1879, S. 316.  
 Die Erleuchtung der Bahnhofs-Halle des Königlichen Oftbahnhofes in Berlin durch elektrisches Licht.  
 Ann. f. Gwb. u. Bauw., Bd. 5, S. 297. Deutsche Bauz. 1879, S. 446. Organ f. d. Fortsch. d.  
 Eifenbahnw. 1880, S. 61.  
 LEONHARDT, E. Elektrische Beleuchtung des Wiener Südbahnhofes. Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-  
 Ver. 1880, S. 132.  
 Elektrische Beleuchtung der Packet-Annahme im Hofpost-Amtsgebäude zu Berlin. Skizzen-Buch f. d. Ing.  
 u. Mafch. Heft 127.  
*The Jablochhoff electric light at the Palais de l'industrie, Paris*. *Engng.*, Bd. 29, S. 62, 64.  
*The electric light at St. Enoch's railway station*. *Engng.*, Bd. 30, S. 76.  
 FONVIELLE, U. DE. *L'éclairage électrique au palais des beaux arts*. *L'électricité* 1880, No. 10.  
*La lumière électrique à l'exposition de Bruxelles*. *Revue industr.* 1880, S. 433.  
*La lumière électrique et le gaz à l'Eden-théâtre à Bruxelles*. *Moniteur industr.* 1880, No. 33.  
*The electric light in the South Kensington museum*. *Electrician*, Bd. 5, Nr. 16.  
 OELWEIN, A. Ueber die Anwendung der elektrischen Beleuchtung auf deutschen Bahnhöfen. Zeitschr.  
 d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1881, S. 11, 20.  
 SCHULZE, O. Die elektrische Beleuchtung der großen Oper in Paris. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 367.  
*L'éclairage électrique du château Holyrood*. *Lumière électrique* 1881, Nr. 33.  
*The electric light at King's Cross*. *Engineer*, Bd. 52, S. 147.  
 Die elektrische Beleuchtung des *Théâtre des Variétés* in Paris. Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 432.  
 Elektrische Beleuchtung des Savoy-Theaters in London. *Engng.*, Bd. 33, S. 204. *Polyt. Journ.*, Bd. 244,  
 S. 204. *Elektrotechn.* Zeitschr. 1882, S. 160.  
 DUMONT, J. *La lumière électrique au bureau télégraphique et à la station de Bruxelles-Nord*. Brüssel 1882.  
 GUEROUT, A. *L'éclairage de la bibliothèque royale de Bruxelles*. *Lumière électrique* 1882, Nr. 22.  
*The electric light at the mansion house*. *Engineer*, Bd. 53, S. 153. *Electrician* 1882, Nr. 18.  
 MARGGRAFF, H. Die elektrische Beleuchtung des k. Residenztheaters in München. Centralbl. d. Bauverw.  
 1883, S. 218.  
 Der Umbau des Kgl. Hoftheaters in Stuttgart. 4. Elektrische Beleuchtung. Deutsche Bauz. 1883, S. 618.  
 JORDAN, P. Die elektrische Beleuchtung des Savoy-Theaters in London und des Stadttheaters in Brünn.  
 Gesundh.-Ing. 1883, S. 161.  
*L'éclairage électrique aux Magasins du Printemps*. *Gaz. des arch.* 1883, S. 221, 224.  
*L'éclairage électrique aux grands Magasins du Louvre*. *Revue industr.* 1883, S. 409.  
*Electric lighting at the Brünn theatre*. *Engng.*, Bd. 35, S. 345.  
*The electric light at the Eden theatre, Paris*. *Engng.*, Bd. 35, S. 587.  
*The electric light in the Magasins du Louvre*. *Engng.*, Bd. 36, S. 84.  
*The electric light at the Magasins du Printemps*. *Engng.*, Bd. 36, S. 360.  
 Veröffentlichung der deutschen Edison-Gesellschaft. II. Elektrische Beleuchtung von Theatern mit Edison-  
 Glühlicht. Berlin 1884.  
 FUNKE. Die elektrische Beleuchtung des neuen Central-Bahnhofes in Strafsburg. Centralbl. d. Bauverw.  
 1884, S. 60, 73.  
 MARNIER, A. *Éclairage électrique du Théâtre Royal, à Manchester*. *Revue industr.* 1884, S. 64.  
*L'éclairage électrique du théâtre de l'Ambigu*. *Revue industr.* 1884, S. 434.

- The lighting of Bethnal-Green museum.* *Engineer*, Bd. 58, S. 110.
- Der Centralbahnhof der königlich ungarischen Staatsbahnen in Budapest. — Die elektrische Beleuchtungs-Anlage. *Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1885, S. 204.
- BARTET, G. *Note sur l'installation de l'éclairage électrique à l'hôtel de ville.* *Annales des ponts et chaussées* 1885-I, S. 990.
- The electric light at the Paris opera.* *Engng.*, Bd. 40, S. 522.
- The electric light at the Rochechouart baths, Paris.* *Engng.*, Bd. 41, S. 39.
- PICHLER, M. R. v. Die elektrische Beleuchtung der Lokalitäten des Gemeinderathes im neuen Rathhause zu Wien. *Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1886, S. 133. — Auch im Buchhandel erschienen: Wien 1887.
- GAISBERG, S. v. Die elektrische Beleuchtungsanlage im Kriegsministerial-Gebäude in München. München 1887. *The electric light in the new town hall of Vienna.* *Engng.*, Bd. 53, S. 542, 594.
- Die elektrische Beleuchtung der Großen Oper in Paris. UHLAND's Techn. Rundschau 1888, S. 25.
- Die Anlage zur elektrischen Beleuchtung der Kaisergalerie (Passage) in Berlin. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1888, S. 701.
- PETERS. Die Einrichtung der elektrischen Beleuchtung im Stadttheater zu Magdeburg. *Deutsche Bauz.* 1889, S. 419.
- Die elektrische Beleuchtungsanlage des Königlichen Opernhäuses in Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1889, S. 457.



## C. Heizung und Lüftung der Räume.

Von HERMANN FISCHER.

Das Bestreben, lebende Wesen wie leblose Dinge gegen die Einflüsse der Atmosphäre möglichst zu schützen, sie vom Wechsel des Wetters unabhängig zu machen, führte zur Herstellung mehr oder weniger geschlossener Wohn-, Werkstätten-, Lager- u. f. w. Räume.

Die Wände, Decken u. f. w. dieser Räume vermögen dem Inhalt derselben ohne Weiteres den erforderlichen Schutz gegen Regen und Wind, wie gegen die Macht der Sonnenstrahlen zu gewähren; nicht aber sind sie im Stande, die Unannehmlichkeiten zu beseitigen, welche der Temperaturwechsel der Atmosphäre im Gefolge hat. Es giebt Stoffe, welche für Wasser, Luft und Licht undurchlässig sind, nicht aber solche, welche den Durchgang der Wärme verhüten könnten. So ist man gezwungen, so fern man in einem geschlossenen Raume eine vom Zustande der Atmosphäre unabhängige Temperatur sich schaffen will, in diesem Raume Wärme frei zu machen oder zu binden, Einrichtungen zu schaffen, welche nach Bedarf erwärmend oder abkühlend wirken.

Der Stoffwechsel der Warmblüter erfordert eine bestimmte Temperatur des Blutes (Blutwärme der Menschen: 36,0 bis 37,5 Grad), die nur wenig über- oder unterschritten werden darf, wenn Störungen des Lebensvorganges vermieden werden sollen. Sie wird unterhalten durch fortwährende Wärme-Zufuhr, herrührend von der Verbrennung der abgängigen Körpertheile, und durch fortwährende Wärme-Abfuhr von der Oberfläche der hierzu geeigneten Hauttheile. Die Wärme-Abfuhr setzt einen Temperatur-Ueberschuss voraus; da der Stoffwechsel ununterbrochen Wärme frei macht, so muß die Temperatur des Körpers diejenige der ihn umgebenden Luft um eine bestimmte, von der Wärme-Zufuhr abhängige Gröfse überragen. Die Entwärmung des Körpers, das Maß und die Art derselben sind von so erheblichem Einflufs auf den Stoffwechsel, daß ihre Fehler den letzteren theilweise oder ganz zu stören vermögen.

Es ist hier nicht der Ort, die Erscheinungen zu erörtern, welche eine gröfsere oder geringere Entwärmung der einzelnen Körpertheile hervorrufen; Bekleidung und Gewohnheiten regeln in dieser Beziehung. Für den vorliegenden Zweck genügt es, als Ziel der Beheizung eine zutreffende Entwärmung der Körper zu bezeichnen. Die Wärme-Abfuhr erfolgt theilweise durch Berührung der kühleren Luft mit der wärmeren Haut, theils durch Strahlung gegenüber der Luft, den Wänden und anderen Flächen des betreffenden Raumes. Ihr Erfolg hängt daher ab von der Temperatur der den Körper umgebenden Luft, so wie von der Temperatur der Wände und sonstigen Gegenstände, welche sich in der Nähe des in Frage kommenden Körpers befinden.

Die Aufgabe der Beheizung läßt sich hiernach in die folgenden zwei Sätze zusammenfassen:

97.  
Zweck  
d. Heizung  
u. Lüftung.

- 1) Der Inhalt wie die Einschließungsflächen eines Raumes sind auf bestimmte Temperaturen, welche nicht unter sich gleich zu sein brauchen, zu erwärmen, bezw. abzukühlen;
- 2) nach Erreichung der geforderten Temperaturen sind dieselben dauernd zu erhalten, entweder durch Wärme-Zufuhr oder -Abfuhr.

Die oben erwähnte Verbrennung der abgängigen Körpertheile entzieht der Luft Sauerstoff und führt derselben Kohlenäure und Wasserdampf zu. Es finden außerdem Gasbildungen, bezw. Luftverunreinigungen statt, die weniger leicht oder gar nicht zu verfolgen sind, und — theils, weil man sie nicht kennt — im Verdacht besonderer Gefährlichkeit stehen. Endlich stammen Verunreinigungen der Luft her von Zersetzungen des Schmutzes, von den Mitteln, welche zur künstlichen Beleuchtung benutzt werden, und von den Arbeitsvorgängen, die in dem betreffenden Raume stattfinden.

Der ordnungsmäßige Verlauf des Stoffwechsels erfordert Unschädlichmachung der genannten Luftverunreinigungen. Diefem Zwecke dient die Lüftung oder Ventilation, indem dieselbe entweder:

- 3a) die nicht athembaren Gase oder sonstigen Gebilde, welche geeignet sind, die Luft zu verunreinigen, unter gleichzeitigem Ersatz der verbrauchten reinen Luft abführt, bevor sie Gelegenheit hatten, sich der Luft beizumischen, oder
- 3b) die Verunreinigung durch Zuführen fog. reiner Luft und Abführen einer entsprechenden Menge verunreinigter Luft auf ein zulässiges Maß vermindert.

Man bemerkt, daß die Lüftung nicht ohne die Heizung bestehen kann, indem die zuzuführende Luft, welche dem Freien entnommen werden muß, in der Regel eine andere Temperatur hat, als diejenige des zu lüftenden Raumes.

98.  
Mittel  
zur  
Erwärmung.

Das einfachste Mittel zum Erwärmen eines geschlossenen Raumes ist das offene Feuer, welches seine Wärmestrahlungen theils der Luft unmittelbar sendet, theils auf die zu erwärmenden Körper wirkt und durch Vermittelung dieser die Luft erwärmt. Es wird als Luxusgegenstand noch heute in Gestalt der fog. Kamine verwendet.

Die Alten, wenigstens die Römer, beheizten ihre Bäder — in den Wohnungen scheint das Bedürfnis einer Heizung selbst zur Glanzzeit des alten Rom wenig empfunden worden zu sein, was sich aus dem milden Klima erklärt — indem sie die im Feuerraum (Hypocaustis) entwickelten Rauchgase durch einen niedrigen, unter dem Steinfußboden befindlichen Raum (das Hypocaustum) und von diesem aus in zahlreichen Iothrechten, in den Wänden angebrachten Schächten über Dach führten. Sie erwärmten somit die Einschließungsflächen des Raumes und namentlich den Fußboden desselben. Dieses Beheizungsverfahren hat, trotz lebhafter Fürsprache<sup>63)</sup> und trotz einiger Vorzüge, bisher sich nicht einzuführen vermocht, da für die meisten Fälle erhebliche Mängel die Vorzüge dieser Beheizungsart bei Weitem überragen.

Bei näherem Hinschauen bemerkt man überdies, daß selbst in diesen altrömischen Bädern höchstens die Hälfte der Einschließungsflächen erwärmt wird; der Rest läßt Wärme nach außen abfließen, welche nur von der sie bespülenden Luft geliefert werden kann.

So findet man in der alten Fußboden- und Wandheizung bereits das zur Zeit

<sup>63)</sup> Siehe: BERGES, J. Moderne und antike Heizungs- und Ventilationsmethoden. Berlin 1870.

allgemein gebräuchliche Mittel zur Erwärmung der Einschließungsflächen, wie des Inhaltes geschlossener Räume: die Lufterwärmung im Gebrauch.

Die Luft spielt hierbei die Rolle eines Wärmeträgers und -Vertheilers; sie entnimmt die Wärme den fog. Heizflächen, welche sich innerhalb oder auferhalb des zu beheizenden Raumes befinden können, und vertheilt sie schließlic an alles in dem betreffenden Raume zu Erwärmende. Vermöge ihrer großen Beweglickeit vermag sie den angedeuteten Dienst auf größere Entfernungen zu verrichten und ermöglicht damit die Erwärmung eines Raumes und feiner Einschließungsflächen von einer verhältnißmäßig kleinen Wärmequelle, den Heizflächen aus.

So fern die Heizflächen in dem zu beheizenden Raume untergebracht sind, läßt man die Wärmestrahlen derselben nicht selten unvermittelt in den Raum treten. Diejenigen Wärmestrahlen, welche den Körper eines lebenden Geschöpfes treffen, beeinflussen diesen einseitig, weshalb sie auf die Dauer höchst lästig werden können. Jedoch wird von einigen Personen behauptet, daß eine gewisse Wärmestrahlung, wenn nicht das Wohlbefinden fördernd, so doch angenehm sei, weshalb der unvermittelten Wärmestrahlung neben der Lufterwärmung nicht jede Berechtigung abgesprochen werden kann.

Die erste Aufgabe zur Erreichung oben genannter Ziele ist die Bestimmung derjenigen Wärmemenge, welche den Räumen zugeführt, bzw. entzogen werden muß, so wie die Untersuchung, welche Mengen von Luftverunreinigungen zu beseitigen sind. Erst nach Lösung dieser Vorfragen können die Mittel zur Erreichung des Verlangten ihrer Art und ihrem Umfange nach näher bestimmt werden.

Die Mittel zur Erreichung einer genügend reinen Luft sind in den auf S. 92 unter 3a und 3b angeführten Sätzen vorläufig genügend gekennzeichnet.

#### Literatur.

Bücher über »Heizung und Lüftung im Allgemeinen«.

- PÉCLET, E. *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*. Paris 1828. — 3. Aufl. 1861. —  
Deutsch von C. HARTMANN. Neue (Titel-)Ausg. Leipzig 1866.
- MEISSNER, P. T. *Die Heizung mit erwärmter Luft*. 3. Aufl. Wien 1826.
- HEIGELIN, C. M. *Handbuch der Heizung*. Stuttgart 1827.
- WHITWELL, S. *On warming and ventilating houses and buildings etc.* London 1834.
- INMAN, W. S. *Principles on ventilation, warming, and the transmission of sound*. London 1836.
- TREGOLD, TH. *Principles of warming and ventilating public buildings*. London 1836. — Deutsch  
von KÜHN. Leipzig 1837.
- TREGOLD, TH. *Treatise on warming and ventilating*. London 1842.
- PÉCLET, E. *Nouveaux documents relatifs au chauffage et à la ventilation des établissements publics etc.*  
Paris 1843. — Deutsch von C. HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1863.
- REID, D. B. *Illustrations of the theory and practice of ventilation*. London 1844.
- BERNAN, W. *The history of the art of warming and ventilating rooms and buildings*. London 1845.
- HOOD, CH. *On warming buildings and on ventilation*. London 1846.
- BURN, R. S. *Practical handbook of the ventilation of public, private and agricultural buildings*. London  
1849. — Deutsch von C. HARTMANN. Leipzig 1851.
- HOOD, CH. *A practical treatise on warming buildings by hot water, steam, and hot air, on ventilation etc.*  
Neue Ausg. London 1855. — 6. Aufl. 1885.
- PETTENKOFER. *Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden*. München 1859.
- ARTMANN, F. *Allgemeine Bemerkungen über Ventilation und die verschiedenen auf die Güte der Luft  
Einfluß nehmenden Verhältnisse*. Prag 1860.
- WOLFERT, A. *Principien der Ventilation und Heizung*. Braunschweig 1860.
- SCHINZ, C. *Die Heizung und Ventilation in Fabrikgebäuden etc.* Stuttgart 1861.

- WEISS, TH. Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen. Zürich 1862.
- RITCHIE, C. E. *A treatise on ventilation natural and artificial*. London 1862.
- REDTENBACHER, F. Der Maschinbau. 2. Band. Mannheim 1863.
- RUTTER, H. *Ventilation and warming of buildings*. New-York 1863.
- MORIN, A. *Études sur la ventilation*. Paris 1863.
- VALÉRIUS, H. *Les applications de la chaleur, avec un exposé des meilleurs systèmes de chauffage et de ventilation*. Brüssel 1866. — 3. Aufl. Gent 1880.
- JOLY, V. CH. *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la distribution des eaux dans les habitations particulières*. Paris 1868.
- LEEDS, W. *Lectures on ventilation: being a course delivered in the Franklin Institute of Philadelphia, during the winter of 1866—67*. New-York 1868.
- WEBER, K. Luft und Licht in menschlichen Wohnungen. Vortrag in der Reihe der von dem »Frauenverein für Krankenpflege« veranstalteten populären Vorlesungen. Darmstadt 1869.
- CASTAREDE-LABARTHE, P. *Du chauffage et de la ventilation des habitations privées*. Paris 1869.
- DEGEN, L. Praktisches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung von öffentlichen und Privatgebäuden etc. München 1869. — 2. Aufl. 1878.
- EDWARDS, F. *The ventilation of dwelling houses*. London 1869. — 2. Aufl. 1880.
- GROTHE, H. Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen für Fabrik, Gewerbe und Haus. Weimar 1870. Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge. Herausg. von R. VIRCHOW u. F. v. HOLTZENDORF. Heft 112: Moderne und antike Heizungsmethoden. Von J. BERGER. Berlin 1870.
- TRONQUOY, C. *Un chapitre sur le chauffage et la ventilation*. Paris 1871.
- LEEDS, L. W. *Treatise on ventilation: seven lectures in Philadelphia. 1866—68*. New-York 1871. — Neue Aufl. Philadelphia 1876.
- Recherches sur la ventilation naturelle et sur la ventilation artificielle*. Brüssel 1873.
- BUTLER, W. F. *Ventilation of buildings*. London 1873.
- MORIN, A. *Salubrité des habitations. Manuel pratique du chauffage et de la ventilation*. Paris 1874.
- GRASHOF, F. Theoretische Maschinlehre. 1. Band. Mechanische Wärmetheorie, Hydraulik, Heizung. Leipzig 1875.
- BOSC, E. *Traité complet théorique et pratique du chauffage et de la ventilation des habitations particulières et des édifices publics*. Paris 1875.
- MUNDE, C. Zimmerluft, Heizung und Ventilation etc. Leipzig 1876. — 2. Aufl. 1877.
- FERRINI, R. Technologie der Wärme, Feuerungsanlagen, Oefen, Heizung und Ventilation der Gebäude etc. Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1877.
- Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der Oesterreichischen Commission. 17. Heft: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877.
- STROTT, G. K. Ventilation und Desinfection der Wohnräume, nebst Conservirung der in Wohnhäusern vorkommenden organischen Körper. Holzwinden 1877.
- HAESECKE, E. Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.
- C. L. STAEBE'S Preischrift über die zweckmäßigsten Ventilations-Systeme. Redigirt, durch Anmerkungen und einen Anhang vervollständigt von A. WOLPERT. Berlin 1878.
- BIRD, P. H. *On the ventilation of rooms, house-drains, soil-pipes, and sewers*. London 1879.
- WAZON, A. *Chauffage et ventilation des édifices publics et privés*. Paris 1879.
- MEINERS, H. Das städtische Wohnhaus der Zukunft oder wie sollen wir bauen und auf welche Weise ventiliren und heizen? Stuttgart 1879. — 2. Aufl. 1880.
- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek. Heft 49: Die Ventilation der bewohnten Räume. Von AHRENDTS. Leipzig 1880. (2. Aufl. 1886). — Heft 50: Die Zentralheizungen der Wohnhäuser, öffentlicher Gebäude etc. Von AHRENDTS. Leipzig 1881. (2. Aufl. 1885.)
- WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880.
- PLANAT, P. *Cours de construction civile. 1<sup>re</sup> partie: Chauffage et ventilation de lieux habités*. Paris 1880.
- SCHOLTZ, A. Feuerungs- und Ventilations-Anlagen. Karlsruhe 1881.
- NAUMANN, A. Die Heizungsfrage, mit besonderer Rücksicht auf Wassergaserzeugung und Wassergasheizung. Gießen 1881.
- CONSTANTINE, J. *Practical ventilation and warming*. Manchester 1881.
- A treatise on ventilation. Comprising seven lectures delivered before the Franklin Institute*. New-York 1882.
- DENY, E. *Chauffage et ventilation rationnelle des écoles, habitations etc*. Paris 1882. — Deutsch von E. HAESECKE. Berlin 1886.

- ULMI, K. Populäre Mittheilungen über Heizung und Ventilation etc. Bern 1883.  
 FISCHER, F. Taschenbuch für Feuerungstechniker etc. Stuttgart 1883.  
 UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. II. Band. Leipzig 1883. S. 65.  
 SCHWARTZE, TH. Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1884.  
 HAUSDING, A. Die Heizungs-, Ventilations- und Trocken-Anlagen, Dampf-Koch-, Wafch- und Bade-Einrichtungen der Actiengesellschaft *Schäffer & Walcker* in Berlin. Berlin 1884.  
 ROMAIN, A. *Nouveau manuel complet du chauffage et de la ventilation*. Paris 1884.  
 BILLINGS, J. S. *The principles of ventilation and heating etc.* London 1884.  
 JAUNEZ, A. *Manuel du chauffeur etc.* 1. u. 2. Aufl. London 1884.  
 STURM, E. Der gegenwärtige Stand der Heizfrage etc. Würzburg 1885.  
 PAUL, F. Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Wien 1885.  
 EINBECK, J. Der gegenwärtige Stand der Heizungs-Technik. Hagen 1886.  
 FANDERLIK, F. Elemente der Lüftung und Heizung. Wien 1887.  
 FISCHER, F. Feuerungsanlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke. Karlsruhe 1889.

## 5. Kapitel.

### Zu- und abzuführende Wärmemenge.

#### a) Wärmemenge, welche in Folge der Benutzung der Räume frei wird.

Wenn man von Sonderfällen abieht, so sind im vorliegenden Sinne nur zwei Wärmequellen zu nennen, nämlich der Stoffwechsel der Menschen und die Beleuchtung mit Gas. Alle übrigen regelmäfsig auftretenden Wärmequellen können den genannten gegenüber vernachlässigt werden.

99.  
Stoffwechsel  
der  
Menschen.

Die Wärmeentwicklung in Folge Verbrennung der abgängigen Körpertheile ist auferordentlich schwankend. Sie hängt ab von der Menge und Art der Nahrung, von dem körperlichen Zustande und der Beschäftigung der Menschen. Auch der Gemüthszustand dürfte nicht ohne Einfluss sein. Im Allgemeinen entwickeln kräftige Menschen mehr Wärme als schwächliche, Erwachsene mehr als Kinder, Männer mehr als Frauen.

Nach *v. Pettenkofer* und *Voit*<sup>64)</sup> liefert der Stoffwechsel eines erwachsenen Menschen in der Stunde durchschnittlich 125 Einheiten, wenn unter einer Wärmeinheit, wie hier immer, diejenige Wärmemenge verstanden wird, welche 1 kg Wasser um 1 Grad C. zu erwärmen vermag. Diese Wärmemenge wird indeffen nicht vollständig zum Erwärmen des betreffenden Raumes benutzt, vielmehr ein erheblicher Theil, zuweilen bis zu  $\frac{1}{3}$  oder mehr, durch die Wasserverdunstung der Körperoberfläche gebunden. So fern die Zimmerluft geeignet ist, entsprechende Wassermengen aufzunehmen, also unter den gewöhnlichen Verhältnissen eines gut gelüfteten Raumes, wird man für einen erwachsenen Mann eine stündliche Zufuhr von 100 Einheiten rechnen können, während für Kinder durchschnittlich 50 Einheiten stündlich gerechnet werden dürfen.

In Art. 52 (S. 49) wurde bereits angegeben, dass 1 cbm Gas je nach seiner Zusammensetzung bei der Verbrennung 4000 bis 7000 Einheiten entwickle; als Mittelwerth dürften 6000 Einheiten anzunehmen sein. Angesichts der erheblichen Verschiedenheiten wird man in besonderen Fällen sich Kenntniss von der Zusammensetzung des Gases verschaffen und die Wärmeentwicklung nach dem Ver-

100.  
Gas-  
beleuchtung.

<sup>64)</sup> Siehe: PETTENKOFER, M. v. Kleidung, Wohnung, Boden. Populäre Vorlesungen. Braunschweig 1872. S. 6.

fahren berechnen, welches weiter unten, bei Befprechung der Brennstoffe, angegeben werden wird.

Nach *F. Fischer's* Versuchen<sup>65)</sup> erzeugen die verschiedenen Lichtquellen sehr verschiedene Wärmemengen. In der hier folgenden Zusammenstellung ist die Wärmeentwicklung der Lichtquellen auf 100 Kerzen Lichtstärke bezogen; es sind auch die erzeugten Dampf- und Kohlenfäuremengen hinzugefügt.

Die stündliche Erzeugung von 100 Kerzen liefert:

Beleuchtungsart	Wasserdampf	Kohlenfäure	Wärme
Elektrisches Bogenlicht . . . . .	—	Spuren	57 bis 158
» Glühlicht . . . . .	—	—	290 » 536
Leuchtgas, <i>Siemens</i> -Lampe . . . . .	—	—	etwa 1500
» <i>Argand</i> -Brenner . . . . .	0,86	0,46	» 4860
» Zweilochbrenner . . . . .	2,14	1,14	» 12150
Erdöl, größter Rundbrenner . . . . .	0,22	0,32	» 2400
» kleiner Flachbrenner . . . . .	0,80	0,92	» 7200
Solaröl, Lampe von <i>Schuster &amp; Baer</i> . . . . .	0,37	0,44	» 3360
» kleiner Flachbrenner . . . . .	0,80	0,95	» 7200
Rüböl, Carcel-Lampe . . . . .	0,52	0,61	» 4200
» Studirlampe . . . . .	0,85	1,00	» 6800
Paraffin-Kerze . . . . .	0,99	1,22	» 9200
Wallrathkerze . . . . .	0,89	1,17	» 7960
Wachskerze . . . . .	0,88	1,18	» 7960
Stearinkerze . . . . .	1,04	1,30	» 8940
Talgkerze . . . . .	1,05	1,45	» 9700
	Kilogramm.		Wärmeeinheiten.

Die Wasserdampf- und Kohlenfäureentwicklung der *Siemens*-Lampe ist nicht angegeben, weil angenommen wird, daß die Rauchgase derselben besonders abgeführt werden. Hindert man die Rauchgase, mit der Luft des beleuchteten Raumes sich zu mischen, so beseitigt man damit nicht die Erwärmung der Luft Seitens ersterer; vielmehr findet die Wärme-Zufuhr noch auf zwei Wegen statt: nämlich mittels Ueberleitung derselben durch die Abschließungsflächen und mittels Strahlung. Ersterer Theil läßt sich durch zweckmäßige Anordnungen sehr gering machen; letzterer Theil entzieht sich jeder Beeinflussung, es sei denn, daß man die Lichtstrahlen, wie die Wärmestrahlen durch solche Stoffe leitete, welche von letzteren größere Mengen verschlucken.

### b) Wärmestrahlung und Wärmeleitung.

Die Wärmemenge, welche die Fläche eines von der Luft oder einer anderen Flüssigkeit berührten Körpers mit dieser austauscht, ist auf Grund der bisherigen Beobachtungen nur schwer zu bestimmen. Sie wird theils durch Berührung der in Rede stehenden Fläche mit der Flüssigkeit, sonach durch Ueberleitung, theils durch Strahlung übertragen.

Die Menge der Wärme, welche durch Strahlung ausgetauscht wird, ist abhängig von dem Unterschied der Temperaturen der ersten Fläche gegenüber der von den Wärmestrahlen getroffenen Fläche und von dem Zustande der beiden Flächen. Den Zustand der getroffenen Fläche vernachlässigt man gemeinlich, obgleich derselbe in eben dem Maße sich geltend macht, wie derjenige der ersten Fläche im vorliegenden Sinne, wohl nur um die Rechnungen zu vereinfachen.

Den Zustand der strahlenden Fläche berücksichtigt man durch Erfahrungszahlen, welche hier mit *s* bezeichnet werden sollen.

<sup>65)</sup> Siehe: WAGNER, R. v. Handbuch der chemischen Technologie. 12. Aufl. von F. FISCHER. Leipzig 1886. S. 965.

*Dulong* und *Petit* haben, auf Grund zahlreicher Versuche, folgenden Ausdruck für die durch Strahlung im luftleeren Raume stündlich von 1 qm Fläche abgegebene Wärme  $W_s$  aufgestellt:

$$W_s = 125 s (1,0077^{t_1} - 1,0077^{t_2}), \quad \dots \quad 11.$$

worin  $t_1$  die Temperatur der strahlenden,  $t_2$  diejenige der bestrahlten Fläche bedeutet. Die Formel gilt für Temperatur-Unterschiede bis zu 260 Grad.

Nach *H. Buff*<sup>66)</sup> verschluckt die atmosphärische Luft im gewöhnlichen Zustande etwa die Hälfte der Wärmestrahlen, während die andere Hälfte freien Durchlaufs findet. Andere Beobachter<sup>67)</sup> haben hiervon abweichende Werthe gefunden. Immerhin würde der eingeklammerte Werth für die Berechnung der Strahlung im luft erfüllten Raume in zwei Theile zerlegt werden müssen; der eine derselben würde die beiden Temperaturen  $t_1$  und  $t$ , d. h. diejenigen der strahlenden Fläche und der Luft, die andere die Temperaturen  $t_1$  und  $t_2$ , d. h. diejenigen der strahlenden und der hinter der Luft befindlichen bestrahlten Fläche enthalten müssen.

Letztere Fläche besteht, wenn es sich z. B. um die Wärmeausstrahlung der Außenwand eines Hauses handelt, oft aus den Wänden der gegenüber liegenden Gebäude. Diese sind häufig wärmer, als die zwischen beiden Flächen befindliche Luft, bei großer Kälte, die vorzugsweise berücksichtigt werden muß, niemals kälter als dieselbe. Häufig fehlen derartige bestrahlte feste Flächen. In vielen Fällen muß daher für  $t_2$  die Temperatur  $t$  eingeschaltet werden. Die auszuführende Anlage zur Erreichung einer vom Freien unabhängigen Temperatur muß dem größten Wärmeaustausch gewachsen sein, weshalb es zulässig erscheint, in der Regel  $t$  für  $t_2$  einzusetzen. Die von einem Heizkörper bestrahlte, jenseits der denselben umgebenden Luft befindliche Fläche ist meistens kälter, als die Luft; ihre Temperatur ist jedoch schwer vorab zu bestimmen. Da nun bei Berechnung des Heizkörpers die möglicherweise eintretende ungünstigste Wärmeabgabe ausschlaggebend ist, so ist es nicht weniger berechtigt, auch für diesen Fall in der Regel  $t$  für  $t_2$  einzusetzen.

Das Verschlucken der Wärmestrahlen Seitens der Luft findet in dem der strahlenden Fläche zunächst liegenden Raume statt. Die Temperatur dieses Luftraumes ist, wie später näher erörtert werden wird, nur schwer oder gar nicht zu bestimmen; jedenfalls ist sie höher, als die mittels eines Thermometers gemessene Temperatur. Wenn trotzdem letztere Temperatur für diejenige der bestrahlten Lufttheilchen eingesetzt wird, so findet eine Ausgleichung des Fehlers statt, welcher in der Einführung der Größe  $t$  für  $t_2$  liegt.

Für die gleichsam negative Strahlung der kälteren Innenflächen der Wände auf die Luft, so wie auf Menschen, Möbel und andere Geräthe, die sich in einem Raume befinden, gelten, wie leicht übersehen werden kann, dieselben Erwägungen.

Die Form der Gleichung 11 ist jedoch eine so wenig bequeme, daß sie hier nicht angewendet werden soll.

Für Temperatur-Unterschiede bis zu 60 Grad liefert die *Péclet'sche* Formel, welche unter 12 angeführt wird, fast genau dieselben Werthe, wie Formel 11, weshalb sie, ihrer Einfachheit halber, für die Wärmestrahlung derjenigen Flächen, welche

<sup>66)</sup> Siehe: *POGGENDORF'S Annalen*, Bd. 158, S. 177.

<sup>67)</sup> Siehe ebendaf., Bd. 112, S. 351, 497; Bd. 113, S. 1; Bd. 114, S. 632, 635.

zwischen der freien Luft und dem in Frage kommenden geschlossenen Raume eintritt, benutzt werden soll. Sie lautet:

$$W_s = s [1 + 0,0056 (t_1 - t)] [t_1 - t], \dots \dots \dots 12.$$

wenn die feste Fläche wärmer ist, als die Luft.

Für grössere Temperatur-Unterschiede muß man sich mit einem abgekürzten Rechnungsverfahren begnügen, weil die Temperaturen selbst nicht mehr genau genug verfolgt werden können.

Was den Werth *s* anbelangt, so liegt über denselben eine Zahl von Versuchen vor, welche nachstehend, so weit sie für das Beheizungsverfahren Bedeutung haben, zusammengestellt sind. Aus der Benennung der Oberflächen geht hervor, daß die Zahlen, welche die hier folgende Tabelle enthält, keine vollständig genauen sein können. Ich mache in dieser Hinsicht auf die Gegenüberstellung des gewöhnlichen Eisenbleches (mit *s* = 2,7) und des rostigen Eisenbleches (mit *s* = 3,3) aufmerksam. Für den vorliegenden Zweck müssen die Zahlen genügen, insbesondere auch die Feinheiten vernachlässigt werden, welche den Farbenverschiedenheiten, der Temperaturhöhe u. A. entspringen.

Bezeichnung der Oberfläche:	<i>s</i>	Bezeichnung der Oberfläche:	<i>s</i>
Blankes Kupfer . . . . .	0,16	Neues Gufseisen . . . . .	3,2
Zinn . . . . .	0,22	Rostiges Eisenblech . . . . .	3,3
Zink . . . . .	0,24	Kohlenstaub . . . . .	3,4
Blankes Messing . . . . .	0,26	Holz, Gyps, Bausteine, Baumwollen-, Wol-	
Blankes Eisenblech . . . . .	0,45	len- und Seidenstoffe. Oelfarbenanstrich .	3,6
Weißblech . . . . .	0,65	Papier . . . . .	3,8
Gewöhnliches Eisenblech . . . . .	2,7	Rufs . . . . .	4,0
Glas . . . . .	2,9	Wasser . . . . .	5,3

102.  
Wärme-  
leitung.

Die Wärmeübertragung, welche vermöge der Berührung von Luft und Körperoberfläche stattfindet, ist ihrer Menge nach weit weniger genau fest zu stellen, als die gestrahlte Wärme. Sie scheint lediglich von dem Temperatur-Unterschiede abzuhängen, welcher zwischen der Oberfläche und der sie berührenden Luft herrscht. Wenn man im Stande ist, die Oberflächen-Temperatur eines Körpers einigermaßen genau zu bestimmen, so fehlen doch bisher noch die Mittel zur Bestimmung der Temperatur derjenigen Lufttheilchen, welche die Körperoberfläche bespülen; diejenige Lufttemperatur, welche wir messen können, ist eine andere als die soeben genannte.

Die Thermometerkugel *C* (Fig. 45) erlaubt sowohl wegen ihrer Größe, als auch wegen des Einflusses der Strahlung der Fläche *AB* — welche durch geeignete Schirme möglichst unschädlich gemacht werden muß — ein Eintauchen in die mit der Fläche *AB* in Berührung stehende Luft, welches nothwendig sein würde, wenn man die Temperatur derselben messen wollte, nicht. Es sei *AB* wärmer, als die berührende Luft. Alsdann wird die mit *AB* in Berührung stehende Luftschicht erwärmt; sie führt einen Theil der aufgenommenen Wärme durch Leitung der benachbarten Luftschicht zu. Wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Luft kann hierdurch nur eine geringe Wärmemenge weiter geführt werden; der größere Theil der von *AB* abgegebenen Wärme wird daher in der diese Fläche unmittelbar berührenden Luftschicht aufgespeichert, wonach deren Temperatur erhöht. Weil die Raumeinheit der so leichten Luft nur geringe Wärmemengen aufzunehmen vermag, so ist die Temperaturerhöhung der Luft eine sehr rasche, wenn nicht noch andere Einflüsse sich geltend machen.

In Folge der Temperaturerhöhung mindert sich das Einheitsgewicht der den Körper berührenden Luftschicht; ist nun *AB* lothrecht, so bewegt sich die Luftschicht nach oben und macht anderer, kälterer Luft Platz, d. h. es wird die Temperatur der Luft in unmittelbarer Nähe von *AB* verringert, der Temperatur-Unterschied vergrößert. Ist *AB*

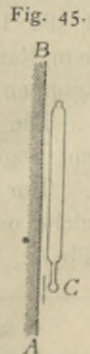


Fig. 45.



dagegen wagrecht gelegen und abwärts gerichtet (Fig. 46), so vermag die wärmere Luft nicht nach oben zu steigen; sie bleibt also in Berührung mit  $AB$ , erwärmt sich mehr und mehr und verhindert schliesslich die Wärmeabgabe bis auf die geringe Menge, welche durch Leitung der Luft weiter befördert wird.

Einen dritten möglichen Fall stellt Fig. 47 vor. Die Fläche  $AB$  ist wagrecht, aber nach oben gerichtet. In diesem Falle wird die durch  $AB$  unmittelbar erwärmte Luft mit grosser Entschiedenheit nach oben sich bewegen und durch kältere Luft ersetzt werden.

Fig. 46.

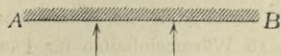
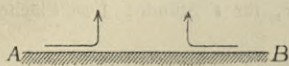


Fig. 47.



Auch die Begrenzung der Fläche  $AB$ , so wie die Ausdehnung derselben spielen hierbei eine nicht unwichtige Rolle. Ist z. B.  $AB$  in dem Falle der Fig. 47 sehr gross, vielleicht auch von lothrechten Wänden umrahmt, so wird die kalte Luft ausschliesslich von oben nach unten zuströmen müssen, hierbei der wärmeren Luft begegnen und wegen der vielfachen Berührung mit dieser, in Folge entstehender Wirbel, von dieser Wärme aufnehmen, während eine kleine nicht umrahmte Fläche  $AB$  den grössten Theil der kälteren Luft durch wagrechte Ströme zugeführt erhält.

Andere Flächenlagen, als die hier kurz besprochenen, haben Erscheinungen im Gefolge, welche zwischen den genannten liegen.

So fern die Fläche  $AB$  kälter ist, als die umgebende Luft, treten die erwähnten Erscheinungen in umgekehrter Richtung auf.

Von noch entschiedenerem Einfluss auf die wirkliche Lufttemperatur in unmittelbarer Nähe der Körperoberfläche ist die Bewegung der Luft durch äussere Einflüsse. In einem stark besetzten Saale kann der Aufenthalt ein unangenehmer dadurch sein, dass die Entwärmung der menschlichen Körper durch Strahlung eine mangelhafte ist: nach allen Seiten fast sind die Körper von solchen mit gleicher Oberflächen-Temperatur umgeben, so dass das  $t_1$  unserer Formel 11 dem  $t_2$  derselben nahezu oder vollständig gleich ist. Der Werth  $W_s$  wird sonach sehr klein oder gleich Null.

Die von einer Person entwickelte Wärme, welche vielleicht durch Tanzen, Reden, Singen oder dergl. den oben genannten Durchschnitt wesentlich überschreitet, muss deshalb nahezu ausschliesslich durch Leitung an die Luft abgegeben werden. Unsere Damen ergreifen in diesem Falle den Fächer und verursachen hierdurch grössere oder geringere Luftwirbel. Die Temperatur der Luft im Raume wird hierdurch keine andere; trotzdem ist die durch die Luftbewegung entstehende Kühlung eine deutlich fühlbare; sie entsteht, indem die die Haut unmittelbar berührende, von ihr erwärmte Luftschicht theilweise oder ganz verdrängt, weggespült wird und kältere Luftschichten, solche, deren Temperatur die im Saale gemessene ist, an ihre Stelle treten.

Bei Berechnung der Wärmemenge, welche durch Berührung einer festen Fläche mit der Luft überleitet wird, ist sonach nicht allein die Lage der Fläche, sondern der Bewegungszustand der Luft überhaupt gebührend zu berücksichtigen.

Schon Péclet hat die durch Leitung übertragene Wärmemenge  $W_l$  durch die Gleichung

$$W_l = l [1 + 0,0075 (t_1 - t)] [t_1 - t] \dots \dots \dots 13.$$

ausgedrückt, in welcher  $l$  eine von der Art der Luftbewegung abhängige Erfahrungszahl,  $t_1$  die Temperatur der Oberfläche,  $t$  diejenige Temperatur der Luft bedeutet, welche in mässiger Entfernung von der Oberfläche gemessen wird.

Nach Grashof<sup>68)</sup> ist  $l = 3$  bis  $6$  zu setzen, und zwar im Mittel für eingeschlossene Luft  $l = 4$ , für freie ruhige Luft  $l = 5$ .

Bei besonders grosser Geschwindigkeit der Luft scheint  $l$  erheblich höher zu sein, so dass für Wind, welcher die Oberfläche der Häuser trifft, mindestens  $l = 6$  gesetzt werden muss.

<sup>68)</sup> GRASHOF, F. Theoretische Maschinenlehre. Bd. 1. Leipzig 1875. S. 944.

Diese kleine Steigerung der Werthziffer  $l$  (von  $l = 5$  für freie ruhige Luft auf  $l = 6$  für freie windige Luft) ist nur für die Berechnung des Wärmeverlustes der verhältnißmäßig dicken Gebäudewände genügend, indem hier das Mittel aus verschiedenen Windgeschwindigkeiten, welche innerhalb eines größeren Zeitabschnittes auftreten, zur Geltung kommt, der Einfluss stärkeren Windes durch denjenigen der folgenden Ruhe gemildert wird.

Bei der Wärmeabgabe der Heizflächen, welche letztere meistens ein nur geringes Wärmespeichervermögen besitzen, und denen gegenüber die Luftbewegung sich nicht zufällig ändert, würde ein viel größeres  $l$  in Frage kommen. *Skell*<sup>69)</sup> fand bei 11,8 m secundlicher Luftgeschwindigkeit die Wärmeüberführung von Dampf in Luft, welche bei geringer Luftgeschwindigkeit etwa 16 Wärmeeinheiten für 1 qm, 1 Stunde und 1 Grad Temperatur-Unterschied beträgt, zu 50 und *Gebrüder Körting*<sup>70)</sup> die Wärmeüberführung von Wasser in Luft schon bei 7 m secundlicher Luftgeschwindigkeit zu 53.

Bei der Erwärmung des Wassers spielt die Lebhaftigkeit der Spülung nicht weniger eine große Rolle. So fand *Hagemann*<sup>71)</sup> die Wärmeübertragung von Dampf in Wasser, für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperatur-Unterschied:

$$\begin{array}{l} \text{bei } 0,09 \text{ m Wassergeschwindigkeit zu } \infty 900, \\ \text{„ } 1,8 \text{ m „ „ „ } \infty 3300. \end{array}$$

Die hier folgende Berechnung des Wärmedurchganges soll daher, da man noch nicht im Stande ist, die angezogenen Umstände für die Wände der Heiz- (bezw. Kühl-) Körper genügend genau zu verfolgen, in erster Linie nur für die Einschließungsflächen geheizter (bezw. gekühlter) Räume gelten.

103.  
Gefammte  
Wärmemenge.

Die Summe beider Wärmemengen, also  $W_s + W_l$ , multiplicirt mit der in Frage kommenden Flächengröße  $F$  (in Quadr.-Met.) ist die gefammte, von dieser abgegebene Wärme, welche mit  $W_1$  bezeichnet werden mag, so dafs entsteht:

$$W_1 = F(t_1 - t) \left[ s \{ 1 + 0,0056(t_1 - t) \} + l \{ 1 + 0,0075(t_1 - t) \} \right] \quad 14.$$

Diese Gleichung läßt sich auch wie folgt schreiben:

$$W_1 = \psi F(t_1 - t) \quad 15.$$

Die Berechnung von  $\psi$ , d. h. desjenigen Ausdruckes, welcher in Gleichung 14 in die []-Klammer eingeschlossen ist, bietet, aufer den schon genannten Unsicherheiten, in so fern Schwierigkeiten, als die Größe  $t_1 - t$  noch nicht bekannt, auch, wie später erörtert werden wird, zur Zeit nur auf Grund des als bekannt vorauszusetzenden  $\psi$  gewonnen werden kann. Für die geringen Temperatur-Unterschiede, welche bei den Einschließungsflächen der Wohnräume vorkommen, ist indess die genannte Schwierigkeit nicht erheblich, indem die mit  $t_1 - t$  innerhalb der Klammer verbundenen Factoren sehr klein sind, also  $t_1 - t$  schätzungsweise bestimmt werden kann.

Beispielsweise berechnet sich  $\psi$  für die Flächen einer Fenster Scheibe wie folgt. Es sei die Temperatur des Freien = - 20 Grad, diejenige des Zimmerinneren = + 20 Grad. Für  $t_1 - t$  ist alsdann mit ziemlicher Sicherheit höchstens 20 Grad anzunehmen. Die Außenfläche liefert alsdann ein  $\psi_a$ , da  $s = 2,9$  und  $l = 6$  (wegen möglicher Weise während der Kälte auftretenden Windes), welches ausgedrückt wird durch:

$$\psi_a = 2,9 (1 + 0,0056 \cdot 20) + 6 (1 + 0,0075 \cdot 20) = 2,9 (1 + 0,112) + 6 (1 + 0,15) = \infty 10,1.$$

Die Innenfläche dagegen, wegen  $s = 5,3$  (Fensterfehweis = Wasser) und  $l = 4$ :

$$\psi_i = 5,3 (1 + 0,112) + 4 (1 + 0,15) = \infty 10,5.$$

Man ersieht aus der gegebenen Rechnung, dafs für den vorliegenden Fall selbst ein erheblicher Irrthum in der Schätzung von  $t_1 - t$  einen nennenswerthen Einfluss auf das Endergebnis nicht gehabt haben würde. Dies ist offenbar bei dickeren, weniger gut leitenden Einschließungsflächen in noch höherem Grade der Fall, weil bei diesen  $t_1 - t$  an sich kleiner wird.

69) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 227, S. 209.

70) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 431.

71) Siehe: *Nogle Varmetransmissionsverfög.* Kopenhagen 1883. S. 10.

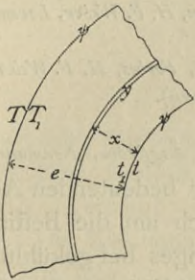
c) Wärmeüberführung durch feste Wände.

(Wärme-Transmission.)

Die Ueberleitung der Wärme von einer Wandfläche zur gegenüber liegenden eines festen, gleichartigen Körpers steht im geraden Verhältniß zum Temperatur-Unterschied und zur Flächengröße, so wie im umgekehrten Verhältniß zur Entfernung beider Flächen.

Fig. 48 stelle den Querschnitt einer irgend wie gekrümmten, aber überall gleich dicken, aus gleichartigem Stoff bestehenden Wand dar. Irgend eine um  $x$  von derjenigen Fläche, welche die Temperatur  $t_1$  besitzt, entfernte Schicht, deren räumliche Ausdehnung mit  $f$  bezeichnet werden mag, habe die Temperatur  $y$ . Sie wird, wenn die Temperatur  $T$  größer als  $t$  ist, und  $\lambda$  diejenige Wärmemenge bezeichnet, welche stündlich durch eine ebene Wand desselben Stoffes, die  $1 \text{ qm}$  Flächengröße und  $1 \text{ m}$  Dicke hat, bei  $1$  Grad Temperatur-Unterschied geleitet wird (vergl. die unten stehende Tabelle), in derselben Zeit eine Wärmemenge  $W_2$  überführen, welche durch die Gleichung auszudrücken ist:

Fig. 48.



$$W_2 = + \lambda f \frac{dy}{dx} \dots \dots \dots 16.$$

Hieraus entsteht sofort

$$dy = \frac{W_2}{f\lambda} dx \dots \dots \dots 17.$$

Für die Größe  $\lambda$  sind die nachstehenden Werthe einzuführen.

Wärmemengen  $\lambda$ , welche durch eine  $1 \text{ m}$  dicke Schicht nachbenannter Stoffe während  $1$  Stunde für  $1 \text{ qm}$  Oberfläche geleitet werden, wenn der Temperatur-Unterschied der Oberflächen  $1$  Grad beträgt:

Ruhende Luft . . . . .	$\lambda = 0,02$ (Mittel der Angaben verschiedener Beobachter).
» » . . . . .	» = $0,04$ (nach Péclet).
» » . . . . .	» = $0,31$ (nach Redtenbacher).
Wolle, Baumwolle, Flaum . . . . .	» = $0,015$ (nach Forbes).
» » . . . . .	» = $0,04$ (nach Péclet).
Filz . . . . .	» = $0,03$ (nach Forbes).
Kiefernholz-Sägespäne . . . . .	» = $0,045$ (desgl.).
Holzafche . . . . .	» = $0,06$ (nach Péclet).
Holzkohlenpulver . . . . .	» = $0,08$ (desgl.).
Kreidepulver . . . . .	» = $0,09$ (desgl.).
Feiner Quarzsand . . . . .	» = $0,05$ (nach Forbes).
» Sand . . . . .	» = $0,27$ (nach Péclet).
Zerstoßene, gebrannte Erde . . . . .	» = $0,15$ (desgl.).
» Coke . . . . .	» = $0,16$ (desgl.).
Geschwefelter Gummi (vulkanisierter Kautschuk) . . . . .	» = $0,032$ (nach Forbes).
Nadelholz, winkelrecht zur Faser . . . . .	» = $0,09$ (nach Péclet).
» » » . . . . .	» = $0,03$ (nach Forbes).
» in der Faserrichtung . . . . .	» = $0,17$ (nach Péclet).
» » » . . . . .	» = $0,11$ (nach Forbes).
Eichenholz, winkelrecht zur Faser . . . . .	» = $0,21$ (nach Péclet).
Gyps, angemacht und an der Luft getrocknet . . . . .	» = $0,33$ bis $0,52$ (desgl.).
Gebannter Thon . . . . .	» = $0,5$ bis $0,7$ (desgl.).

104.  
Einfache  
Wände.

Backsteinmauer . . . . .	$\lambda = 0,7$
Glas . . . . .	$\lambda = 0,75$ bis $0,88$ (nach <i>Péclet</i> ).
„ . . . . .	$\lambda = 0,47$ (nach <i>De la Rive</i> ).
„ . . . . .	$\lambda = 0,18$ (nach <i>Forbes, Beetz</i> ).
Sandstein (Lias) . . . . .	$\lambda = 1,3$ (nach <i>Péclet</i> ).
Feinkörniger Kalkstein . . . . .	$\lambda = 1,7$ bis $2,1$ (nach <i>Péclet</i> ).
Marmor . . . . .	$\lambda = 2,8$ bis $3,5$ (desgl.).
„ . . . . .	$\lambda = 0,4$ bis $0,6$ (nach <i>Forbes</i> ).
Wasser . . . . .	$\lambda = 0,5$ bis $0,56$ (nach <i>H. F. Weber, Winkelmann, Lundquist</i> ).
Eis . . . . .	$\lambda = 2,05$ (nach <i>Neumann</i> ).
„ . . . . .	$\lambda = 0,8$ (nach <i>Forbes, De la Rive</i> ).
Blei . . . . .	$\lambda = 14$ (nach <i>Péclet</i> ).
„ . . . . .	$\lambda = 26$ bis $30$ (nach <i>Kirchhoff &amp; Hansen, Lorenz, H. F. Weber</i> ).
Zinn . . . . .	$\lambda = 22$ (nach <i>Péclet</i> ).
„ . . . . .	$\lambda = 51$ bis $55$ (nach <i>Kirchhoff &amp; Hansen, H. F. Weber, Lorenz</i> ).
Eisen . . . . .	$\lambda = 28$ (nach <i>Péclet</i> ).
„ . . . . .	$\lambda = 50$ bis $72$ (nach <i>Ångström, Lorenz, Forbes, H. F. Weber</i> ).
Messing . . . . .	$\lambda = 72$ bis $108$ (nach <i>Lorenz, Neumann</i> ).
Kupfer . . . . .	$\lambda = 69$ (nach <i>Péclet</i> ).
„ . . . . .	$\lambda = 290$ bis $396$ (nach <i>H. F. Weber, Ångström, Neumann</i> ).

Diese Zusammenstellung gewährt, wegen der zum Theile sehr bedeutenden Abweichungen der Angaben, kein erfreuliches Bild. So weit es sich um die Bestimmung der Wärmeverluste geheizter Räume (bezw. des Wärmездranges bei gekühlten Räumen) handelt, wird man sich der größten Werthe bedienen müssen, wenn nicht aus besonderen Umständen mit Sicherheit geschlossen werden kann, daß kleinere Werthe zutreffender sind.

105.  
Sphärische  
Wände.

Die Wand sei diejenige einer Hohlkugel, deren Halbmesser  $r$ , bezw.  $R$  bezeichnen; die Fläche  $f$  ist alsdann

$$f = 4 \pi (r + x)^2,$$

so daß, durch Einsetzen dieses Werthes, die Gleichung 17 zu der anderen wird:

$$dy = \frac{W_2}{4 \pi \lambda} \frac{dx}{(r + x)^2}$$

oder

$$y = -\frac{W_2}{4 \pi \lambda} \frac{1}{r + x} + C \quad \dots \quad 18.$$

Für  $x = 0$  ist  $y = t_1$ ; für  $x = e$  ist  $y = T_1$ , folglich

$$T_1 - t_1 = \frac{W_2}{4 \pi \lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) \quad \dots \quad 19.$$

Die durch die Wand geführte Wärmemenge ist offenbar gleich der Wärmemenge

$$W_1 = \psi \cdot 4 r^2 \pi (t_1 - t), \quad \dots \quad 20.$$

welche die innere Fläche mit der Luft auswechselft, und eben so gleich der Wärmemenge

$$W_3 = \Psi 4 R^2 \pi (T - T_1) \quad \dots \quad 21.$$

Durch Einsetzen von  $W_1$  statt  $W_2$  in Gleichung 19 ändert sich diese in

$$T_1 - t_1 = \frac{4 r^2 \pi \psi (t_1 - t)}{4 \pi \lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$$

oder

$$t_1 = \frac{T_1 + t r^2 \psi \frac{1}{\lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)}{1 + r^2 \psi \frac{1}{\lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)} \quad \dots \quad 22.$$

Diefen Werth von  $t_1$  fetzt man in Gleichung 20 ein und vertaufcht gleichzeitig den Werth  $W_1$  derfelben mit dem Werth für  $W_3$  aus Gleichung 21, fo dafs

$$\psi \cdot 4 r^2 \pi \left[ \frac{T_1 + t r^2 \psi \frac{1}{\lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)}{1 + r^2 \psi \frac{1}{\lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)} - t \right] = \Psi \cdot 4 R^2 \pi (T - T_1)$$

oder

$$T_1 = \frac{\psi r^2 t + \psi R^2 T + \psi r^2 \Psi R^2 \frac{1}{\lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) T}{\psi r^2 + \Psi R^2 + \psi r^2 \Psi R^2 \frac{1}{\lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)} \dots \dots \dots 23.$$

Der fo gewonnene Werth von  $T_1$  noch in Gleichung 21 eingefetzt, ergibt:

$$W_3 = W_k = 4 \pi \frac{T - t}{\frac{1}{R^2 \Psi} + \frac{1}{r^2 \psi} + \frac{1}{\lambda} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)}, \dots \dots \dots 24.$$

in welcher Gleichung ausschliesslich bekannte Gröfsen sich befinden.

Eine sphärische Wand, welche einen bestimmten Theil der Hohlkugelwand bildet, überträgt einen entsprechenden Theil von  $W_k$ .

Die Wärmemenge  $W_e$ , welche eine ebene Wand überträgt, gewinnt man leichter, wie folgt.

206.  
Ebene  
Wände.

Hier ift in jeder zu einer der Außenflächen gleich laufenden Schicht  $f = F$ , fo dafs Gleichung 16 durch Integration die Form

$$W_2 = F \lambda \frac{T_1 - t_1}{e} \dots \dots \dots 25.$$

erhält. Zunächst fetzt man  $W_2 = W_3$  oder

$$F \lambda \frac{T_1 - t_1}{e} = \Psi F (T - T_1),$$

fonach

$$T_1 = \frac{\Psi T + \frac{\lambda}{e} t}{\Psi + \frac{\lambda}{e}} \dots \dots \dots 26$$

Der fo gefundene Werth wird in die Gleichung

$$W_3 = \Psi F (T - T_1)$$

eingefügt und gleichzeitig  $W_3 = W_1$  gefetzt, wobei  $W_1$  den Werth hat:

$$W_1 = \psi F (t_1 - t).$$

Man erhält hierdurch

$$t_1 = \frac{\Psi T \frac{\lambda}{e} + \psi t \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi t}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} \dots \dots \dots 27.$$

Schaltet man diesen Ausdruck für  $t_1$  in die Gleichung für  $W_1$  und bedenkt, dafs  $W_1 = W_e$  = der Wärmemenge ift, welche durch die ebene Wand geführt wird, fo erhält man

$$W_e = F \frac{T - t}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}} \dots \dots \dots 28.$$

Für die Wärmemenge, welche durch eine trommelförmige Wand mit den Halbmessern  $r$  und  $R$  und der Länge  $l$  hindurchgeht, erhält man auf ähnlichem Wege

$$W_c = 2 \pi l \frac{T-t}{\frac{1}{\Psi R} + \frac{1}{\psi r} + \frac{1}{\lambda} \log. \text{ nat. } \frac{r}{R}} \quad 29.$$

Oben wurde vorausgesetzt, daß die Temperaturen  $T$ , bezw.  $T_1$  höhere seien, als die Temperaturen  $t$ , bezw.  $t_1$ . Dies geschah, um die Richtung der Wärmebewegung bequemer fest zu halten. Aus der Entwicklung und der Form der Endgleichungen geht nun zweifellos hervor, daß es gleichgiltig ist, ob man  $T$ , bezw.  $T_1$  oder  $t$ , bezw.  $t_1$  als wärmer annimmt; es müssen nur die zugehörigen anderen Werthe in richtiger Weise eingesetzt werden, also z. B. das  $R$  als zu  $T$ , das  $\psi$  als zu  $t$  gehörig behandelt werden. Uebrigens führt die Erwägung, daß die Erhöhung der Temperatur als positive, die Verminderung derselben als negative Temperaturänderung aufzufassen ist, zu demselben Ergebnis.

Die Formeln 24, 28 u. 29 gewähren die Möglichkeit, in Verbindung mit denjenigen Gleichungen, welche zu ihrer Entwicklung führten, die unbekanntenen Temperaturen  $T_1$  und  $t_1$  zu berechnen. Für die kugelförmige Wand ist die betreffende Formel unter 23, für die ebene Wand durch die Formel 27 fogar bereits gegeben.

Die letztere mag beispielsweise für die Berechnung der Oberflächen-Temperaturen einer Backsteinwand benutzt werden, welche von außen durch ( $T =$ )  $-20$  Grad kalter Luft lebhaft bepflüßelt wird, während die Innenseite mit Tapete bekleidet ist und ein auf ( $t =$ )  $+20$  Grad geheiztes Zimmer begrenzt; die Dicke der Wand sei  $0,5$  m.

Alsdann ist  $\Psi$  für die Außenfläche, wegen  $s = 3,6$ ,  $T - T_1$  (schätzungsweise)  $= 10$ ,  $l = 6$ ,

$$\Psi = 3,6 (1 + 0,056) + 6 (1 + 0,075) = 10,25,$$

und  $\psi$  für die Innenfläche, wegen  $s = 3,8$  und  $l = 4$ ,

$$\psi = 8,3;$$

folglich nach Gleichung 27

$$t_1 = \frac{\Psi T \frac{\lambda}{e} + \psi t \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi t}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} = \approx 14,8 \text{ Grad,}$$

und eben so

$$T_1 = \frac{\Psi T \frac{\lambda}{e} + \psi t \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi T}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} = \approx 15,8 \text{ Grad.}$$

Zur Prüfung der Rechnungsergebnisse berechnen wir nach Formel 28 die Wärmemenge, welche stündlich durch  $1 \text{ qm}$  dieser Wand von  $+20$  Grad warmer in  $-20$  Grad kalter Luft übergeführt wird. Diefelbe ist

$$W_e = 1 \frac{20 - (-20)}{\frac{1}{10,25} + \frac{1}{8,3} + \frac{0,5}{0,7}} = \approx 42,9 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Bei einem Temperatur-Unterschied von  $14,8 + 15,8 = 30,6$  Grad der beiden Oberflächen der Wand muß der Wärmedurchgang, da die Wand  $0,5$  m dick ist,

$$30,6 \frac{0,7}{0,5} = \approx 42,8 \text{ Wärmeeinheiten}$$

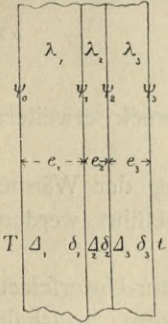
betragen. Beide Ergebnisse stimmen genügend genau mit einander überein.

Durch Einsetzen der so gewonnenen Werthe für  $T - T_1 = 15,8 - (-20) = 4,2$  Grad, bezw.  $t_1 - t = 20 - 14,8 = 5,2$  Grad statt der nach Schätzung eingeführten  $10$  Grad würden die Werthe  $T_1$  und  $t_1$  fast völlig genau werden.

Zur Berechnung der Wärmeüberführung mehrfacher Wände ist folgender Weg einzuschlagen.

Fig. 49 sei der Durchschnitt einer dreifachen Wand, deren  $e_1$ ,  $e_2$  und  $e_3$  dicke Theile aus verschiedenen Stoffen bestehen. Die Ueberleitungs-Werthziffern seien  $\psi_0$ ,

Fig. 49.



$\psi_1, \varphi_2, \psi_3$ , die Werthziffern der inneren Leitung  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ , die Temperaturen der Oberflächen der Wandtheile  $\Delta$ , bezw.  $\delta$  mit dem entsprechenden Zeigern, endlich die Temperaturen der die Wand von außen bespülenden Luft  $T$ , bezw.  $t$ . Alsdann ist die durch die Wand übertragene Wärme:

$$W = F \lambda_1 \frac{\Delta_1 - \delta_1}{e_1} = F \lambda_2 \frac{\Delta_2 - \delta_2}{e_2} = F \lambda_3 \frac{\Delta_3 - \delta_3}{e_3} = F \psi_0 (T - \Delta_1) = F \psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) = F \psi_2 (\delta_2 - \Delta_3) = F \psi_3 (\delta_3 - t) \quad 30.$$

Aus diesen Gleichungen erhält man, indem man allmählig die drei Werthe der oberen Reihe mit denjenigen der zweiten Reihe, welche mit  $\psi_0, \psi_1$  und  $\psi_3$  behaftet sind, vergleicht,

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \Delta_1 - \frac{\psi_0 (T - \Delta_1) e_1}{\lambda_1} \\ \delta_2 &= \Delta_2 - \frac{\psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) e_2}{\lambda_2} \\ \delta_3 &= \Delta_3 - \frac{\psi_2 (\delta_2 - \Delta_3) e_3}{\lambda_3} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 31.$$

Ferner, wenn man den ersten Ausdruck der zweiten Reihe mit allen übrigen derselben Reihe vergleicht,

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \Delta_2 + \frac{\psi_0}{\psi_1} (T - \Delta_1) \\ \delta_2 &= \Delta_3 + \frac{\psi_0}{\psi_2} (T - \Delta_1) \\ \delta_3 &= t + \frac{\psi_0}{\psi_3} (T - \Delta_1) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 32.$$

Berücksichtigt man nun, dafs nach Gleichung 30:  $\psi_0 (T - \Delta_1) = \psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) = \psi_2 (\delta_2 - \Delta_3)$  ist und setzt die Werthe  $\delta_1, \delta_2$  und  $\delta_3$  aus den Gleichungen 31 u. 32 gleich, so entsteht durch Addition

$$\left. \begin{aligned} \Delta_2 + \frac{\psi_0}{\psi_1} (T - \Delta_1) &= \Delta_1 - \frac{\psi_0 (T - \Delta_1) e_1}{\lambda_1} \\ \Delta_3 + \frac{\psi_0}{\psi_2} (T - \Delta_1) &= \Delta_2 - \frac{\psi_0 (T - \Delta_1) e_2}{\lambda_2} \\ t + \frac{\psi_0}{\psi_3} (T - \Delta_1) &= \Delta_3 - \frac{\psi_0 (T - \Delta_1) e_3}{\lambda_3} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 33.$$

---


$$t + \psi_0 (T - \Delta_1) \left( \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} \right) = \Delta_1 - \psi_0 (T - \Delta_1) \left( \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} \right).$$

Der bequemeren Rechnung halber sei vorübergehend

$$\frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} = \mathfrak{A} \quad \text{und} \quad \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} = \mathfrak{B}.$$

Durch Einsetzen dieser vorläufigen Werthe und geeignete Umformung erhält man aus der vorigen Summe

$$\Delta_1 = \frac{t + T \psi_0 \mathfrak{A} + T \psi_0 \mathfrak{B}}{1 + \psi_0 \mathfrak{A} + \psi_0 \mathfrak{B}} \dots \dots \dots 34.$$

Der so gewonnene Ausdruck von  $\Delta_1$  wird in den Theil der Gleichung 30 eingesetzt, welcher lautet:

$$W = F \psi_0 (T - \Delta_1),$$

wodurch dann ohne Schwierigkeiten erhalten wird:

$$W = F \frac{T - t}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \quad 35.$$

Es ist leicht zu übersehen, in welcher Weise man den Ausdruck erweitern kann, so fern die Wand aus mehr als drei Schichten besteht.

Hiermit sind die erforderlichen Unterlagen für die Berechnung der Wärmemengen, die während des Beharrungszustandes durch Wände übergeführt werden, gegeben.

109.  
Wärme-  
übertragungs-  
Werthziffer.

Der Factor, welcher mit der Flächengröße und dem Temperatur-Unterschied multiplicirt diese Wärmemenge liefert, hat eine recht unbequeme Form, weshalb man den Werth desselben für die gebräuchlichen Fälle ein für alle Male auszurechnen pflegt.

Man schreibt alsdann die Formeln 28 u. 35:

$$W = F (T - t) k, \quad 36.$$

so dafs  $k$  bedeutet:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}}, \text{ bzw. } k = \frac{1}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \quad 37.$$

Es ist dieses Verfahren um so mehr zulässig, als in dem Ausdruck für  $\psi$  (Gleichung 14, S. 100) die mit  $(t_1 - t)$  behafteten Theile von  $s$  und  $l$  nur eine unbedeutende Rolle spielen, so fern diese Temperatur-Unterschiede geringe sind.

Für eine Reihe einfacher lothrechter gemauerter Wände sind die zugehörigen, nach der hier angegebenen Rechnung gefundenen Werthe von  $k$  in der Spalte  $F$ . der unter e (S. 123) zusammengestellten Tabelle aufgeführt. Behuf des Vergleiches habe ich die von *Redtenbacher* angegebenen Zahlen dafelbst unter  $R$ . und die für Staatsbauten in Preußen <sup>72)</sup> vorgeschriebenen unter  $Pr$ . angeführt.

Zu der Tabelle ist noch anzuführen, dafs die gebräuchlichen Mauerstärken, vermehrt um die Dicke des Putzes einer Seite, zu Grunde gelegt sind und angenommen wurde, dafs Außenwände in Frage kommen. Scheidewände im Inneren der Häuser führen geringere Wärmemengen über, da beiderseitig ein kleineres  $l$  im Ausdruck für  $\psi$  (vergl. S. 100) vorliegt.

110.  
Fenster  
und  
Deckenlichter.

Lothrechte, in der Außenwand liegende Fenster haben (vergl. S. 100) ein  $\psi_a = 10,1$  und ein  $\psi_i = 10,5$ . Wird eine Wandstärke der Fensterscheiben von 0,003 m angenommen, so entsteht nach Formel 37

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10,1} + \frac{1}{10,5} + \frac{0,003}{0,8}} = \frac{8484}{840 + 808 + 32}, \text{ oder } k = 5.$$

Aus diesem Zahlenbeispiel geht zur Genüge hervor, dafs das Glied  $\frac{e}{\lambda}$ , welches sich auf die Wärmeleitung im Glase bezieht, genügend gegen die anderen Glieder verschwindet, um es vernachlässigen zu können. Die Dicke der Fensterscheiben ist hiernach für die Wärmeüberführung gleichgiltig.

*Redtenbacher* setzt dieses  $k = 3,66$ . So fern kräftige, breite, hölzerne Fensterrahmen angewendet und diese mit als Fensterfläche behandelt werden, dürfte die Zahl 3,66 genügen; in anderen Fällen ist sie ungenügend. Für einfache Fenster in Scheidewänden, welche weder von verdichtetem Wasser bedeckt sein, noch von heftiger Windströmung bespült werden können, werden beide  $\psi = 7,4$ , und damit gewinnt man  $k = 3,7$ .

Wagrechte Fenster (Deckenlichter), welche von unten durch wärmere, von oben durch kältere Luft berührt werden, haben grofse Werthe von  $\psi$ , weil (vergl. S. 99) die unten abgekühlte Luft rasch wärmerer,

<sup>72)</sup> Durch Erlafs des Ministers für öffentliche Arbeiten vom 7. Mai 1884. (Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 237.)



die oben erwärmte Luft rasch kälterer Luft Platz macht. Es dürfte deshalb das  $l$  der Formel 13, bezw. 14 zu 6 angenommen werden müssen, so daß, da Schweisbildung selten eintritt,  $\Psi = \psi = 10,7$  und  $k = 5,4$  wird.

Für hölzerne lothrechte Wände, Thüren u. dergl., welche mit Oelfarbe angestrichen sind und einseitig von heftigem Winde bepfült werden, erhält man

$$\Psi = 10,25 \quad \text{und} \quad \psi = 8,1,$$

somit folgende Werthe von  $k$ :

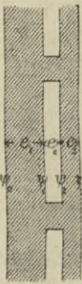
$e$ (in Met.)	$k$ (für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperatur-Unterschied.)	
	Eichenholz.	Tannenholz.
0,02	2,92	2,24
0,04	2,2	1,5

Hierbei ist in Bezug auf Thüren zu bemerken, daß  $e$  die durchschnittliche Dicke derselben ist; diese ist gemeinlich kleiner, als das Maß, mit dem man die betreffende Thür bezeichnet.

Thüren der Scheidewände überführen selbstverständlich weniger Wärme, weil beide  $\psi = 8,1$  zu nehmen sind.

Andere loth- und wagrechte Constructions, welche die Räume nach der Seite, nach oben und unten begrenzen, sind meistens aus mehreren Schichten zusammengesetzt. Von zusammengesetzten Wänden, Decken u. f. w. sind namentlich diejenigen bemerkenswerth, welche eine oder mehrere Luftschichten enthalten.

Fig. 50.



Die Luftschichten lothrechter Wände erschweren den Wärmedurchgang weniger, als in gewissen, noch zu erörternden Fällen die wagrechten Luftschichten. Fig. 50 stelle den lothrechten Schnitt einer hohlen Wand dar. Es sei die linke Seite derselben gegen das Freie gerichtet, so daß  $\psi_0 = 10,25$  (vergl. S. 104) gesetzt werden kann;  $\psi_1$  und  $\psi_2$  gehören zu den Oberflächen, welche die Luftschicht berühren. Die letztere erwärmt sich an der einen Seite und wird an der anderen Seite abgekühlt, so daß eine Strömung innerhalb des Hohlraumes eintritt. Diese hängt, ihrer Entschiedenheit nach, von der Höhe und Weite des Hohlraumes ab; sie wird im Besonderen mit der Höhe des Hohlraumes wachsen. Vermöge dieser Strömung findet die Ueberleitung der Wärme von einer Fläche zur anderen weit rascher statt, als der Fall sein würde, wenn die Luft den Hohlraum ausfüllte. Da nun der denkbar größte Wärmedurchgang für den vorliegenden Zweck berechnet werden muß, so ist zu empfehlen, den Widerstand der Luftschicht gegen den Wärmedurchlaß ganz zu vernachlässigen, aber für  $l$  im Ausdruck für  $\psi$  den kleinsten Werth anzunehmen, so daß  $\psi_1 = \psi_2 = 6,6$  wird. Für die an das Zimmer grenzende Fläche war  $\psi_3$  früher (S. 104) zu 8,3 berechnet. Die Mauer sei aus Backsteinen hergestellt, so daß  $\lambda = 0,7$  ist, und es sei  $e_1 = e_3 = 0,25$  m. Hiernach berechnet sich

$$k = 0,82.$$

Ist nun noch  $e_2 = 1/2$  Stein, so ist die Gesamtdicke der Mauer  $\approx 0,64$  m; für eine volle Mauer dieser Dicke ist nach der Tabelle auf S. 123:  $k = 0,86$  gefunden. Die Anbringung eines solchen Hohlraumes erschwert somit den Durchgang der Wärme, wenn auch nicht in hohem Maße.

Doppelte lothrechte Fenster bringen ein günstigeres Ergebniss hervor, obgleich auch bei ihnen der Widerstand, welchen die Luftschicht dem Wärmedurchgang entgegensetzt, zweckmäßig vernachlässigt wird. Es ist dies die Folge der geringeren Temperatur-Unterschiede zwischen Glasfläche und Luft, die das Verdichten von Wasserdampf an der Oberfläche derselben in der Regel ausschließen. Man erhält für dieselben

$$\psi_0 = 10,1, \quad \psi_1 = \psi_2 = 6,3, \quad \psi_3 = 7,4; \quad \text{sonach} \quad k = 1,77,$$

statt  $k = 5$  für einfache Fenster.

Wagrechte hohle Einschließungs-Constructions, wie hohle Decken u. f. w., sind wieder in solche zu unterscheiden, welche an ihrer oberen Fläche von kälterer, an ihrer unteren Fläche von wärmerer Luft berührt werden, und in solche, bei denen das Umgekehrte stattfindet.

Der Deckendurchschnitt Fig. 51 gehöre zunächst der ersteren Art an. Die Luft, welche sich am Fußboden erwärmt, steigt empor, kälterer Luft Platz machend, so daß  $\psi_0 = 10$  genommen werden muß. Der Wärmeübergang vom Sand in den Bretterfußboden kann nur durch Leitung stattfinden; die Leitung wird aber wegen der innigen Berührung sehr entschieden wirken, so daß für  $\psi_1$  die Zahl 10 als zutreffend

111.  
Holzwände  
u. Thüren.

112.  
Hohle  
Wände.

113.  
Decken.

zu bezeichnen sein dürfte. So fern geringe Spielräume vorhanden sind, wird Leitung und Strahlung gemeinschaftlich auftreten, wobei ebenfalls  $\psi_1 = 10$  entsteht.  $\psi_2$  wird, weil die sich an der Wellerung abkühlende Luft rasch niedersinkt und wärmerer Platz macht, ebenfalls groß ausfallen, wahrscheinlich = 10 sein.  $\psi_3, \psi_4$  und  $\psi_5$  verhalten sich eben so, wie  $\psi_0, \psi_1$  und  $\psi_2$ , so dafs, da  $\lambda_1 = \lambda_4 = 0,1$  (Tannenholz),  $\lambda_2 = 0,27$  (Sand),  $\lambda_3$ , d. i. die Leitung der Luftschicht, wegen der Strömung der selben sehr groß, also der Widerstand derselben gegen die Ueberleitung von Wärme sehr gering ist, vernachlässigt werden kann, endlich  $\lambda_5 = 0,5$  (Gypsputz) ist, entsteht

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10} \cdot 6 + \frac{0,035}{0,1} + \frac{0,15}{0,27} + \frac{0,02}{0,1} + \frac{0,015}{0,5}} = \infty 0,58.$$

Da, wo Balken sich befinden, ist  $k$  einfacher

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10} \cdot 5 + \frac{0,035}{0,1} + \frac{0,2}{0,1} + \frac{0,02}{0,1} + \frac{0,015}{0,5}} = \infty 0,32;$$

folglich die durchschnittliche Wärmeüberföhrungszahl für eine derartige Decke

$$k_0 = \frac{0,58 (0,8 - 0,18) + 0,32 \cdot 0,18}{0,8} = 0,5.$$

Ist dagegen unter der in Fig. 51 abgebildeten Decke die kältere, über derselben die wärmere Luft, dient die Decke z. B. zum Abchluss des Kellers gegen das beheizte Erdgeschoss, so erhält man zunächst für den gewellten Theil derselben aus nicht mehr zu erörternden Gründen  $\psi_0 = \psi_2 = \psi_3 = \psi_5 = 7$ ,  $\psi_1 = \psi_4 = 10$ ; außerdem ist die Luftschicht eine ruhende, so dafs entsteht:

$$k = \frac{1}{3 \frac{1}{7} + 2 \frac{1}{10} + \frac{0,035 + 0,02}{0,1} + \frac{0,15}{0,27} + \frac{0,015}{0,5} + \frac{0,05}{0,04}} = 0,3.$$

$k$  ist also in diesem Falle fast nur halb so groß, als für dieselbe Stelle der Decke vorhin gefunden wurde. Es erhellt hieraus, dafs Luftschichten in wagrechten Bautheilen, welche oben von wärmerer, unten von kälterer Luft befüllt werden, von großem Werth sind, während sie im umgekehrten Falle als nahezu werthlos bezeichnet werden müssen.

Diesjenigen Stellen, an denen sich Balken befinden, haben, da das  $\psi$  für die Fußbodenoberfläche und dasjenige der Deckenunterfläche = 7 gesetzt werden muß, ein  $k = 0,35$ . Das durchschnittliche  $k$  ist sonach

$$k = \frac{0,3 \cdot 0,62 + 0,35 \cdot 0,18}{0,8} = 0,31.$$

Die Kellerdecke (Fig. 52), welche von unten mit kälterer, von oben mit wärmerer Luft in Berührung steht und welche aus Backsteingewölbe, Sandfüllung und tannem Fußboden besteht, überführt für jeden Grad Temperatur-Unterschied, jedes Quadratmeter Fläche und jede Stunde

$$k = 0,71 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Nach den gegebenen Beispielen dürften die Wärmemengen, welche anders geartete Einschließungsflächen überführen, leicht zu berechnen sein, so lange dieselben beiderseitig von Luft berührt werden.

Für Dampf und Wasser sind erheblich größere Werthe für  $\psi$  in Ansatz zu bringen, als für Luft. Wasser nimmt, vermöge seiner hohen Einheitswärme, bei geringer Temperaturerhöhung schon verhältnißmäßig große Wärmemengen auf, so dafs der wahre Temperatur-Unterschied an der Berührungsfäche nur wenig von dem beobachteten abweicht. In Folge der Wärmeabgabe des Dampfes wird dieser zu Wasser verdichtet; vermag dieses rasch abzufließen, so bleibt der wahre Temperatur-Unterschied dem beobachteten fast genau gleich.

Fig. 51.

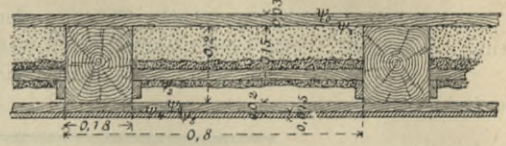
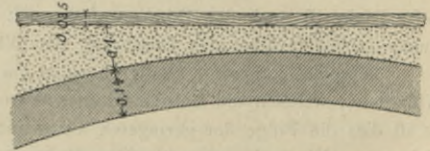


Fig. 52.



Der Luftgehalt des Wasserdampfes stört die Wärmeabgabe desselben, indem die Lufttheilchen sich selbstverständlich wie immer verhalten. Ein Gemisch von gleichen Raumtheilen Wasserdampf und Luft wird sich daher etwa zur Hälfte so verhalten, wie Luft, und zur anderen Hälfte, wie Dampf.

Genau Zahlen sind jedoch für die einzelnen Werthe von  $\psi$  nicht bekannt; da Wasser sowohl, als Dampf fast ausschliesslich mit Metallen in Berührung treten, und Angesichts der hohen Leitungsfähigkeit dieser die meistens geringe Wandstärke derselben unberücksichtigt bleiben kann, so sind unter 5 (S. 124) lediglich die durch Versuche unmittelbar gefundenen Werthziffern  $k$  angegeben.

Die Formel 36 und ihre Vorgängerinnen setzen unveränderliche Temperaturen  $T$  und  $t$  voraus. Mit solchen lässt sich nicht immer rechnen, weil z. B. die eine Wandfläche berührende Luft an verschiedenen Stellen verschiedene Temperaturen hat. Behuf Gewinnung eines Anhaltes für die Berechnung mögen die drei — in

115.  
Veränderliche  
Temperatur.

Fig. 53.

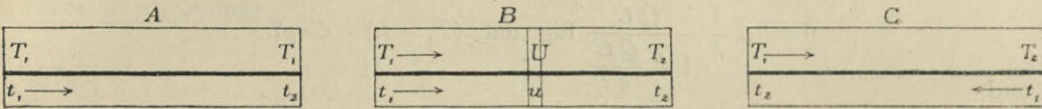


Fig. 53 unter A, B, C angeführten — möglichen Fälle näher betrachtet werden, das nämlich:

- A. die eine Flüssigkeit nur Nebenströmungen unterworfen ist, so dass sie an der berührten Wand überall gleiche Temperatur besitzt, während die andere Flüssigkeit längs der festen Wand sich fortbewegt (Einstrom);
- B. beide Flüssigkeiten sich an der festen Wand entlang in gleicher Richtung bewegen (Gleichstrom oder Parallelstrom);
- C. beide Flüssigkeiten längs der festen Wand fließen, jedoch in entgegengesetzter Richtung (Gegenstrom).

Es bezeichnen  $T_1$ , bezw.  $t_1$  die anfänglichen,  $T_2$ , bezw.  $t_2$  die Endtemperaturen der Flüssigkeiten;  $C$ , bezw.  $c$  die Wärmemengen, welche 1 kg der betreffenden Flüssigkeit um 1 Grad zu erwärmen vermögen;  $Q$ , bezw.  $q$  die Gewichte der stündlich längs der Wände strömenden Flüssigkeit;  $W$ ,  $F$  und  $k$  haben die bisherige Bedeutung. Zwei unendlich kurze Theile der beiden Ströme (Fig. 53 B) haben die unbekanntenen Temperaturen  $U$  und  $u$  und sind durch eine Flächengröße  $dF$  von einander geschieden.

Es ist alsdann die durch die Fläche  $dF$  übertragene Wärmemenge

$$dW = k \cdot dF (U - u) \dots \dots \dots 38.$$

In Folge dieser Wärmeüberführung verliert der  $U$  Grad warme Stromtheil diese Wärmemenge, während der gegenüber liegende Stromtheil sie aufnimmt, so dass

$$dW = - Q C \cdot dU = q c \cdot du \dots \dots \dots 39.$$

wird, oder durch Integration

$$- Q C U = q c u + \text{Const.} \dots \dots \dots 40.$$

Für  $U = T_1$  ist  $u = t_1$ , sonach

$$- Q C T_1 = q c t_1 + \text{Const.} \dots \dots \dots 41.$$

oder durch Abziehen der Gleichung 41 von 40

$$Q C (T_1 - U) = q c (u - t_1),$$

woraus ohne Weiteres abzuleiten ist

$$u = \frac{QC}{qc} (T_1 - U) + t_1 \dots \dots \dots 42.$$

Aus der Gleichsetzung der Werthe von  $dW$  in 38 u. 39 folgt

$$k(U - u) dF = -QC \cdot dU \dots \dots \dots 43.$$

Führt man in die letzte Gleichung den Ausdruck für  $u$  aus Gleichung 42 ein, so erhält man, nach einigen Umformungen,

$$dF = -\frac{QC}{k} \frac{dU}{\left(1 + \frac{QC}{qc}\right) U - \frac{QC}{qc} T_1 - t_1}; \dots \dots \dots 44.$$

also

$$F = -\frac{QC}{k} \frac{1}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \left[ \left(1 + \frac{QC}{qc}\right) U - \frac{QC}{qc} T_1 - t_1 \right] + \text{Const.} \quad 45.$$

Für  $U = T_1$  ist  $F = 0$ ; für  $U = T_2$  ist  $F = F_B$ ; folglich

$$0 = -\frac{1}{k} \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} (T_1 - t_1) + \text{Const.}$$

und

$$F_B = -\frac{1}{k} \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \left[ T_2 - \frac{QC}{qc} (T_1 - T_2) - t_1 \right] + \text{Const.}$$

oder nach Abziehen der Gleichungen von einander

$$F_B = \frac{1}{k} \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - \frac{QC}{qc} (T_1 - T_2) - t_1} \dots \dots \dots 46.$$

Es ist aber, wie aus 39 abgeleitet werden kann, übrigens ohne Weiteres zu übersehen ist,

$$W = QC (T_1 - T_2) = qc (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 47.$$

also

$$\frac{QC}{qc} = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2},$$

welche Werthe in 46 eingeführt den Ausdruck für den Gleichstrom liefern:

$$F_B = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}}{[T_1 - T_2 + (t_2 - t_1)]} \dots \dots \dots 48.$$

Da in dem Falle  $A$  die Temperatur der mit den kleinen Buchstaben bezeichneten Flüssigkeit unverändert bleibt, so ist die Gleichung für diesen Fall sofort zu schreiben:

$$F_A = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2} \dots \dots \dots 49.$$

Der dritte Fall, derjenige des sog. Gegenstromes, wird genau so behandelt, wie der zweite, unter Berücksichtigung der anderen Richtung. Man gelangt indessen zu demselben Ergebnisse, wenn man bedenkt, daß beim Gegenstrom  $T_1$  dem  $t_2$  und  $T_2$  dem  $t_1$  gegenüber steht. Es ist die betreffende Gleichung:

$$F_C = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)} \dots \dots \dots 50.$$

Die Gleichung für den Werth des log. nat. ist nun

$$\log. \text{ nat. } x = 2 \left[ \frac{x-1}{x+1} + \frac{1}{3} \left( \frac{x-1}{x+1} \right)^3 + \frac{1}{5} \left( \frac{x-1}{x+1} \right)^5 + \dots \right]$$

Verwendet man von dieser Reihe zur Umwandlung der Gleichungen 48, 49 u. 50 nur das erste Glied, was für kleine Werthe von  $x$  zulässig ist, so erhält man

$$F_A = F_B = F_C = \frac{W}{k} \frac{1}{\frac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}} = F, \dots \dots \dots 51.$$

oder

$$W = F \left( \frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2} \right) k; \dots \dots \dots 52.$$

d. h. die Wärmeüberführung steht im geraden Verhältniss zum Unterschiede der mittleren Temperaturen.

Das zweite Glied der logarithmischen Reihe läßt jedoch Abweichungen erkennen; es beträgt

$$\text{für } A: \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \frac{[T_1 - T_2 + (t_1 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_1 + t_1)]^3} \dots \dots \dots 53.$$

$$\text{für } B: \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \frac{[T_1 - T_2 + (t_2 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_2 + t_1)]^3} \dots \dots \dots 54.$$

$$\text{für } C: \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \frac{[T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_2 - t_1)]^3} \dots \dots \dots 55.$$

Die Ausdrücke vor den großen Klammern sind sonach unter einander gleich; von den eingeklammerten Zählern ist der für  $C$ : Gegenstrom, am kleinsten, weil  $t_2 - t_1$  abgezogen, derjenige für  $B$ : Gleichstrom, am grössten, weil  $t_2 - t_1$  hinzugefügt wird; derjenige für  $A$ : Einstrom, steht in der Mitte, weil  $t_1 - t_1 = 0$  ist. Hinsichtlich der eingeklammerten Nenner liegt die umgekehrte Reihenfolge vor, indem unter sonst gleichen Verhältnissen  $t_2 - t_1 < t_2 + t_1$  und auch  $t_2 - t_1 < t_1 + t_1$ , also der Nenner für  $C$  grösser als derjenige für  $B$  und  $A$  sein muß. Sonach ist für dasselbe  $W$  für  $C$  das kleinste, für  $A$  das mittlere, für  $B$  das grösste  $T$  erforderlich, oder, mit anderen Worten: der Gegenstrom ist für die Wärmeüberführung am günstigsten, der Gleichstrom am ungünstigsten, während der Wirkungsgrad des Einstroms zwischen jenen liegt.

Die Ausdrücke 53, 54 u. 55 gewähren auch einen sicheren Ueberblick über die Zulässigkeit der Anwendung der Formeln 51 u. 52. Benutzt man diese, so vernachlässigt man das zweite Glied und alle folgenden Glieder.

Wenn bei Berechnung der Beispiele ausschliesslich schlichte Wände mit gleich laufenden Oberflächen angenommen wurden, so ist noch zu erörtern, wie bei nicht ebenen Wänden und Decken, so wie wechselnden Wandstärken zu verfahren ist.

Je reicher die Gliederung einer Wand, bezw. einer Decke ist, um so grösser wird die wärmeüberführende Fläche. Da die Berechnung des Einflusses der einzelnen Gliederungstheile unmöglich, mindestens aber zu umständlich fein würde, so vernachlässigt man die ausserhalb der eigentlichen Wand-, bezw. Deckenfläche liegenden Flächen sowohl, als auch den Leitungswiderstand der zugehörigen Dicken. Bei besonders reicher Gliederung dürfte ausserdem ein schätzungsweise fest zu stellender Zuschlag zu dem berechneten  $k$  erforderlich werden.

116.  
Unebene  
Wände.

Bei gebogenen oder Ecken bildenden Wänden und Decken wählt man für  $F$  diejenige Fläche, welche etwa das Mittel zwischen den beiden Begrenzungsflächen der Wände bildet. In der Regel sind die Dicken der Wände und Decken gegenüber der Flächenausdehnung derselben so gering, daß ein nennenswerther Fehler durch dieses Verfahren nicht entstehen kann. In zweifelhaften Fällen wird man, da die gesammte Rechnung den Zweck hat, die größte etwa eintretende Wärmeabfuhr zu bestimmen, reichlicher greifen, um sicher zu sein, daß nicht zu wenig in Rechnung gestellt wurde.

<sup>117.</sup>  
Anzunehmende  
Temperaturen.

Auch die Größe der anzunehmenden Temperaturen bedarf einer Auseinandersetzung.

Die Temperatur im Freien kann nur erfragt werden; in den Städten pflegt dieselbe 1 bis 3 Grad höher, als diejenige des freien Feldes zu sein, weil die von den Häusern abgegebene Wärme die Straßen gleichsam heizt.

Die Temperatur der geschlossenen Räume benennt man gemeinlich nach derjenigen, welche in Kopfhöhe herrschen soll. Auf S. 124 sind einige Angaben über die gebräuchlichen Temperaturen zusammengestellt.

Diese Temperaturen dürfen indess nicht unmittelbar zur Berechnung der Wärmeüberführung verwendet werden, indem dieselben, wie schon erwähnt, in Kopfhöhe gemessen, keineswegs aber gleichmäßig im ganzen Raume vorhanden sind. Beheizt man den betreffenden Raum mittels solcher Flächen, welche im Raume selbst aufgestellt sind, oder mittels solcher, die in einer besonderen Heizkammer sich befinden, so ist immer die Luft die Trägerin der Wärme, so weit von der unmittelbaren Wärmestrahlung der Heizflächen gegen den menschlichen Körper abgesehen wird. Die an den Heizflächen erwärmte Luft steigt, ihres geringeren Gewichtes halber, sofort nach oben und breitet sich unter der Decke des Raumes aus. Hier giebt sie einen Theil ihrer Wärme ab, nämlich denjenigen, welcher durch die Decke verloren geht. In dem Maße, wie die Luft vom Fußboden abgfaugt wird, sei es zu abermaliger Erwärmung, sei es zur Befeuchtung der Luft, sinken die wärmeren Luftschichten nach unten. Sie geben unterwegs einen ferneren Theil ihrer Wärme ab, nämlich denjenigen, welcher durch die lothrechten Wände des Raumes verloren geht. Unten angekommen, findet die letzte Abkühlung der Luft statt, nämlich durch den Fußboden. Die höchste Temperatur muß somit unter der Decke vorhanden sein, während die niedrigste unmittelbar über dem Fußboden gefunden werden wird. Die in den verschiedenen Höhen herrschenden Temperaturen vermag man für den Beharrungszustand zu berechnen, so fern vorher die Wärmemengen bestimmt sind, welche für 1 Grad Temperatur-Unterschied zwischen den Innen- und Außenflächen der Wände übergeführt werden.

Um den Rahmen dieses »Handbuches« nicht zu sehr auszudehnen, will ich hier eine solche Rechnung nicht durchführen, mich vielmehr darauf beschränken, einige beobachtete Temperaturen anzugeben.

In meinem Arbeitszimmer machte ich Beobachtungen, als das im Freien aufgehängte Thermometer + 8 Grad und als dasselbe — 13 Grad zeigte. Es ergaben sich die in Fig. 54 u. 55 eingeschriebenen Temperaturen.

Sie bekunden in Zahlen zunächst, was allerdings bekannt ist, daß in der Nähe der Decke eine wesentlich höhere Temperatur herrscht, als in der Höhe, in welcher die Temperaturen abgelesen zu werden pflegen. Sonach muß für die Temperatur der die Decke berührenden Luft eine entsprechend größere Zahl in Ansatz gebracht werden, als für die Kopfhöhe vorgeschrieben wurde. Wie viel höher die in Rede stehende Temperatur ist, kann genau nur in jedem einzelnen Falle festgestellt werden. Annähernd kann dieselbe durch die Temperatur der einströmenden warmen Luft bestimmt werden, da die durchschnittliche Temperatur unter der Decke etwas niedriger sein muß, als diejenige der Heizluft. Man

Fig. 54.

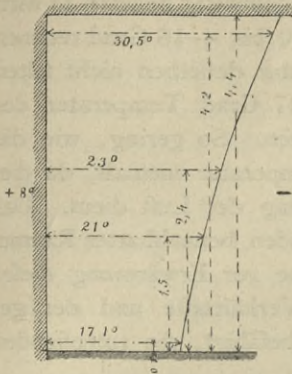
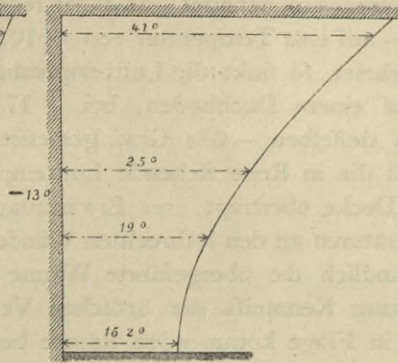


Fig. 55.



wird daher die Temperatur der letzteren, nicht aber diejenige des Zimmers in Rechnung setzen, und zwar unter Abstrich eines Theiles derselben, der abhängig ist von der Art der Zuführung und dem Wärmeübertragungsvermögen der Decke. Eine Decke, welche viel Wärme zu übertragen vermag, entzieht der Luft mehr Wärme, als eine sorgfältig ausgeführte. Dem entsprechend wird erstere eine niedrigere durchschnittliche Temperatur der die Decke bespülenden Luft veranlassen, als letztere.

Im Durchschnitt dürfte die Temperatur in der Nähe der Decke 5 bis 15 Grad niedriger sein, als diejenige der Heizluft. Bei Wahl der Zahlen zwischen 5 und 15 Grad ist die Höhenlage der Luft-Zuführungsöffnung zu beachten. So fern die Heizluft in einiger Entfernung von der Decke oder gar unmittelbar über dem Fußboden zur Zimmerluft tritt, verliert sie einen Theil ihrer Wärme an diese, während sie emporsteigt. Bei besonders hohen Räumen geringer wagrechter Ausdehnung und geschickter Vertheilung der Luft-Ausströmungs-, so wie -Abströmungsöffnungen ist fogar die Temperatur der Luft an der Decke oft wesentlich niedriger, als am Fußboden.

Berechnet man die durchschnittliche Innentemperatur in Fig. 55, indem man annimmt, daß die Begrenzungskurve ihre Richtung bis an die Decke und den Fußboden beibehält und zwischen zwei benachbarten Punkten gerade ist, so entsteht

$$\frac{1}{4,4} \left[ \frac{43,5 + 41}{2} 0,2 + \frac{41 + 25}{2} 1,8 + \frac{25 + 19}{2} 0,9 + \frac{19 + 15,2}{2} 1,4 + \frac{15,2 + 15}{2} 0,1 \right] = 26 \text{ Grad.}$$

Sonach ist die durchschnittliche Temperatur nicht unbedeutend höher, als diejenige in Kopfhöhe, welche etwa 20 Grad beträgt. Hieraus geht hervor, daß die für die Wärmeüberführung der Wände in Rechnung zu setzende Temperatur höher ist, als diejenige, welche man zu nennen pflegt. Der Unterschied wird um so größer sein müssen, je höher der beheizte Raum ist, indem die feste Höhe von etwa 1,8 m immer vom unteren Ende der Curve gemessen wird. Derselbe wächst ferner mit der Fähigkeit der lothrechten Wände, Wärme zu übertragen, da hierdurch der Verlauf der Curve bedingt ist.

Ich erwähnte schon, daß man im Stande ist, die Curve durch Rechnung fest zu stellen; in der Regel begnügt man sich jedoch mit einem Zuschlag, welcher bei 3 m Zimmerhöhe = 0, für jedes überschießende Meter derselben 5 bis 15 Procent beträgt.

Bei Zusammenstellung der Einzelbeobachtungen zu der in Fig. 55 gegebenen Curve fiel mir auf, daß die untere Temperatur eigentlich niedriger sein müßte. Nach einigem Nachdenken ergab sich jedoch die Ursache der Abweichung von dem Erwarteten: der unter meinem Zimmer befindliche Raum war geheizt; somit wurde meinem Zimmer diejenige Wärme durch den Fußboden zugeführt, welche das unter mir befindliche Zimmer durch die Decke verlor. In diesem besonderen Falle brachte somit der Fußboden statt eines Wärmeverlustes einen Wärmegewinn hervor. Es dürfte gerechtfertigt sein, diesen Wärmegewinn zu berücksichtigen, so fern eine Sicherheit dafür vorliegt, daß der unter einem in Frage kommenden befindliche Raum regelmäßig geheizt wird.

Es dürfte nothwendig sein, derjenigen Lufttemperatur noch einige Worte zu widmen, welche an den an benachbarte geschlossene Räume grenzenden Einschließungsflächen herrscht.

Die Luft an der äußeren Fläche der Decke, also dem Fußboden des nächst

höher liegenden Geschosses, ist im Allgemeinen kälter, als die Luft, welche in Kopfhöhe des höher gelegenen Raumes sich befindet. Ist dieser regelmässig beheizt, so wird man — je nach Umständen — auf eine Temperatur von + 10 bis + 16 Grad rechnen können; ist derselbe nicht beheizt, so sinkt die Lufttemperatur desselben nicht selten unter 0 Grad; ich habe auf einem Dachboden, bei - 17 Grad Temperatur des Freien über dem Fußboden desselben - 6½ Grad gemessen. So gering, wie die Temperatur des Freien, wird die in Rede stehende Lufttemperatur niemals, da diejenige Wärme, welche die Decke überträgt, zur Erwärmung der Luft dient. Das Gleiche gilt von den Temperaturen an den lothrechten Wänden benachbarter Räume. Auch hier dient selbstverständlich die übergeführte Wärme zur Erwärmung dieser Räume. Lediglich die genaue Kenntniß der örtlichen Verhältnisse und der gebräuchlichen Benutzung der in Frage kommenden Räume befähigt, die zutreffenden Werthe zu wählen.

Wenn die benachbarten Räume in unregelmässiger Weise beheizt werden, so muß man selbstverständlich den Wärmebedarf jedes einzelnen Zimmers nach den ungünstigsten Umständen berechnen; vollständig falsch würde es aber sein, die für die einzelnen Zimmer gefundenen Wärmeerfordernisse einfach zusammenzuzählen, um die Wärmemengen, welche von den gemeinschaftlichen Feuerungen frei gemacht werden müssen, zu bestimmen. Vielmehr sind für diesen Zweck die ganzen Gebäude oder Theile derselben als von ihren äusseren Einschließungsflächen begrenzte Gesamträume zu behandeln.

In den vorliegenden Erörterungen ist meistens nur der regelmässige Fall in das Auge gefaßt, daß die Temperatur des Freien niedriger ist, als diejenige, welche man in den geschlossenen Räumen haben will. Es dürfte in denjenigen Fällen, in denen der künstlichen Kühlung nicht besonders gedacht ist, leicht zu erkennen sein, in welcher Richtung sich die Vorgänge verschieben, so fern die Temperatur der geschlossenen Räume geringer sein soll, als diejenige des Freien.

#### d) Wärmeverlust durch den Luftwechsel.

118.  
Wärmeverlust.

Die Wärmemenge  $W_L$ , welche der Luftwechsel erfordert, ist leicht zu bestimmen, wenn man die GröÙe des Luftwechsels, die stündlich zu-, bzw. abgeführte Luftmenge  $L$  (in Kilogr.) kennt. 1 kg Luft gebraucht, um 1 Grad wärmer zu werden, 0,24 Wärmeeinheiten; somit ist

$$W_L = L \cdot 0,24 (T - t), \dots \dots \dots 56.$$

wenn die Temperatur des Freien  $t$  Grad und diejenige des geheizten Raumes  $T$  Grad beträgt.

Von mancher Seite wird nicht der grösste Temperaturunterschied  $T - t$  in Gleichung 56 eingeführt, sondern für  $t$  eine dem  $T$  sich mehr nähernde GröÙe eingesetzt, in der Erwägung, daß die Luft auf ihrem Wege vom Freien bis zur Erwärmungsstelle am Mauerwerk des betreffenden Canals eine gewisse Erwärmung finde. Indessen ist nicht zu vergessen, daß die von den Canalwänden gelieferte Wärme irgend einen Ursprung haben muß; mit seltenen Ausnahmen wird sie der Heizung des Hauses entstammen.

Bei unterbrochenem Lüften vertheilt sich die Wärmelieferung auf eine längere Zeit, so daß für solches ein mässiger Abstrich vom grössten Temperatur-Unterschied am Orte ist.



Es wird zuweilen dann, wenn die Temperatur des Freien besonders niedrig ist, die Lüftungs-Einrichtung außer Betrieb gesetzt, theils weil die Anlage die gesammte Wärmemenge nicht zu liefern vermag, theils weil mit zunehmendem Temperatur-Unterschied die zufällige Lüftung das Bedürfnis nach frischer Luft befriedigt.

Offenbar bedarf man aber für jedes durch die zufällige Lüftung zugeführte Kilogramm Luft dieselbe Wärmemenge, wie für die gleiche Luftmenge, welche durch künstliche Lüftung gefördert wird. Wenn daher überhaupt ein erheblicher zufälliger Luftwechsel eintreten kann, so muß er bei Berechnung des Wärmebedarfes berücksichtigt werden.

Den zufälligen Luftwechsel vermitteln die Spalten der Fenster und Thüren und die Poren der Wände, welche sich zu sehr engen, unregelmäßigen Canälchen vereinigen; er wird hervorgerufen durch den Druck des die Einschließungsflächen treffenden Windes und durch den Auftrieb, welcher vom Temperatur-Unterschied  $T - t$  herrührt. Leider sind die Grundlagen, welche zur Berechnung des zufälligen Luftwechsels dienen können, überaus unsicher. Nach Lang<sup>73)</sup> läßt eine 0,03 m dicke Backsteinplatte bei 108 kg Druck auf 1 qm durch 1 qm Fläche stündlich im Mittel 0,75 cbm

Luft strömen, d. h. eine 0,5 m dicke eben solche Platte  $\frac{0,75 \cdot 0,03}{0,5} = 0,045$  cbm.

Nimmt man nun an, daß eine Backsteinmauer zu  $\frac{1}{6}$  aus Mörtel, dessen Durchlässigkeit etwa 4,5-mal so groß ist, zu  $\frac{5}{6}$  aus Backsteinen besteht, so gewinnt man 0,071 cbm stündlichen Luftwechsel für 1 qm der 0,5 m dicken Wand bei 108 kg Winddruck (oder etwa 27 m secundlicher Windgeschwindigkeit); 1 cbm Luft gebraucht für 1 Grad Temperatur-Unterschied etwa 0,3 Wärmeeinheiten, also 0,071 cbm etwa 0,021 Wärmeeinheiten, während dieselbe Wand für denselben Temperatur-Unterschied 1,17 Wärmeeinheiten verliert. Der Wärmeverlust durch diesen heftigen Wind würde demnach nicht ganz 2 Procent desjenigen betragen, welcher durch Ueberleitung stattfindet. Bestände die Wand ausschließlich aus Luftmörtel, so würde allerdings der in Rede stehende Wärmeverlust auf etwa 8 Procent desjenigen steigen, welcher von der Wärmeüberleitung herrührt.

Dagegen geben *Schultze & Märker* an, daß sie bei etwa 20 Grad Temperatur-Unterschied etwa 2,9 cbm stündlichen Luftwechsel durch 1 qm Backsteinmauer (deren Dicke nicht angegeben ist) beobachtet haben. Es war dies eine Stallwand; sie hatte vielleicht 0,25 m Dicke, so daß der Verlust durch Wärmeüberleitung (siehe die Tabelle auf S. 123) bei 20 Grad Temperatur-Unterschied etwa  $1,7 \cdot 20 = 34$  Wärmeeinheiten beträgt, während der durch zufällige Lüftung sich zu etwa  $2,9 \cdot 0,3 \cdot 20 = 17,4$  Wärmeeinheiten, also rund 50 Procent jener Zahl berechnet.

Die Berechnung *Pauli's*, nach welcher die Wände des *v. Pettenkofer'schen* Arbeitszimmers für 1 Grad Temperatur-Unterschied, 1 qm Fläche und 1 Stunde 0,245 cbm Luft hindurchliefsen, liefern ähnlich hohe Wärmeverluste.

Die angezogenen Angaben lassen sich sonach schwer mit einander in Einklang bringen.

Seitens der Heiztechniker wird vielfach der Wärmeverlust durch zufällige Lüftung nicht beachtet. Man verläßt sich auf die aus anderen Gründen gemachten Zuschläge zum berechneten Wärmeverlust. Andere wählen 5, 10, ja zuweilen 20 Procent Zuschlag zu den für die nach Osten und Norden gerichteten Wände

119.  
Zufälliger  
Luftwechsel.

<sup>73)</sup> Siehe: LANG, C. Ueber natürliche Ventilation. Stuttgart 1877. S. 81.

berechneten Wärmeverlusten, die Höhe des Zuschlages nach der mehr oder weniger freien Lage dieser Wände schätzend.

Wenn schon dieses Verfahren unsichere Ergebnisse liefert, so ist dies bei einem anderen, dem man nicht selten begegnet, in noch weit höherem Grade der Fall. Man schätzt nämlich den durch die zufällige Lüftung eintretenden Luftwechsel nach dem Inhalte des betreffenden Raumes, und zwar als stündlich 1-maligen (d. h., daß der Luftinhalt des Raumes stündlich 1-mal gewechselt wird), auch wohl als  $\frac{1}{2}$ - oder, je nach Umständen,  $1\frac{1}{2}$ -maligen, obgleich der Rauminhalt außer allem Zusammenhange zur Größe und Natur der luftdurchlassenden Außenwand und anderen, den zufälligen Luftwechsel beeinflussenden Dingen steht.

120.  
Verdunstung  
des  
Befeuchtungs-  
wassers.

Bei Anwendung geregelten Luftwechsels sieht man oft eine Einrichtung vor, mittels welcher die frische Luft künstlich angefeuchtet werden kann. Es vermag nun die Luft das Wasser nur als Dampf aufzunehmen, weshalb auf eine Wärmequelle Bedacht zu nehmen ist, welche die Verdunstung des Wassers vermittelt. Die Verdunstung von 1 kg Wasser erfordert aber — abgesehen von der fühlbaren Wärme — bei den hier in Frage kommenden Spannungen rund 600 Wärmeeinheiten, so daß für den vorliegenden Zweck oft beträchtliche Wärmemengen in Frage kommen.

Diese Wärme ist selbstverständlich auch aufzubringen, wenn der Luftwechsel durch zufällige Lüftung und die Anfeuchtung der Luft durch Verdunstung im geheizten Raume hervorgebracht wird. Ich habe in Gewächshäusern, insbesondere in einem größeren Palmenhause, in welchen die Luft aus Rücksicht auf das Gedeihen der Pflanzen sehr feucht gehalten werden muß, mehrfach gefunden, daß das unbefriedigende Ergebnis der Heizung lediglich dem Nichtbeachten des Wärmebedarfs für die Wasserverdunstung zuzuschreiben war.

#### e) Wärmeeuffpeicherung in Wänden und anderen Körpern.

121.  
Wärme-  
auffpeicherung.

Die bisherigen Besprechungen des Wärmeaustausches durch Wände bezogen sich ausschließlich auf den Beharrungszustand des Heizens. Dieser Beharrungszustand ist zunächst zu schaffen, sonach die Temperatur der Wände zu derjenigen zu machen, welche die auf S. 104 gegebenen Rechnungen lieferten. Man wird je nach Umständen die vorhandenen Temperaturen der den Raum einschließenden Flächen erhöhen oder vermindern müssen, um zum Beharrungszustande zu gelangen. Auch andere in dem betreffenden Raume vorhandene Körper beanspruchen in dieser Hinsicht unsere Aufmerksamkeit, indem auch diese, je nachdem ihre Temperatur eine niedrigere oder höhere ist, als die verlangte Lufttemperatur, Wärme aufnehmen oder abgeben. Hierher gehören Möbel und vor allen Dingen Pfeiler und andere Freistützen. Die Bestimmung der auszuwechselnden Wärmemengen ist leicht, wenn die Einheitswärme der Körper und deren Gewicht bekannt ist. Indes hat die Kenntniß dieser Wärmemengen nur geringen Werth, so fern unbekannt ist, innerhalb welcher Zeit und nach welchem Gesetze der Wärmeaustausch stattfindet.

122.  
Freistützen.

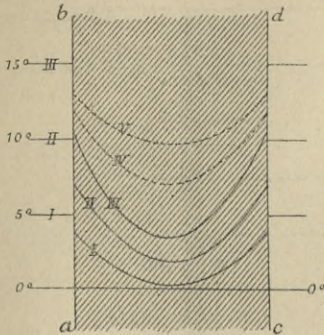
Fig. 56 mag Gelegenheit zu näherer Darlegung des in Rede stehenden Vorganges bieten.  $ab$  und  $cd$  seien die lothrechten Begrenzungslinien einer Freistütze von kreisrundem Querschnitt. Von der Wagrechten  $oo$  ab sollen die Temperaturen auf lothrechten Linien abgetragen und deren Endpunkte durch Linien verbunden werden. Man gewinnt auf diese Weise ein übersichtliches Bild der Temperaturen. Es sei ferner seit sehr langer Zeit die Temperatur der Luft, welche die Freistütze umgibt, unverändert gleich 0 Grad gewesen, so daß die gerade Linie  $oo$  den Anfangszustand bezeichnet, d. h. sowohl in der umgebenden Luft, als auch in der Stütze die Temperatur von 0 Grad herrscht. Erwärmt man nunmehr die Luft, so







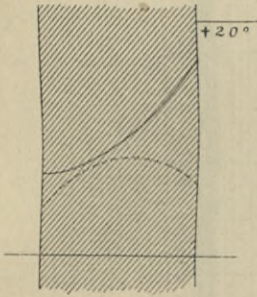
Fig. 56.



entsteht ein Temperatur-Unterschied zwischen derselben und der Oberfläche der Freistütze, vermöge dessen eine entsprechende Wärmemenge in die Stütze abfließt. Diese vertheilt sich aber nicht sofort auf den ganzen Querschnitt der Freistütze, sondern dient vorzugsweise zur Erwärmung desjenigen Theiles, welcher in der Nähe der Oberfläche sich befindet. Man kann sich vorstellen, dass, nachdem die Temperatur der Luft auf 5 Grad gestiegen ist, die Temperaturen im Inneren der Freistütze durch die Linie I wiedergegeben werden. In derselben Weise gehört die Linie II zu der Lufttemperatur 10 Grad u. s. w. Bei 15 Grad Lufttemperatur bleibe

man beispielsweise stehen; alsdann erhöht sich die Temperatur der Stützenoberfläche nur noch langsam, während der Erwärmungsvorgang im Inneren der Stütze verhältnismäßig rascher fortschreitet, in dem Sinne, welchen die Linien IV und V andeuten. Die Geschwindigkeit der Erwärmung nimmt mit den Temperatur-Unterschieden ab, so dass genau genommen erst nach unendlich langer Zeit die Temperatur der Freistütze gleich derjenigen der Luft sein kann. Ist die Stütze erwärmt und sinkt wegen Einstellung des Heizens die Temperatur der umgebenden Luft, so fließt die Wärme der Freistütze der Luft zu, erwärmt sie sonach mehr oder weniger. Die betreffende Wärmemenge wird zunächst denjenigen Theilen der Stütze entnommen, welche in der Nähe der Oberfläche derselben sich befinden; erst allmählig bewegt sich, des Leitungswiderstandes halber, die Wärme des Stützeninneren nach außen, so dass dieselben Curven entstehen, welche Fig. 56 erkennen lässt, nur in umgekehrter Lage. Beispielsweise würden in einer Wand, in welcher die Temperaturvertheilung eines Heizungszustandes durch die ausgezogene Linie der Fig. 57 dargestellt ist, nach längerer Einstellung des Heizens die Temperaturen durch die punktirte Linie sich wiedergeben lassen.

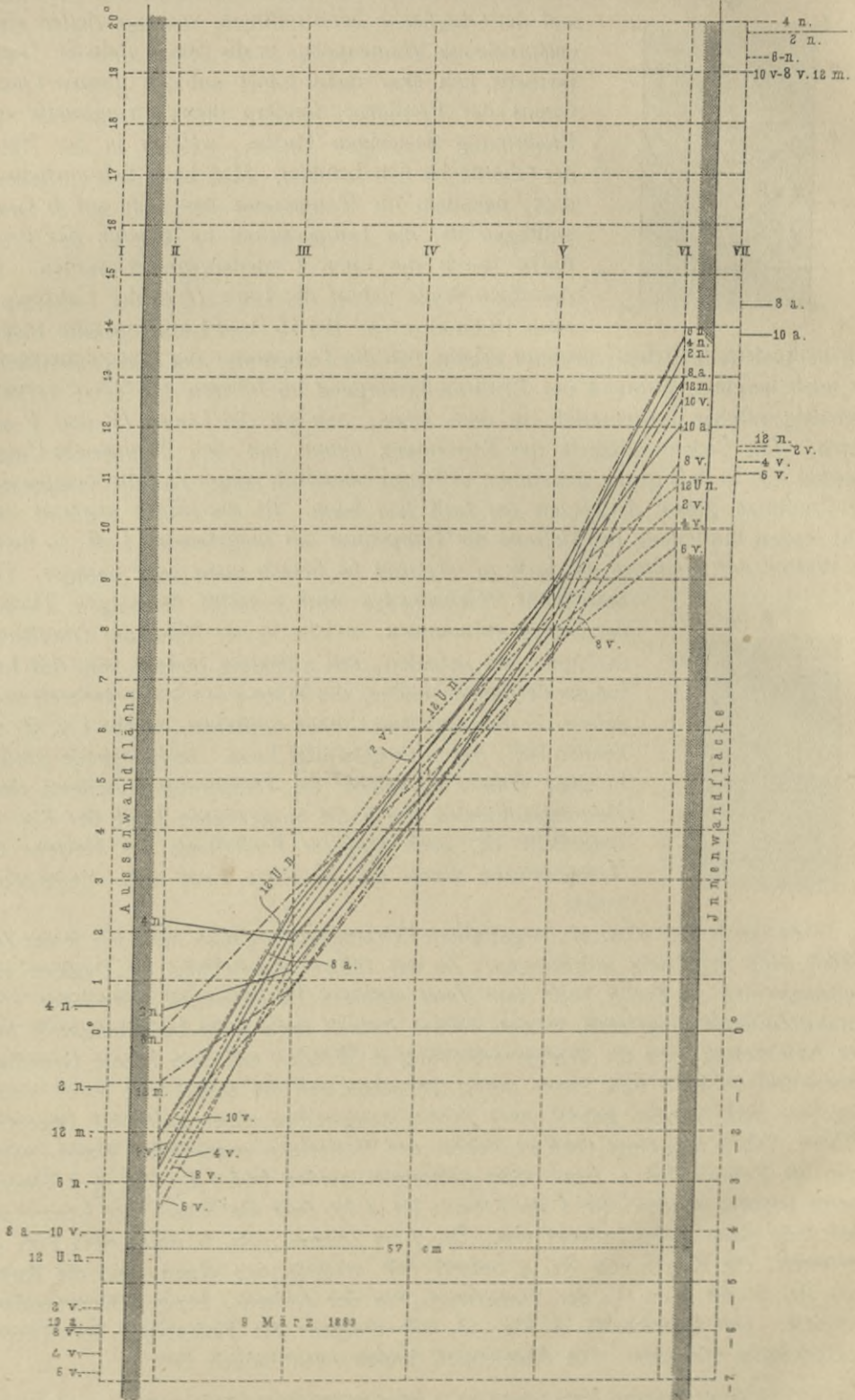
Fig. 57.



Die durch Fig. 56 u. 57 dargestellten Erwärmungsvorgänge habe ich seiner Zeit (1880) nach Schätzung aufgetragen. Zu der 1883-er Ausstellung für Hygiene und Rettungswesen zu Berlin hatte nun *Futze* mehrere Darstellungen gemessener Temperatur-Zustände eingefandt, welche meiner Ansicht nach recht bedeutungsvoll sind, der Anschauung über die Wärmevertheilung in Wänden erst eine sichere Grundlage geben und deshalb zum Theile durch die neben und die umstehende Tafel wiedergegeben sind<sup>74</sup>). Sie geben zwei Beobachtungsreihen einer geschützt liegenden, 570 mm dicken und einer eben so dicken, der Wetterseite zugekehrten Wand, welche vom 20. Februar bis 2. April 1883 gewonnen worden sind. Es sind je 7 Thermometer benutzt worden: Nr. 1 im Freien; Nr. 2 so, dass die Kugel vom Cementputz der Aussenseite völlig bedeckt war; Nr. 7 im Zimmer, Nr. 6 unter dem Putz des letzteren; die Kugel von Nr. 4 befand sich inmitten der Wand, und die Kugeln von Nr. 3 und 5 um  $\frac{1}{4}$  der Wanddicke von der Aussen-, bezw. Innenwandfläche entfernt. Der Querschnitt in Fig. 58 lässt übrigens die Tiefenlagen der Thermometerkugeln erkennen. Die Ablefungen fanden zweifündlich statt.

<sup>74</sup>) Die damals ausgestellten Blätter befinden sich im Besitze des hygienischen Institutes zu Berlin.

Fig. 58.











Auf den beiden Tafeln bezeichnen die lothrechten, ganz durchgezogenen Linien die Mitternachtsstunden, die kürzeren dagegen 8 Uhr Morgens, bezw. 4 Uhr Nachmittags. Die obere, gefrichelte Linie stellt die Zimmer-Temperatur, die untere die Temperatur des Freien dar, während die 5 ausgezogenen Linien den Verlauf der Temperaturen innerhalb der Mauern wiedergeben. Der Uebersichtlichkeit halber ist die Fläche, welche von den Temperaturen der drei mittleren Thermometer eingenommen wird, leicht schraffirt.

Oberflächliches Anschauen der beiden Tafeln läßt nun schon erkennen, daß den lebhaften Temperaturwechseln der Räume einerseits und des Freien andererseits gegenüber die Temperatur in der Wandmitte verhältnißmäßig wenig schwankt. Nr. 3, wie Nr. 5 sind schon lebhafter bewegt, und Nr. 2, wie Nr. 6 lassen Temperaturwechsel erkennen, welche sich denjenigen der Nr. 1, wie Nr. 7 dem Wefen, wenn auch nicht der Größe nach, anschließen.

Man vermag aus den Darstellungen die Antworten auf manche bemerkenswerthe Fragen herauslesen, von denen ich einige hervorheben will.

Am Sonnabend den 24. Februar war in *b* Nachts 12 Uhr die Temperatur des Zimmers auf + 14 Grad gesunken; sie fiel noch weiter bis (Montags früh) 10 Grad, und zwar tiefer, als die Temperatur im benachbarten Putz, ja noch tiefer als beim Thermometer 6. Es muß daher eine Wärme-Abflusstelle (vielleicht die Fenster) vorhanden gewesen sein, welche die Minderung der Zimmer-Temperatur lebhafter förderte, als die Wand. Nach Inbetriebsetzen der Heizung stieg die Zimmer-Temperatur sehr rasch; das Thermometer 6 folgte langsam, und als am Montag Nachmittags die Zimmer-Temperatur rasch abnahm, vermochte die Temperatur unter dem Putz nicht zu folgen. Aehnliche Erscheinungen erkennt man hinsichtlich der übrigen Sonntage, bezw. deren Nachbartage; sie treten schärfer hervor während der Osterfeiertage (siehe die Tafel bei S. 117). Die Temperaturwechsel an der Außenseite der Wände treten am schärfsten an der Wetterseite (*b*) hervor. Ich weise besonders auf den 5. März hin, an welchem Tage Nachmittags 4 Uhr die Temperatur unter dem Putz der Außenwandfläche höher war, als diejenige im Wandinneren; am 19. März überschritt jene sogar die Temperatur des Thermometers 5.

Wenn auch die Anschauung durch das Eintragen der Temperaturen in den Wandquerschnitt (Fig. 56 u. 57) gewinnt, so leidet doch zweifellos die Uebersichtlichkeit, was Fig. 58 erkennen läßt. Hier sind die Temperaturen, welche am 9. März 1883 beobachtet wurden, in den Wandquerschnitt, bezw. links und rechts von demselben, in lothrechtlicher Richtung abgetragen, die zusammengehörenden Temperaturen des Wandinneren auch durch gerade Linien mit einander verbunden. Die römischen Zahlen bezeichnen die Thermometer, die arabischen, wagrecht gelegten die Temperaturen und die arabischen stehenden Zahlen die Zeiten (z. B. 12 m = 12 Uhr Mittags; 2 n = 2 Uhr Nachmittags). Man erkennt im Uebrigen ohne Weiteres den Verlauf der Wärmevertheilung innerhalb der Wand.

Aus dem hier dargestellten fortwährenden Wechsel der äußeren Temperaturen geht nun hervor, daß der Beharrungszustand selbst bei stetiger Beheizung niemals erreicht wird, derselbe aber noch mehr zur Unmöglichkeit wird, wenn — wie in der Regel — zeitweise nicht geheizt wird. Billigerweise sollte man deshalb behuf Bestimmung der ausgetauchten Wärmemengen niemals vom Beharrungszustande ausgehen, sondern diejenigen Vorgänge zu Grunde legen, welche so eben besprochen wurden. Indes ist bisher noch keine wirklich brauchbare analytische Form für die in Rede stehenden Vorgänge gefunden<sup>75</sup>); sollte sie jedoch gefunden werden, so würde ihre Anwendung schwierig bleiben, da die Erwärmungszustände der Wände und Decken abhängig sind von den Temperaturverhältnissen des Freien, welche vor einem zu betrachtenden Zeitpunkte, und zwar oft innerhalb mehrerer diesem Zeitpunkte vorangegangenen Tage, herrschten. Diese sind von so vielen anderen

123.  
Bestimmung  
der aus-  
getauchten  
Wärmemengen.

<sup>75</sup>) Siehe: REDTENBACHER, F. Der Maschinenbau. Bd. II. München 1863. S. 397 u. ff. — FERRINI, R. Technologie der Wärme. Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 341 u. ff. — DRONKE, A. Einleitung in die analytische Theorie der Wärmeverbreitung etc. Leipzig 1882. — KIRSCH. Bewegung der Wärme etc. Leipzig 1886.

Umständen abhängig, daß sie wohl niemals in einer Formel ausgedrückt werden können.

Zur Erläuterung dessen mache ich auf Grenzfälle aufmerksam. Es soll eine Kirche bei 0 Grad Temperatur auf 12 Grad erwärmt werden. Vorher herrschte eine sehr niedrige Temperatur, welche vielleicht zwischen — 17 und — 22 Grad schwankte. Es wird deshalb die erforderliche Wärmemenge sehr groß sein und keineswegs mit der z. Z. herrschenden Temperatur von 0 Grad im Einklang stehen. War die mehrere Tage hindurch herrschende äußere Temperatur dagegen eine milde, an dem in Frage kommenden Tage jedoch eine sehr niedrige, so wird man, im Verhältniß zu letzterer, wenig Wärme bedürfen. In den beiden genannten Fällen ist die Sachlage noch einigermaßen zu übersehen. Ist dagegen die Temperatur der Vortage nicht von erheblichen Wechselfrei gewesen, so wird Niemand im Stande sein, auch nur annähernd zu schätzen, welche Wärmemengen zum Anheizen erforderlich sind.

Hierzu kommt noch ein Einfluß, welcher meines Wissens bisher vollständig übersehen wurde, nämlich derjenige, welcher aus den Feuchtigkeitsverhältnissen der Wände entspringt. Je feuchter die Luft, um so mehr Feuchtigkeit wird sich in den umgebenden Wänden anfammeln, namentlich, wenn dieselben kälter sind, als die Luft. Die Menge der Feuchtigkeit hängt ferner in hohem Maße von der Natur der Wände ab. In Folge einer stattfindenden Erwärmung der Wände wird eine gewisse Menge des in Rede stehenden Wassers verdampft und hierzu oft erhebliche Wärme verbraucht. Wer will diese Wärmemengen berechnen?

Da die vorliegende Aufgabe vorwiegend auf Bestimmung des größten Wärmebedarfs gerichtet ist, so findet sich ein praktischer Weg zur Lösung derselben.

Zunächst lassen sich die äußersten Grenzen des Wärmebedarfs bestimmen.

Die untere derselben ist ohne Weiteres gegeben. Führt man einem Raume mehr Wärme zu, als durch die Einschließungswände abgeleitet wird, so wird der Ueberschuß zur Erwärmung der Massen dienen, also ein Anheizen, ein allmähliges Nähern zum gedachten Beharrungszustande stattfinden. Die Luft giebt hierbei mehr Wärme an Wände, Freistützen, Geräte u. s. w. ab, als jener Ueberschuß beträgt; sie wird deshalb längere Zeit eine niedrigere, als die gewünschte Temperatur besitzen; dieselbe steigt aber regelmäßig bis zur verlangten Höhe. Hier ist uns lediglich unbekannt, innerhalb welcher Zeit die geforderte Lufttemperatur erreicht werden wird.

Die obere Grenze entspringt dem Verlangen, gleichsam auf der Stelle die in Aussicht genommene Lufttemperatur zu erlangen. Da die Erwärmung der Luft des Raumes nur wenig Wärme verlangt — jedes Kilogramm für jeden Grad der Temperaturerhöhung 0,2377 Einheiten, also jedes Cub.-Meter etwa 0,29 Einheiten — so kann die hierfür erforderliche Wärme vorläufig vernachlässigt werden. Es handelt sich sonach nur um diejenige Wärme, welche in die Oberflächen der Wände eintritt. Aus dem Früheren ist bekannt, daß der Ausdruck  $\psi$  (Art. 103, S. 100) diejenige Wärmemenge bezeichnet, welche für 1 Grad Temperatur-Unterschied zwischen Wandfläche und Luft stündlich von diesen ausgetauscht wird. Ist somit die Oberflächen-Temperatur ermittelt, so ist die Berechnung der in Rede stehenden Wärme sehr einfach. Das letztere Rechnungsverfahren liefert einen größeren Wärmebedarf, als das erstere. Je nachdem man in kürzerer oder längerer Zeit die verlangte Lufttemperatur erreichen will, wird man sich mehr dem einen oder dem anderen Grenzwerte des Wärmebedarfs nähern.

Folgender Weg führt zu einem dritten Werth. Da die Fenster und Thüren, zuweilen auch andere Einschließungsflächen (z. B. die bretternen Gewölbe mancher Kirchen), fast kein Aufspeicherungsvermögen besitzen, so berechnet man die auf

diese entfallenden Wärmeverluste nach dem Beharrungszustande. Dickwandige Con-  
structionen, dickere Freistützen und den Luftinhalt des Raumes behandelt man aber,  
indem man nur das Anheizen berücksichtigt. Man berechnet die Wärmemenge,  
welche der Luftinhalt erfordert, um auf die volle Temperatur zu kommen, und  
eben so den Wärmebedarf für eine Schale der Wände, des Fußbodens u. f. w., deren  
Dicke man schätzt, theilt die so gewonnene, dem Anheizen dienende Wärmemenge  
durch die in Aussicht genommene Anheizdauer in Stunden und fügt den erhaltenen  
Werth zu dem Wärmebetrag, welcher stündlich durch Fenster, Thüren u. f. w. verloren  
geht. Ich habe gefunden, das dieses Rechnungsverfahren für gewöhnliche Kirchen  
gute Ergebnisse liefert, wenn man die erwähnte Schale 12 bis 15<sup>cm</sup> dick an-  
nimmt.

Die so gewonnenen drei Werthe geben nunmehr Anhalt genug, um die be-  
treffende Anlage mit sicherem Erfolge ausführen zu können.

Die folgende Tabelle enthält einige Angaben über die Wärme, welche 1 kg des  
betreffenden Stoffes für 1 Grad Temperatursteigerung verlangt, das Eigengewicht  
des Stoffes und endlich die Wärmemenge, welche 1<sup>cbm</sup> des Stoffes für 1 Grad  
Temperaturerhöhung verlangt, in abgerundeten Zahlen.

Stoffe.	Eigengewicht für 1 <sup>cbm</sup> des Stoffes.	Wärmemenge, welche für 1 Grad Temperaturerhöhung erforderlich ist,	
		für 1 kg	für 1 <sup>cbm</sup> des Stoffes.
Wasser . . . . .	1000	1	1000
Eisen . . . . .	7500 bis 7800	0,11 bis 0,13	825 bis 1000
Eis . . . . .	920	0,9	828
Kupfer . . . . .	8600 bis 9000	0,09	770 bis 800
Kalkstein . . . . .	2500 » 2800	0,2	500 » 560
Glas . . . . .	2500 » 2900	0,18	450 » 520
Backsteine . . . . .	1400 » 2300	0,19 bis 0,24	270 » 500
Steingut . . . . .	2300 » 2500	0,12	270 » 300
Holz (trocken) . . . . .	450 » 660	0,5 bis 0,58	230 » 380
Coke . . . . .	1400	0,2	280
Atmosphärische Luft (0 Grad) . . . . .	1,29	0,238	0,3
	Kilogr.	Wärmeeinheiten.	

Aus dieser Tabelle geht die bemerkenswerthe Thatsache hervor, das zwar die  
Einheitswärme der Backsteine und diejenige der Kalksteine fast gleich sind, so fern  
dieselben auf die Gewichtseinheit bezogen werden, dagegen letztere für gleichen Raum  
bei Weitem mehr Wärme für eine gleiche Temperaturerhöhung beanspruchen, als  
erftere. Aus dem Schwanken der einzelnen Werthe folgt ferner, das für eine Zahl  
von Stoffen eine genaue Rechnung erst dann möglich ist, wenn man die Einheits-  
wärme des gerade in Frage kommenden Stoffes vorher bestimmt.

Um Fehlschlüssen vorzubeugen, muß ich nochmals auf die Wärmevertheilung  
aufmerksam machen, welche schon in Art. 117 (S. 112) besprochen wurde.

In Folge der großen Wärmeaufnahmefähigkeit der noch unerwärmten Wände  
ist diejenige Wärmemenge, welche der Luft auf dem Wege zwischen der Decke  
und dem Fußboden entzogen wird, somit auch der Temperatur-Unterschied zwischen  
den höher und den tiefer gelegenen Punkten eines Raumes verhältnißmäsig größer

als nach dem Anheizen. Je rascher man anzuheizen bestrebt ist, um so größer wird, unter sonst gleichen Verhältnissen, jener Unterschied, d. h. man wird während des Anheizens in höherem Grade das Gefühl zu hoher Temperatur am Kopf und zu niedriger an den Füßen haben, als während des Beharrungszustandes. Je mehr Wasser die Wände aufzufaugen vermögen, um so empfindlicher wird der genannte Uebelstand sein. Daher ist ein allmähliges Anheizen für die Behaglichkeit eines Raumes unbedingtes Erfordernis, obgleich dasselbe mehr Wärme erfordert, als plötzliches Anheizen, da der Raum bis zu Erreichung der gewünschten Lufttemperatur als unbenutzbar bezeichnet werden muß und trotzdem bis zu dieser Zeit eine gewisse Wärmemenge an das Freie abführt.

<sup>125.</sup>  
Wärmebedarf.

Unter Berücksichtigung der genannten Umstände pflegt man für Räume, welche stetig beheizt werden, lediglich die Wärmemengen in Ansatz zu bringen, welche oben für den Beharrungszustand näher angegeben wurden. Bei Räumen, welche nur am Tage beheizt werden, macht man für das Anheizen einen Zuschlag von 10 bis 25 Procent, welcher bei größeren Unterbrechungen des Heizens wohl ausnahmsweise auf 50 Procent gesteigert wird.

Die Berechnung des Wärmebedarfs für (christliche) Kirchen, welche in der Regel nur wöchentlich einmal geheizt werden, findet zweckmäßig nach dem Verfahren statt, welches oben für die Berechnung des für das Anheizen erforderlichen Wärmebedarfs angegeben wurde. Um die bedeutenden Temperatur-Unterschiede der verschiedenen Höhenlagen nicht zu groß werden zu lassen, um vor allen Dingen die durch die Temperatur-Verschiedenheiten herbeigeführten Luftströmungen erträglich zu machen, darf man die Anheizdauer nicht zu knapp bemessen. Unter 10 Stunden sollte man für das Anheizen der Kirchen niemals rechnen; eine längere Anheizdauer ist aber empfehlenswerth <sup>76)</sup>.

Diejenige Wärmemenge, welche während des Anheizens zum Erwärmen der Wände u. f. w. benutzt wurde, wird nach dem Aufhören des Heizens theilweise an die Luft des betreffenden Raumes wieder zurückgegeben, wie schon angedeutet wurde. Eine Verwerthung dieser Thatfache findet nur in so fern statt, als man die Heizung schon während der Benutzung des Raumes einzustellen vermag. Der geeignete Zeitpunkt hierfür wird durch nachherige Erfahrung bestimmt; derselbe ist ohne Einfluß auf die Anlage, braucht deshalb in dieser Richtung hier nicht erörtert zu werden.

Von Wichtigkeit ist dagegen der Abkühlungsvorgang, so fern man den betreffenden Raum künstlich zu kühlen gedenkt. Alsdann handelt es sich offenbar um dieselben Vorgänge, welche beim Anheizen besprochen wurden; nur ist die Richtung gegenüber dem Anheizen gleichsam negativ, wie auch die künstliche Kühlung als negative Beheizung bezeichnet werden kann.

Während in mehrfachen Beziehungen das Wärmeeinspeichungsvermögen der Wände für das Anordnen von Heizungs-Anlagen Schwierigkeiten bietet, gewährt dasselbe in anderer Richtung nicht unwesentliche Erleichterungen. Ich erwähne hier nur, daß bei Berechnung der Heizungs-Anlage für gut ausgeführte Steingebäude wegen des Wärmeeinspeichungsvermögens der Massen nicht die niedrigste der vorkommenden Wintertemperaturen, sondern höchstens die Durchschnittstemperatur des kältesten Tages in Ansatz zu bringen ist. Hierdurch vermindert sich der Temperatur-Unterschied ( $T - t$ ) oft erheblich.

<sup>76)</sup> Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 324.

f) Durchschnittliche Zahlenwerthe

zur Berechnung des Wärmeaustausches durch Wände, Decken u. f. w.

1) Werthziffern  $k$  (in Wärmeeinheiten für 1<sup>qm</sup> Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperatur-Unterschied) für die Wärmeüberführung lothrechter Wände.

α) Gemauerte, dem Freien zugekehrte Wände.

β) Gemauerte Scheidewände.

Wand- stärke in Met.	$k$				
	Backsteinmauern.		Bruchsteinmauern.		
	$F.^*$	$R.^*$	$F.^*$	$R.^*$	$Pr.^*$
0,14	2,31	—	—	—	—
0,27	1,66	—	—	—	1,80
0,30	—	1,80	2,45	2,00	—
0,40	1,27	1,37	2,12	1,63	1,30
0,50	—	1,17	1,87	1,36	—
0,53	1,03	—	—	—	1,10
0,60	—	1,00	1,68	1,16	—
0,66	0,86	—	—	—	0,90
0,70	—	0,87	1,52	1,01	—
0,79	0,74	—	—	—	0,75
0,80	—	0,77	1,39	0,90	—
0,90	—	0,70	1,28	0,81	—
0,92	0,66	—	—	—	0,65
1,00	—	0,63	1,18	0,73	—
1,05	0,59	—	—	—	—

Wandstärke in Met.	$k$	
	Backstein- mauern.	Bruchstein- mauern.
0,14	2,20	—
0,27	1,62	2,14
0,40	1,23	1,74

γ) Beiderseitig geputzte Holz-  
Scheidewände.

Einfache Bretterwand . . . . .  $k = 1,5$ .  
Doppelte hohle Holzwand . . . . .  $k = 0,9$ .

δ) Thüren,  $Pr.^*$ :  $k = 2,0$ .

ε) Dem Freien zugekehrte Thüren.

ζ) Dem Freien zugekehrte Fenster.

Dicke der Thüren in Centim.	$k$	
	Eichenholz.	Tannenholz.
2	2,92	2,24
4	2,2	1,5

Fenster.	$F.^*$	$Pr.^*$
Einfache Fenster . . . . .	$k = 5$	$= 3,75$
Doppelfenster . . . . .	$k = 1,77$	$= 2,50$

2) Werthziffern  $k$  (in Wärmeeinheiten für 1<sup>qm</sup> Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperatur-Unterschied) für die Wärmeüberführung von Decken und Deckenlichtern.

	$F.^*$	$Pr.^*$
Einfache ungeputzte Bretterdecken, unter denselben die wärmere Luft . . . . .	$k = 2$	—
Decken nach Art der Fig. 51 (S. 108), unter denselben die wärmere Luft . . . . .	$k = 0,5$	0,5
Decken nach Art der Fig. 51 (S. 108), über denselben die wärmere Luft . . . . .	$k = 0,3$	0,4
Decken nach Art der Fig. 52 (S. 108), unter denselben die kältere Luft . . . . .	$k = 0,71$	0,6
Decken nach Art der Fig. 52 (S. 108), über denselben die kältere Luft . . . . .	—	0,7
Einfache wagrechte Fenster (Deckenlichter), unter denselben die wärmere Luft . . . . .	$k = 5,4$	5,4
Doppelfenster, desgl. . . . .	$k = 2,6$	3,0

\*) Ueber die Bedeutung der Bezeichnungen  $F.^*$ ,  $R.^*$  und  $Pr.^*$  siehe Art. 109 (S. 106).

## 3) Gebräuchliche Temperaturen.

α) F.*	β) Pr.*
Für Treibhäuser . . . . . $T = 20$ bis 25 Grad.	Für Geschäfts-, bezw. Wohnräume
» Wohnräume, Warmhäuser, Sitzungsfäle, Hörfäle, Zeichenfäle etc. $T = 17$ » 20 »	aller Art . . . . . $T = 20$ Grad.
» Tanzfäle . . . . . $T = 15$ » 18 »	» Versammlungs- und Hörfäle . $T = 18$ »
» Kirchen und Kalthäuser $T = 10$ » 15 »	» Gänge, Flure, Treppenhäuser . . . . . $T = 12$ »
» Synagogen . . . . . $T = 15$ » 20 »	» Krankenzimmer . . . . . $T = 22$ »
	» Gefängnisräume . . . . . $T = 18$ »

Für die Temperatur des Freien ist in Ansatz zu bringen:

Bei Treibhäusern, Warmhäusern und ähnlichen Bauwerken, in deren Wänden u. f. w. nur wenig Wärme gefammelt wird: die niedrigste der vorkommenden Wintertemperaturen =  $t$ .

Bei kräftigen Steinbauten: die mittlere Temperatur des kältesten Tages =  $t$ .

4) Zuschläge zu den Temperatur-Unterschieden ( $T - t$ ), wenn die Räume erwärmt werden sollen.

- α) Ueber der Decke befindet sich ein ungeheizter Raum, dessen niedrigste Temperatur zu 0 Grad angenommen wird: Zuschlag = + 20 Grad.
- β) Der Raum über der Decke wird regelmäfsig geheizt: Zuschlag = + 25 Grad.
- γ) Der Raum unter der Decke wird nicht geheizt: Zuschlag = 0 Grad.
- δ) Der Raum unter der Decke wird regelmäfsig geheizt: Zuschlag = - 20 Grad.
- ε) Für lothrechte Wände, so fern die Zimmerhöhe 3 m nicht übersteigt: Zuschlag = 0 Grad.
- ζ) Für lothrechte Wände der Zimmer, welche höher sind, als 3 m:  
Zuschlag = 0,05 bis 0,15 ( $T - t$ ) für jedes überschiefsende Meter Zimmerhöhe.
- η) Für das Anheizen: Zuschlag = 0,1 bis 0,25 ( $T - t$ ).

5) Einige andere mittlere Werthe von  $k$ .

Stündliche Wärmeüberführung für 1 Grad Temperatur-Unterschied und 1 qm Fläche:

Aus Luft oder Rauch durch eine etwa 1 cm dicke Thonplatte in Luft (nach Redtenbacher) . . . . .	$k = 5$ .	
Aus Luft oder Rauch durch eine Wand von Gufseisen oder Eisenblech	$k = 7$ bis 10.	
Aus Luft oder Rauch durch eine gufseiserne oder schmiedeeiserne Wand in Wasser und umgekehrt . . . . .	$k = 13$ bis 20.	
Aus Wasserdampf durch eine gufs- oder schmiedeeiserne Wand in Luft	$k = 11$ bis 18.	
Aus Dampf durch eine metallene Wand in Wasser . . . . .	$k = 800$ bis 1000.	
Aus Dampf durch eine bekleidete Metallwand in Luft:		
nackte Wand . . . . .	$k = 14,3$	} nach Iftherwood
Wand mit 6,5 mm dicker Filzdecke . . . . .	$k = 5,1$	
» » 12,7 » » . . . . .	$k = 2,8$	
» » 19 » » . . . . .	$k = 2,0$	
» » 25 » » . . . . .	$k = 1,5$	
» » 50 » » . . . . .	$k = 1$	
Kieselgur-Umhüllung, 15 bis 30 mm dick bedeckt . . . . .	$k = 1,2$ bis 2,0	

Wärmeeinheiten.

## 6. Kapitel.

## Luftverunreinigung und Unschädlichmachen derselben.

## a) Quellen der Luftverunreinigung.

In Art. 97 (S. 92) wurde schon auf die Quellen der Luftverunreinigung hingewiesen, und zwar zunächst auf die Gasentwickelungen, welche der thierische Stoffwechsel im Gefolge hat. Die Gas-, bezw. Dampfentwickelungen sind sehr verschiedener Art, indem sowohl der Athmungsvorgang, als die Ausdünstung der Haut und auch andere Auscheidungen des thierischen Körpers der umgebenden Luft nicht un-



bedeutende Gasmengen zuführen. Neben denselben ist die Zerfetzung pflanzlicher und thierischer Stoffe, welche in dem betreffenden Raume vorhanden sind, als Erzeugerin solcher Gase zu bezeichnen, welche die Athembarkeit der Luft beeinträchtigen.

Die den genannten beiden Quellen entstammenden Gas- und Dampfmen gen lassen sich zum Theile durch Reinlichkeit und gesunde Ernährungsweise wesentlich vermindern; sie sind aber niemals ganz zu vermeiden.

Die künstliche Beleuchtung der Räume liefert nicht unbedeutende Mengen zum Theil übel riechender, zum Theil nicht athembarer Gase. Die dem Freien zu entnehmende frische Luft ist häufig mit erheblichen Staubmengen behaftet, welche organischen — herftammend von den Ausleerungen der Pferde u. s. w. — oder unorganischen Ursprunges sind. Häufig wird es nothwendig, immer aber wünschenswerth sein, diese Staubtheile von der Luft zu trennen, bevor letztere in die zu lüftenden Räume tritt.

Endlich entstehen in Folge gewerblicher Thätigkeit oft gröfsere Mengen von dem thierischen Lebensvorgange schädlichen Gasen und Dämpfen, so wie die Lungen angreifender Staub. Diese Luftverunreinigungen können, ihrer Vielseitigkeit halber, nicht allgemein behandelt werden; ich verzichte daher an diesem Orte auf dieselben näher einzugehen.

Die Verunreinigung durch den Stoffwechsel der Menschen, durch Zerfetzung pflanzlicher und thierischer Stoffe und durch künstliche Beleuchtung treten fast überall in annähernd gleicher Weise auf, weshalb sie ihrer Natur und ihrer Menge nach eingehender besprochen werden sollen.

Die Gasauscheidungen der Lungen bestehen der Hauptsache nach aus Kohlen säure und Wasserdampf; diejenigen der Oberfläche des thierischen Körpers sind zu sammengesetzterer Natur; sie bestehen vorwiegend aus Wasserdampf, enthalten aber nicht selten die Zerfetzungsergebnisse abgängiger Hauttheile und — rechnet man die Kleidung des Menschen als zu dessen Körper gehörig — an den Kleidern auf gehäuften Schmutzes. Noch verschiedener, sowohl nach ihrer Natur, als auch nach ihrer Menge, sind diejenigen Gase, welche dem Eingeweide des thierischen Körpers entweichen. Man hat sich gewöhnt, nach dem Vorgange *v. Pettenkofer's*, die vor handene Kohlen säuremenge als Mafs der Luftverunreinigung anzunehmen, unter der allerdings nicht immer zutreffenden Voraussetzung, dafs die übrigen Verunreinigungen im geraden Verhältnifs zur Kohlen säuremenge stehen.

Da diese Annahme für den vorliegenden Zweck genügt, so werde ich mich auf die nähere Erörterung der auftretenden Kohlen säuremengen beschränken, ausser dem aber, als für die Beheizung und Lüftung wichtig, die Dampfentwicklung ge bührend würdigen.

Nach den Versuchen und Angaben von *v. Pettenkofer* und *Voit*<sup>77)</sup>, so wie *Schar ling* und *Breiting*<sup>78)</sup> darf man im Durchschnitt auf folgende stündlich entwickelte Kohlen säuremengen rechnen:

für einen erwachsenen Mann . . . . .	40	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . . . . .	34	»
» eine Jungfrau . . . . .	28	»
» ein Kind . . . . .	22	»

127.  
Menschlicher  
Stoffwechsel.

128.  
Kohlen säure-  
Entwicklung.

<sup>77)</sup> Siehe: Zeitschr. f. Biologie, Bd. 2, S. 546.

<sup>78)</sup> Siehe: LEHMANN, C. G. Handbuch der physikalischen Chemie. Leipzig 1854. Bd. 3, S. 320.

3) Gebräuchliche Temperaturen.

α) F.*	β) Pr.*
Für Treibhäuser . . . . . $T' = 20$ bis 25 Grad.	Für Geschäfts-, bezw. Wohnräume
» Wohnräume, Warmhäuser, Sitzungsfäle, Hörfäle, Zeichenfäle etc. $T' = 17$ » 20 »	aller Art . . . . . $T = 20$ Grad.
» Tanzfäle . . . . . $T' = 15$ » 18 »	» Versammlungs- und Hörfäle . $T = 18$ »
» Kirchen und Kalthäuser $T' = 10$ » 15 »	» Gänge, Flure, Treppenhäuser . . . . . $T = 12$ »
» Synagogen . . . . . $T' = 15$ » 20 »	» Krankenzimmer . . . . . $T = 22$ »
	» Gefängnisräume . . . . . $T = 18$ »

Für die Temperatur des Freien ist in Ansatz zu bringen:  
 Bei Treibhäusern, Warmhäusern und ähnlichen Bauwerken, in deren Wänden u. f. w. nur wenig Wärme gefammelt wird: die niedrigste der vorkommenden Wintertemperaturen =  $t$ .  
 Bei kräftigen Steinbauten: die mittlere Temperatur des kältesten Tages =  $t$ .

4) Zuschläge zu den Temperatur-Unterschieden ( $T - t$ ), wenn die Räume erwärmt werden sollen.

- α) Ueber der Decke befindet sich ein ungeheizter Raum, dessen niedrigste Temperatur zu 0 Grad angenommen wird: Zuschlag = + 20 Grad.
- β) Der Raum über der Decke wird regelmäfsig geheizt: Zuschlag = + 25 Grad.
- γ) Der Raum unter der Decke wird nicht geheizt: Zuschlag = 0 Grad.
- δ) Der Raum unter der Decke wird regelmäfsig geheizt: Zuschlag = - 20 Grad.
- ε) Für lothrechte Wände, so fern die Zimmerhöhe 3m nicht übersteigt: Zuschlag = 0 Grad.
- ζ) Für lothrechte Wände der Zimmer, welche höher sind, als 3m:  
 Zuschlag = 0,05 bis 0,15 ( $T - t$ ) für jedes überstieffende Meter Zimmerhöhe.
- η) Für das Anheizen: Zuschlag = 0,1 bis 0,25 ( $T - t$ ).

5) Einige andere mittlere Werthe von  $k$ .

Stündliche Wärmeüberführung für 1 Grad Temperatur-Unterschied und 1qm Fläche:

Aus Luft oder Rauch durch eine etwa 1cm dicke Thonplatte in Luft (nach Redtenbacher) . . . . .	$k = 5$ .
Aus Luft oder Rauch durch eine Wand von Gufseisen oder Eisenblech	$k = 7$ bis 10.
Aus Luft oder Rauch durch eine gufseiserne oder schmiedeeiserne Wand in Wasser und umgekehrt . . . . .	$k = 13$ bis 20.
Aus Wasserdampf durch eine gufs- oder schmiedeeiserne Wand in Luft	$k = 11$ bis 18.
Aus Dampf durch eine metallene Wand in Wasser . . . . .	$k = 800$ bis 1000.
Aus Dampf durch eine bekleidete Metallwand in Luft:	
nackte Wand . . . . .	$k = 14,3$
Wand mit 6,5mm dicker Filzdecke . . . . .	$k = 5,1$
» » 12,7 » » . . . . .	$k = 2,8$
» » 19 » » . . . . .	$k = 2,0$
» » 25 » » . . . . .	$k = 1,5$
» » 50 » » . . . . .	$k = 1$
Kiefelgur-Umhüllung, 15 bis 30mm dick bedeckt . . . . .	$k = 1,2$ bis 2,0

nach Iftherwood  
Wärmeeinheiten.

6. Kapitel.

Luftverunreinigung und Unschädlichmachen derselben.

a) Quellen der Luftverunreinigung.

In Art. 97 (S. 92) wurde schon auf die Quellen der Luftverunreinigung hingewiesen, und zwar zunächst auf die Gasentwickelungen, welche der thierische Stoffwechsel im Gefolge hat. Die Gas-, bezw. Dampfentwickelungen sind sehr verschiedener Art, indem sowohl der Athmungsvorgang, als die Ausdünstung der Haut und auch andere Auscheidungen des thierischen Körpers der umgebenden Luft nicht un-

126.  
Quellen.

bedeutende Gasmengen zuführen. Neben denselben ist die Zerfetzung pflanzlicher und thierischer Stoffe, welche in dem betreffenden Raume vorhanden sind, als Erzeugerin solcher Gase zu bezeichnen, welche die Athembarkeit der Luft beeinträchtigen.

Die den genannten beiden Quellen entstammenden Gas- und Dampfmengen lassen sich zum Theile durch Reinlichkeit und gesunde Ernährungsweise wesentlich vermindern; sie sind aber niemals ganz zu vermeiden.

Die künstliche Beleuchtung der Räume liefert nicht unbedeutende Mengen zum Theil übel riechender, zum Theil nicht athembarer Gase. Die dem Freien zu entnehmende frische Luft ist häufig mit erheblichen Staubmengen behaftet, welche organischen — herftammend von den Ausleerungen der Pferde u. f. w. — oder unorganischen Ursprunges sind. Häufig wird es nothwendig, immer aber wünschenswerth sein, diese Staubtheile von der Luft zu trennen, bevor letztere in die zu lüftenden Räume tritt.

Endlich entstehen in Folge gewerblicher Thätigkeit oft grössere Mengen von dem thierischen Lebensvorgange schädlichen Gasen und Dämpfen, so wie die Lungen angreifender Staub. Diese Luftverunreinigungen können, ihrer Vielseitigkeit halber, nicht allgemein behandelt werden; ich verzichte daher an diesem Orte auf dieselben näher einzugehen.

Die Verunreinigung durch den Stoffwechsel der Menschen, durch Zerfetzung pflanzlicher und thierischer Stoffe und durch künstliche Beleuchtung treten fast überall in annähernd gleicher Weise auf, weshalb sie ihrer Natur und ihrer Menge nach eingehender besprochen werden sollen.

Die Gasauscheidungen der Lungen bestehen der Hauptsache nach aus Kohlenäure und Wasserdampf; diejenigen der Oberfläche des thierischen Körpers sind zusammengesetzterer Natur; sie bestehen vorwiegend aus Wasserdampf, enthalten aber nicht selten die Zerfetzungsergebnisse abgängiger Hauttheile und — rechnet man die Kleidung des Menschen als zu dessen Körper gehörig — an den Kleidern aufgehäuften Schmutzes. Noch verschiedener, sowohl nach ihrer Natur, als auch nach ihrer Menge, sind diejenigen Gase, welche dem Eingeweide des thierischen Körpers entweichen. Man hat sich gewöhnt, nach dem Vorgange *v. Pettenkofer's*, die vorhandene Kohlenäuremenge als Mafs der Luftverunreinigung anzunehmen, unter der allerdings nicht immer zutreffenden Voraussetzung, dafs die übrigen Verunreinigungen im geraden Verhältnifs zur Kohlenäuremenge stehen.

Da diese Annahme für den vorliegenden Zweck genügt, so werde ich mich auf die nähere Erörterung der auftretenden Kohlenäuremengen beschränken, ausserdem aber, als für die Beheizung und Lüftung wichtig, die Dampfentwicklung gebührend würdigen.

Nach den Versuchen und Angaben von *v. Pettenkofer* und *Voit*<sup>77)</sup>, so wie *Scharling* und *Breiting*<sup>78)</sup> darf man im Durchschnitt auf folgende stündlich entwickelte Kohlenäuremengen rechnen:

für einen erwachsenen Mann . . . . .	40	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . . . . .	34	»
» eine Jungfrau . . . . .	28	»
» ein Kind . . . . .	22	»

127.  
Menschlicher  
Stoffwechsel.

128.  
Kohlenäure-  
Entwicklung.

<sup>77)</sup> Siehe: *Zeitfchr. f. Biologie*, Bd. 2, S. 546.

<sup>78)</sup> Siehe: *LEHMANN, C. G. Handbuch der physikalischen Chemie*. Leipzig 1854. Bd. 3, S. 320.

Diese Zahlen entsprechen, wie schon angegeben, Durchschnittswerthen und werden vielfach über- und unterschritten, je nach den Ernährungs- und Bewegungs- verhältnissen des Menschen.

129.  
Wasserdampf-  
Entwicklung.

Noch mehr ist die Wasserdampfentwicklung wechselnd. Sie hängt nicht allein von der Ernährung des Menschen und davon ab, ob derselbe in Ruhe sich befindet oder arbeitet, sondern auch von dem Feuchtigkeitszustande der ihn umgebenden Luft. So fern letztere trocken ist, wird sie dem Körper grössere Feuchtigkeits- mengen in Form von Dampf entziehen; ist sie dagegen nahezu mit Feuchtigkeit gefättigt, so vermag die Haut nur wenig oder gar keinen Wasserdampf an die Luft abzugeben, so dass die ausgestossene Flüssigkeit in Form von Schweiß die Haut- oberfläche bedeckt. Wie bereits in Art. 99 (S. 95) bemerkt, steht hiermit die Art der Entwärmung des menschlichen Körpers in unmittelbarer Beziehung, indem dem- selben natürlich durch Verdunsten des ausgestossenen Wassers entsprechende Wärme entzogen wird.

In der angedeuteten Richtung sind meines Wissens keine genauen Versuche gemacht, so dass allein die Durchschnittswerthe der Verdunstung bei mittlerem Feuch- tigkeitsgehalte der Luft genannt werden können. Sie dürften stündlich betragen:

für einen erwachsenen Mann . . . .	100	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . . .	80	»
» eine Jungfrau . . . . .	65	»
» ein Kind . . . . .	50	»

130.  
Gas-  
beleuchtung.

Die Kohlenfäuremenge, welche die Gasbeleuchtung liefert, wurde schon unter B, Kap. 3: Gasbeleuchtung (Art. 52, S. 49) genannt. Im Durchschnitt dürfte dieselbe für 1 cbm verbrannten Leuchtgas mit 1,3 kg in Rechnung gesetzt werden müssen.

Gleichzeitig wird durch die Verbrennung des Leuchtgas Wasserdampf ent- wickelt, und zwar im Durchschnitt 1 kg für 1 cbm Leuchtgas.

Die Verunreinigung der Luft durch andere künstliche Beleuchtungsmittel sind derjenigen durch Steinkohlengas, gleiche Lichtentwicklung vorausgesetzt, im All- gemeinen gleich zu setzen. (Vergl. übrigens Art. 100, S. 96<sup>79</sup>.)

Wenn man auch, als dem Bedürfnisse entsprechend, die Kohlenfäuremenge, die dem Stoffwechsel entstammt, zum Mafsstabe der gesammten Luftverunreinigung an- nimmt, so ist es doch nicht gerechtfertigt, die von der künstlichen Beleuchtung her- stammende Kohlenfäure eben so zu behandeln. Dieselbe ist zwar auch von Gasen begleitet, welche die Luft verunreinigen, indessen keineswegs in demselben Verhält- niss, als die dem Stoffwechsel entstammende Kohlenfäure. Meiner Ansicht nach sollte man deshalb die Kohlenfäure der künstlichen Beleuchtung nur zum Theile in Rech- nung ziehen.

131.  
Sonstige  
Verunreini-  
gungen.

Die vielfältigen Gase und der Staub, den die Vermoderung von Möbeln, Kleidern u. s. w. und die Benutzung derselben erzeugen, können nicht in Zahlen genannt werden. Man berücksichtigt dieselben gleichsam, indem man annimmt, dass sie im geraden Verhältniss zu denjenigen Luftverunreinigungen stehen, welche dem menschlichen Körper entstammen.

132.  
Zulässiger  
Kohlenfäure-  
gehalt.

Die Kohlenfäure selbst ist für den Menschen nicht schädlich, so fern nicht sehr grofse Mengen derselben der Luft beigemischt sind; man hält vielmehr die sie be-

<sup>79</sup>) Eben so: ERISMANN. Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung etc. Zeitschr. f. Biologie 1876, S. 325.

gleitenden, nicht näher angegebenen Gase für das Schädliche, bezw. Gefährliche. Lediglich die Schwierigkeit, bezw. die Unmöglichkeit, die letzteren Gase nach Art und Menge zu bestimmen, hat Veranlassung gegeben, die leichter zu bestimmende Kohlenäure als Maßstab der Luftverunreinigung zu benutzen. In diesem Sinne verlangt *v. Pettenkofer*, daß 1 cbm Luft höchstens 1<sup>1</sup>, möglichst aber nur 0,7<sup>1</sup> Kohlenäure enthalten soll. Die Zahlen sind gewonnen auf Grund des Geruches derjenigen Luft, welche durch die gasförmigen Ausscheidungen des Menschen verunreinigt war; sie müssen hiernach subjective genannt werden und können keineswegs den Anspruch auf unbestreitbare Giltigkeit erheben. Mit Recht macht *Weiss*<sup>80)</sup> auf die Einseitigkeit aufmerksam, welche zur Begründung jener Zahlenangaben geführt hat. Indem derselbe zugiebt, daß mit zunehmendem Kohlenäuregehalt die Athembbarkeit der Luft abnimmt oder, mit anderen Worten, die Gesundheit der Menschen beeinträchtigt wird, verlangt derselbe von den Aerzten die Angabe des Gesetzes, nach welchem die Gesundheitschädlichkeit der Luft sich ändert, so daß dasselbe in Form einer Curve, deren Abscissen den Kohlenäuregehalt und deren Ordinaten den schädlichen Einfluß der betreffenden Luft auf die Gesundheit darstellen, wiedergegeben werden kann. Da ein Luftwechsel im geschlossenen Raume nur durch Zu- und Ableiten der Luft hervorgebracht werden kann, so ist mit demselben eine Luftbewegung verbunden. Je größer diese Luftbewegung, d. h. je stärker der Luftwechsel ist, um so mehr wird im Allgemeinen die Gesundheit der Menschen durch Zugluft beeinträchtigt. *Weiss* verlangt auch die Angabe des Gesetzes für diese Schädigung der Gesundheit. Würde dasselbe ebenfalls durch eine Curve derselben Axen aufgetragen, so würden sich beide in Frage kommenden Curven an irgend einer Stelle schneiden müssen und in dem Schnittpunkte diejenigen Verhältnisse angeben, unter denen die betreffende Luft am zuträglichsten für den Menschen ist.

Vorläufig dürften sich die genannten Gesetze nicht in die erforderlichen Formen bringen lassen; man wird bis zur Erreichung derselben berechtigt sein, die genannten Zahlen zwar als willkommene Anhaltspunkte zu betrachten, ihr völlige Richtigkeit aber zu bestreiten. (Vergl. S. 1 u. 2, so wie Art. 139, S. 132.)

### b) Messen der Luftbeimischungen.

Das einzig zuverlässige Verfahren, die Mengen der Luftbeimischungen zu bestimmen, besteht in dem Abmessen einer bestimmten, mit Beimischungen behafteten Luftmenge und Auscheiden der einzelnen Beimischungen unter gleichzeitigem Wägen derselben. Es würde jedoch zu weit führen, an diesem Orte genauer auf das Messen von Kohlenoxyd-Gas, Kohlenäure u. f. w. einzugehen, zumal dasselbe, um zuverlässig zu sein, von der Hand eines geübten Chemikers ausgeführt werden muß. Hierzu kommt noch die Thatfache, daß man die Gasbeimischungen nur in besonderen Fällen zu bestimmen hat, so daß ich mich begnüge, auf die unten genannten Quellen hinzuweisen<sup>81)</sup>.

Das Messen des Wasserdampfgehaltes der Luft scheint leichter zu sein, als das Messen der übrigen Gasmengen. Ich werde daher ausführlicher auf dasselbe eingehen.

Außer dem auch hier allein zuverlässigen Verfahren, welches Eingangs erwähnt

133.  
Messen  
der  
Kohlenäure.

134.  
Messen  
des  
Wasserdampfes.

<sup>80)</sup> Vergl.: *Civiling.* 1877, S. 355.

<sup>81)</sup> *FISCHER, F.* *Technologie der Brennstoffe.* Braunschweig 1880. S. 180.

*LUNGE, G.* *Zur Frage der Ventilation.* 2. Aufl. Zürich 1879. S. 32. — *Gefundh.-Ing.* 1883, S. 197; 1885, S. 221; 1886, S. 713.

wurde, sind Mefseinrichtungen im Gebrauch, welche auf einer der folgenden physikalischen Eigenschaften des Gemisches von Luft und Wasserdampf beruhen.

In der Raumeinheit Luft vermag sich genau eine Raumeinheit Dampf zu verbreiten, dessen Spannung der Temperatur der Luft entspricht, wobei die entstehende Spannung gleich der Summe der beiden Einzelspannungen wird. Sinkt die Temperatur der Luft, bzw. des Gemisches von Luft und Dampf, so vermindert sich die Fähigkeit der Luft, Wasserdämpfe in sich aufzunehmen, indem die zugehörige Dampfspannung eine geringere, also das Gewicht der Raumeinheit des Dampfes kleiner wird.

Durch Vermindern der Temperatur derjenigen Luft, welche weniger Wasserdampf enthält, als sie aufzunehmen vermag, vermag man sonach zunächst die Sättigung der Luft mit Wasserdämpfen herbeizuführen; wird die Luft weiter abgekühlt, so muß eine entsprechende Dampfmenge zu Wasser werden. Die in Rede stehende Abkühlung der Luft kann nun durch kältere Flächen fester Körper stattfinden, so daß das gebildete Wasser auf den erwähnten Flächen einen Ueberzug bildet. Diejenige Temperatur der betreffenden festen Fläche, bei welcher die Wasserhaut sich zu bilden beginnt, nennt man die Thaupunkt-Temperatur; ihr entspricht die Spannung des Dampfes, so daß das Gewicht der in der Raumeinheit vorhandenen Dampfmenge nach ihr berechnet werden kann.

Das von *Daniell* 1819 erfundene Hygrometer benutzt diese Thatsache. Leider ist dasselbe nur unter Anwendung äußerster Vorsicht anzuwenden, so daß dasselbe im vorliegenden Falle unbeachtet bleiben kann.

So fern die Luft nicht bis zur Sättigung mit Wasserdampf gefüllt ist, ist sie bestrebt, jede Gelegenheit zu weiterer Wasserverdunstung zu benutzen, und zwar mit um so größerer Entschiedenheit, je weiter das Gemisch von der Sättigung oder dem Thaupunkte entfernt ist. Die Wasserverdunstung erfordert Wärme, so daß am Ort derselben eine Abkühlung erfolgt, die sich um so mehr fühlbar macht, je größere Wärmemengen gebunden werden, bzw. je rascher die Verdunstung stattfindet, indem die Ausgleichung der Temperaturen des Verdunstungsortes und der umgebenden Luft Zeit erfordert. Man ist somit im Stande, aus dem Unterschied der Temperatur des Verdunstungsortes und derjenigen der umgebenden Luft auf die Neigung der Luft zur Wasserverdunstung, d. h. auf ihren Feuchtigkeitszustand zu schließen. Es bedarf nach dem Gefagten kaum hervorgehoben zu werden, daß nur unter bestimmten Voraussetzungen, die schwer zu erfüllen sind, gleichartige Ergebnisse gewonnen werden können.

Das auf dem angeführten Gedanken beruhende, 1829 von *August* erfundene, Ppsychrometer genannte Geräth muß in Folge dessen für die Zwecke der Heizung und Lüftung ebenfalls als wenig brauchbar bezeichnet werden. Besser scheint das Schleuder-Ppsychrometer von *Doyère* zu sein<sup>82)</sup>.

Zwei Thermometer sind mit einander verbunden; die Kugel des einen wird feucht gehalten, so daß an ihrer Oberfläche die Verdunstung stattfindet. Man schleudert nun die beiden an einer etwa 1 m langen Schnur befestigten Thermometer mit solcher Geschwindigkeit im Kreise herum, daß jede Drehung rund 1 Secunde währt, die gegenfällliche Geschwindigkeit zwischen Thermometerkugeln und Luft also 6 bis 7 m beträgt. Nach ungefähr 100 Drehungen wird der Temperatur-Unterschied beider Thermometer abgelesen.

Die Verdunstung einer Wasserfläche wächst im geraden Verhältnisse des Unterschiedes zwischen der Dampfspannung, welche der Wassertemperatur zugehört, und derjenigen, welche in der Luft herrscht. Letztere steht in unmittelbarer Beziehung zum Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Man kann somit aus der in einer gewissen Zeit verdunsteten Wassermenge auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft schließen.

Bei den Versuchen, welche im Auftrage des Magistrats der Stadt Berlin in den dortigen Schulen vorgenommen wurden, bediente man sich eines auf den so eben ausgesprochenen Gedanken begründeten Geräthes, welches in der unten angegebenen Quelle<sup>83)</sup> beschrieben ist. Um die Zuverlässigkeit desselben richtig zu beurtheilen, darf man nicht übersehen, daß die Bewegungsart der umgebenden Luft von großem Einfluß auf die Verdunstung ist.

<sup>82)</sup> Siehe: FISCHER, F. Zeitschr. f. d. chem. Industrie, Mai 1887, S. 272.

<sup>83)</sup> Bericht über die Untersuchungen der Heizungs- und Ventilations-Anlagen der städtischen Schulgebäude Berlins. Berlin 1879. S. 50.

Endlich sind die hygroskopischen Eigenschaften pflanzlicher wie thierischer Stoffe, bezw. die räumlichen Veränderungen derselben in Folge Entziehung von Wasser durch Trockene und Zuführung desselben durch feuchtere Luft zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit benutzt. Das hiernach eingerichtete holländische oder Puppen-Hygrometer (Mann mit dem Regenschirm und Frau mit dem Sonnenschirm) ist sehr alt; es wurde schon 1685 von *William Molyneux* beschrieben. *Saussure* benutzte die Längenänderung eines entfetteten Menschenhaares und beschrieb das nach ihm benannte Hygrometer 1783. Andere benutzten die hygroskopischen Eigenschaften von Holz- und Strohfaseru u. f. w.

Das Verhalten der in Rede stehenden organischen Stoffe gegenüber dem Feuchtigkeitszustande der Luft ist keineswegs ein gleich bleibendes. Durch Staub und andere Einflüsse wird sowohl die Fähigkeit, Wasser auszutauschen, als auch diejenige, entsprechend der aufgenommenen Wassermenge eine bestimmte Größe oder Gestalt anzunehmen, erheblich beeinträchtigt, so daß auch diese Hygrometer, oder besser gesagt, Hygrokope keine zuverlässige Auskunft über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu geben vermögen.

Am wenigsten fühlbar scheinen diese Uebelstände bei dem von *Kopp* verbesserten *Saussure'schen* Hygroskop zu sein.

Ein gut entfettetes Menschenhaar wird an einem Ende befestigt, mit dem anderen Ende um eine leicht drehbare Spindel gelegt. In umgekehrter Richtung ist um diese Spindel ein Seidenfaden geschlungen, auf dessen freies Ende eine Feder so wirkt, daß das Haar jederzeit leicht, und zwar möglichst gleichförmig, gespannt bleibt. An der Spindel befindet sich ein entlasteter Zeiger, der über einem Gradbogen spielt. Der feste Punkt des Menschenhaares ist nun einstellbar, so daß man im Stande ist, nachdem man das Haar längere Zeit völlig durchnäster Luft ausgesetzt hat, bei 100 Procent einzustellen.

Für genaue Beobachtungen des Feuchtigkeitsgehaltes ist nur das Eingangs erwähnte, allerdings ziemlich umständliche Verfahren brauchbar, nach welchem die zu untersuchende Luft gewogen, dann vollständig vom Wasser befreit und hiernach wieder gewogen wird <sup>84</sup>).

Das Messen der staubförmigen Beimengungen findet zwar zur Zeit selten statt, verdient aber dieselbe Beachtung, wie das Bestimmen gasförmiger Verunreinigungen. Es gelingt ohne Schwierigkeit, indem man eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Luft durch Wasser drückt, hierauf den genetzten Staub durch Filtern vom Wasser abscheidet und trocknet. Die Fehlerquellen, welche dieses Verfahren begleiten, haben eine nur geringe Bedeutung, indem die Verunreinigung der Luft durch Staub oft innerhalb sehr kleiner Zeiträume sich steigert, bezw. mildert, so daß ein genaues Messen der Staubmengen keinen besonderen Werth hat <sup>85</sup>).

135.  
Messen  
staubförmiger  
Beimengungen.

## Literatur

über »Luftverunreinigung« und »Messen der Luftbeimischungen«.

- BREITING, C. Die Luft in Schulzimmern. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1870, S. 17.  
Die Luft in den menschlichen Wohnungen. Landwirth 1870, Nr. 41.  
VOGT, A. Untersuchung der Luft in Krankenhäusern. Schweiz. Corr.-Bl. 1872, Nr. 5.  
TREICHLER. Ueber Luftverderbnis in Schulzimmern und deren Verhütung. Schweiz. Corr.-Bl. 1873, S. 70.  
ANES, C. H. Ueber die Beschaffenheit der Luft in Schulen und Arbeitsräumen. Sanitarian, Bd. 1, S. 35.  
OIDTMANN, H. Untersuchungen der Luft in geschlossenen Räumen. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1873, S. 211.  
Resultate der am 26. Mai 1874 im Marinelazareth zu Kiel ausgeführten Untersuchungen auf den Kohlen säuregehalt der Luft. Deutsche milit.-ärztl. Zeitschr. 1874, S. 460.  
PINZGER. Ueber Ventilation bewohnter Räume und den Einfluß der Beleuchtung auf die Verschlechterung der Luft. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1875, S. 302.  
ZELITZKI, L. Resultate der Untersuchung der Luft in verschiedenen Classen der Nordhäuser Schulen. Thüring. ärztl. Corr.-Bl. 1875, S. 4.  
LUNGE, G. Zur Frage der Ventilation mit Beschreibung des minimetrischen Apparates zur Bestimmung der Luftverunreinigung. Zürich 1876.

<sup>84</sup>) Siehe hierüber: FISCHER, F. Zeitschr. f. d. chem. Industrie, 1887, Mai, S. 271.

<sup>85</sup>) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 240, S. 52.

- HUDELO. Ueber die Veränderungen der Zimmerluft durch Leuchtgasheizung. *Annales d'hyg.* 1876, S. 528.
- ERISMANN, F. Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung und über die Vertheilung der Kohlenäure in geschlossenen Räumen. *Zeitschr. f. Biologie* 1876, S. 315.
- HESSE. Zur Bestimmung der Kohlenäure in der Luft. *Zeitschr. f. Biologie* 1877, S. 395; 1878, S. 29.
- VOGLER. Ueber Luftverderbniss und deren Ermittlung. Schaffhausen 1878.
- Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den städtischen Schulgebäuden in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Berlin 1879.
- SCHOTTKY, A. Luftuntersuchungen in Schulzimmern. *Zeitschr. f. Biologie* 1879, S. 505.
- WALLIS, C. Ueber die verschiedenen Methoden der Kohlenäurebestimmung in der Luft für hygienische Zwecke. *Hygiea* 1879, S. 585.
- HESSE, W. Anleitung zur Bestimmung der Kohlenäure in der Luft, nebst einer Beschreibung des hierzu nöthigen Apparates. *Vierteljahrschr. f. ger. Medicin* 1879, S. 357.
- REMSEN. Vorläufiger Bericht über die Untersuchungen betr. die beste Methode, um die Menge der organischen Stoffe in der Luft zu bestimmen. *Nat. board of health bull.*, Bd. 1, S. 233.
- Untersuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden zu Darmstadt. Darmstadt 1880.
- FODOR, J. v. Das Kohlenoxyd in seinen Beziehungen zur Gefundheit. *Deutsche Viert. f. öff. Gefundheitspfl.* 1880, S. 377.
- VALLIN, E. *Sur quelques procédés pratiques d'analyse de l'air.* *Revue d'hyg.* 1880, S. 193.
- WERNICH, A. Ueber verdorbene Luft in Krankenhäusern. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 77.
- Ueber den Nachweis und die Giftigkeit des Kohlenoxyds. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 251.
- ASSMANN. Der Staub in der Atmosphäre und seine Wirkungen. *Gefundh.-Ing.* 1882, S. 727.

### c) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen.

136.  
Mittel.

Den üblen Wirkungen der erwähnten Gase und Dämpfe, so wie des Staubes tritt man auf verschiedenen Wegen entgegen: man verbreitet entgiftende Gase und Dämpfe; man reinigt die zu athmende Luft mittels Durchfeihens, indem man Mund und Nasenöffnung mit genetzten Tüchern oder Aehnlichem bedeckt; man beseitigt die schädlichen Gase und Dämpfe, bevor dieselben der zu athmenden Luft sich beismischen; man verdünnt dieselben in dem Masse mit reiner Luft, das sie nicht mehr schädlich einwirken können.

Einige der genannten Verfahren bedingen keine baulichen Einrichtungen, können daher an diesem Orte vernachlässigt werden; die anderen erfordern dagegen eingehende Beachtung.

1) Abführung der schädlichen Gase, der Dämpfe und des Staubes, bevor dieselben der zu athmenden Luft sich beimischen.

137.  
Anwendbarkeit  
dieses  
Verfahrens.

Von diesem Verfahren, welches an sich als das zweckmäsigste und wirksamste bezeichnet werden muß, wird vielfach Gebrauch gemacht. Eine große Zahl gewerblicher Anlagen würde auf andere Art die zu athmende Luft nicht genügend rein erhalten können. So weit als möglich, läßt man die in Rede stehenden Gase u. f. w. in dicht verschlossenen Gefäßen oder Räumen, die mit einer geeigneten Abzugsröhre versehen sind, sich entwickeln, während besondere Einrichtungen die Beobachtung des betreffenden Vorganges gestatten, ohne das ein Mensch in den fraglichen Raum einzutreten hat. Ist ein solches Verfahren nicht zulässig, so werden Gase, Dämpfe und Staub abgeseugt, indem unter einem Rauch-, Qualm- oder Dampfhang oder einem ähnlichen Gebilde, oft in Umhüllungen, welche nur kleine Arbeits- und Beobachtungsöffnungen haben, die Luft in dem Masse verdünnt wird, das von allen Seiten die Luft desjenigen Raumes hinzufließt, in welchem sich die zur Bedienung der betreffenden Einrichtung erforderlichen Menschen befinden.

In Wohn- und ähnlichen Räumen kann von dem in der Ueberschrift genannten



Verfahren nur in wenigen Fällen Gebrauch gemacht werden, indem die dem menschlichen Lebensvorgange entspringenden Gase und Dämpfe frei in den Raum ausströmen müssen, wenn man die Beweglichkeit der Menschen nicht auf das empfindlichste beeinträchtigen will. Selbst bei Kranken dürfte das Anbringen von Abfugeschirmen — die vorgeschlagen sind — in folchem Maße beengend und beunruhigend wirken, daß diese die Genesung mehr hemmen, als fördern würden.

Die Verunreinigungen, welche durch die Beleuchtungsflammen entstehen, lassen sich indessen in den meisten Fällen vermeiden, indem die betreffenden Gase sofort nach ihrem Entstehen in geeigneten Röhren abgeleitet werden. Da diese Gase eine hohe Temperatur besitzen, so bedarf es nur einer zweckmäßigen Anlage der genannten Röhren, um einen solchen Minderdruck in denselben zu erzeugen, daß durch etwa nothwendige Oeffnungen innerhalb der von Menschen benutzten Räume Luft eingefaugt, also das Austreten der schädlichen Gase nicht allein verhindert, sondern auch eine theilweise Abführung der Zimmerluft erreicht wird. In Kap. 3 (Gasbeleuchtung, Art. 52, S. 49) sind bereits einschlägige Angaben gemacht und hierher gehörige Einrichtungen beschrieben worden; bezüglich der Berechnung der erforderlichen Maße, so wie bezüglich der besonderen Einrichtungen an Sonnenbrennern u. f. w. verweise ich auf das weiter unten (Kap. 8) Folgende.

## 2) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen durch Verdünnen derselben.

### a) Erforderliche Verdünnung.

Wenn bisher von reiner Luft die Rede war, so wurde dabei stillschweigend der Vorbehalt gemacht, daß Luft von solcher Reinheit in Frage komme, wie dieselbe zu haben ist. Die Luft des Freien ist keineswegs lediglich aus den wesentlichen Bestandtheilen — etwa 76 Theilen Stickstoff, 24 Theilen Sauerstoff und Wasserdunst — zusammengesetzt, sondern enthält zahlreiche andere Gase beigemischt, welche mehr oder weniger als Verunreinigungen der Luft aufgefaßt werden müssen. Sie rühren von den Vorgängen her, welche Gas und Staub entwickeln; sie entströmen den Wohnungen, den Stallungen, den thierischen Körpern; sie entstehen in Folge der Gährung und Fäulnis und bei den verschiedensten gewerblichen Arbeiten. Die freie Luft hat die wichtige Aufgabe zu erfüllen, die Gase von der Entstehungsstelle aus dahin zu führen, wo dieselben gleichsam verbraucht werden; sie ist daher mit den verschiedensten Gasen beladen. Vermöge der Ergießung der Gase in einander werden die an irgend einem Orte in reichlicher Menge entwickelten rasch in einem großen Raume vertheilt, dem gemäß verdünnt, so fern nicht abschließende Wände im Wege sind. Die Ergießung der Gase in einander ermöglicht vorwiegend den thatsächlichen Zustand, nach welchem die Bestandtheile der atmosphärischen Luft in verschiedenen Erdtheilen fast genau dieselben sind; nur in unmittelbarer Nähe des Entstehungsortes der verunreinigenden Gase ist eine größere Menge derselben zu finden.

Die Vertheilung, bezw. Ausbreitung des Staubes innerhalb der Luft findet nur vermöge der Wirbelbewegungen derselben statt. Der Staub ist daher mehr örtlicher Natur, als die oben genannten Gase. Staubtheile pflanzlichen Ursprunges werden jedoch vermöge ihrer Kleinheit und ihres geringen Einheitsgewichtes oft außerordentlich weit getragen, so daß man geringe Mengen derselben auch an den staubfreiesten Orten antrifft.

Was nun die Mengen der der freien Luft beigemischten Verunreinigungen be-

trifft, so ist zunächst die Beimischung des Staubes, aus angegebenen Gründen, allgemein nicht zu nennen. Unter 3 werden die Mittel zur Befreiung des in der frischen Luft enthaltenen Staubes beschrieben werden.

139.  
Kohlenäure-  
gehalt.

Die Beimischung der Kohlenäure schwankt zwischen 0,4 bis 0,8 in 1000 Gewichtstheilen der Luft. Die Kohlenäure tritt — abgesehen vom Entwicklungsorte — namentlich nach heftigem Regen auf, indem dieser den höher gelegenen Luftschichten einen Theil ihrer Kohlenäure entzieht und denselben, beim Aufprallen auf das Straßenspflaster u. dergl., fahren läßt. Da die Luft nach einem Regen sehr gern geathmet wird, so beeinträchtigt die Kohlenäure allein die Güte der Luft nicht, wenigstens nicht, so weit ihre Menge innerhalb mäßiger Grenzen sich bewegt. Man sollte deshalb nicht, wie in der Regel geschieht, fordern, daß der Kohlenäuregehalt der von Menschen zu athmenden Zimmerluft höchstens 1,0 bis 1,6 Gewichtstheile in 1000 Theilen betragen dürfe, sondern zweckmäßiger: der Kohlenäuregehalt der Luft soll durch den Stoffwechsel der Menschen, nach Umständen auch durch die Beleuchtungs-Einrichtungen, höchstens um 0,6 bis 1,0 Gewichtstheil in 1000 Theilen Luft vermehrt werden.

140.  
Wasser-  
gehalt.

Der Wassergehalt der freien Luft schwankt zwischen vollständiger Sättigung und einem Bruchtheil derselben innerhalb weiter Grenzen. Der Grad der Sättigung wird in Hunderteln derselben ausgedrückt, so daß z. B. die Angabe, eine Luft enthalte 54 Procent Feuchtigkeit, bedeutet: es fehlen  $\frac{46}{100}$  derjenigen Wassermenge, welche die Luft unter vorliegenden Umständen überhaupt aufzunehmen vermag.

In 1 cbm Luft vermag sich nun 1 cbm Wasserdampf, dessen Temperatur gleich derjenigen der Luft ist, zu ergießen; die Spannung des entstehenden, 1 cbm Raum ausfüllenden Gemisches ist alsdann gleich der Summe der Spannungen der Luft und des Dampfes. Sobald, wie hier immer der Fall ist, vermöge der Poren in den Einschließungsflächen das Gemisch mit der freien Luft in ungehinderter Verbindung steht, so kann dasselbe keine höhere Spannung annehmen, als diese, d. h. das Gemisch dehnt sich gleichzeitig mit seiner Bildung aus.

Heißt die Atmosphärenspannung  $S_1$ , diejenige des Dampfes  $S_2$  und wird mit  $Q_1, Q_2, Q$  das Gewicht der Raumeinheit trockener atmosphärischer Luft, bezw. Dampf, bezw. mit Dampf gefättigter atmosphärischer Luft bezeichnet, so hat die Gleichung 57 Gültigkeit, da bei Ausdehnung von Gasen sich die Gewichte der Raumeinheit gerade so verhalten, wie die Spannungen; demnach

$$\frac{Q}{Q_1 + Q_2} = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \dots \dots \dots 57.$$

oder

$$Q = S_1 \frac{Q_1 + Q_2}{S_1 + S_2} \dots \dots \dots 57a.$$

Im Gewicht  $Q$  ist Luft und Dampf in demselben Verhältniß vorhanden, wie dies ohne die Ausdehnung der Fall gewesen sein würde, d. h. es befinden sich in jedem Cub.-Meter des Gemisches  $Q_1$  Kilogr. Luft und  $Q_2$  Kilogr. Dampf, wenn

$$Q_1 = Q \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} = Q_1 S_1 \frac{Q_1 + Q_2}{S_1 + S_2} \frac{1}{Q_1 + Q_2} = Q_1 \frac{S_1}{S_1 + S_2}; \dots \dots 58.$$

$$Q_2 = Q \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} = Q_2 \frac{S_2}{S_1 + S_2} \dots \dots \dots 59.$$

Auf Grund der Gleichungen 57, 58 u. 59 sind das Gewicht der Raumeinheit gefättigter Luft und die in derselben enthaltene Luft- und Wassermenge zu berechnen, sobald  $S_1$  und  $S_2$ , so wie  $Q_1$  und  $Q_2$  bekannt sind.

Die Spannung der Atmosphäre wird gewöhnlich zu  $S_1 = 760$  mm Queckfilberfülle angenommen. Die Spannung  $S_2$  des Wasserdampfes, so wie das Gewicht  $Q_2$  desselben sind für die hier in Frage kommenden Temperaturen in der folgenden Zusammenstellung enthalten. Das Gewicht der trockenen atmosphärischen Luft berechnet sich, da dieselbe bei 0 Grad und 760 mm Barometerstand (oder  $10\,333 = \infty 10\,000$  kg Druck auf 1 qm) 1,293187 kg wiegt und dieselbe sich für jeden Grad der Temperaturerhöhung um  $\alpha = 0,003665$  des Raumes ausdehnt, zu

$$Q_1 = \frac{1,293187}{1 + 0,003665 t} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}, \dots \dots \dots 60.$$

wenn  $t$  die Temperatur derselben bezeichnet.

Die hier folgenden Zahlen sind abgerundete.

Temperatur	1 cbm trockene Luft mit 0,00004 Raumtheilen Kohlenfäure wiegt	Spannung des Wasserdampfes	1 cbm gesättigter Wasserdampf wiegt	1 kg trockene Luft vermag an Wasserdampf aufzunehmen
-20	1,396	13,8	0,8	0,6
-15	1,368	19,5	1,3	1,0
-10	1,342	29,2	2,1	1,6
-5	1,317	43,7	3,2	2,4
-2	1,303	53,7	4,1	3,1
0	1,293	62,1	4,7	3,6
+2	1,284	76,7	5,4	4,2
+4	1,274	82,5	6,2	4,9
+6	1,265	94,7	7,1	5,6
+8	1,256	108,5	8,1	6,4
+10	1,247	124,2	9,2	7,4
+12	1,239	141,7	10,4	8,4
+14	1,230	161,4	11,8	9,6
+16	1,221	183,6	13,4	11,0
+18	1,213	208,3	15,2	12,5
+20	1,205	235,9	17,0	14,1
+22	1,197	266,9	19,4	16,2
+24	1,188	301,0	21,9	18,4
+26	1,180	339,2	24,5	20,8
+28	1,173	381,4	27,2	23,2
+30	1,165	428,2	30,1	25,8
+32	1,157	480,0	33,3	28,8
+34	1,150	537,0	36,9	32,1
+36	1,142	600,1	41,1	36,0
+38	1,135	669,4	45,8	40,4
+40	1,128	746,7	50,9	45,1
+45	1,110	969,7	65,3	58,8
+50	1,093	1250	83,0	76,1
+55	1,076	1597	104,6	97,2
+60	1,060	2023	130,7	123,3
+65	1,044	2552	162,0	155,1
+70	1,029	3170	199,4	193,3
+75	1,014	3924	243,8	240,4
+80	1,000	4820	296,0	296,0
Grad C.	Kilogr.	Kilogr. für 1 qm		Gramm

147.  
Zweckmässigster  
Feuchtigkeits-  
gehalt.

Was die Frage über den zweckmässigsten Feuchtigkeitsgehalt betrifft, so ist dieselbe keineswegs als genügend geklärt anzusehen.

Thatsache ist, daß in wenig Feuchtigkeit enthaltender Luft die Wasserverdunstung des menschlichen Körpers eine entschiedenere, in feuchterer Luft dagegen eine geringere ist. Ob eine raschere oder langsamere Verdunstung des dem Körper in Form von Speisen und Getränken zugeführten Wassers vortheilhafter ist, ist bis heute noch nicht nachgewiesen<sup>86)</sup>. Wir wissen dagegen, daß eine reichlich mit Wasserdampf gesättigte Luft (Gewitterluft, diejenige schlecht gelüfteter, stark besetzter Versammlungssäle, Theater u. s. w.) für uns unbehaglich ist. Dies ist aber die Gesamtheit dessen, was wir in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft wirklich wissen. Ist es doch noch unentschieden, ob der Sättigungsgrad der Luft, d. h. das Verhältniß derjenigen Wasserdampfmenge, welche dieselbe bei der betreffenden Temperatur überhaupt aufzunehmen vermag, zur vorhandenen Wasserdampfmenge bei Beurtheilung der Frage nach der Zuträglichkeit der Luft eine durchschlagende Rolle spielt oder nicht<sup>87)</sup>. Verschiedene hierauf sich beziehende Anschauungen findet man in der unten genannten Quelle<sup>88)</sup> zusammengestellt; welche derselben richtig ist, muß die Gesundheitslehre entscheiden. Der Techniker muß sich einstweilen dabei beruhigen, daß der zweckmässigste Feuchtigkeitszustand zwischen 25 und 75 Procent der vollen Sättigung liegt.

### β) Größe des Luftwechsels.

148.  
Ermittlung  
d. erforderl.  
Luftwechsels.

Wenn fest gestellt ist, welcher Kohlenäuregehalt zugelassen werden soll und welche Kohlenäuremengen in dem betreffenden Raume entwickelt werden, so kann man auf folgendem Wege rechnungsmäßig den erforderlichen Luftwechsel bestimmen.

Es sei:

$L$  die Luftmenge (in Cub.-Met.), welche stündlich aus dem Freien zugeführt werden muß,

$\mathcal{V}$  der Inhalt des in Frage stehenden Raumes (in Cub.-Met.),

$Z$  die Zeit (in Stunden), und zwar  $Z_1$  die Zeit des Anfanges,  $Z_2$  diejenige des Endes des in Frage kommenden Vorganges,

$\sigma$  der Kohlenäuregehalt der Luft, und zwar  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  derjenige zu Anfang, bzw. am Ende des Vorganges im Raume vorhandene,  $\sigma_0$  derjenige der freien Luft,

$C$  die Kohlenäuremenge (in Cub.-Met.), welche stündlich im Raume entwickelt wird.

Es ist alsdann die Aenderung des Kohlenäuregehaltes in der Zeit  $dZ$  gleich  $d\sigma$ , und die Zu- oder Abnahme der Kohlenäuremenge gleich  $\mathcal{V} \cdot d\sigma$ . Sie wird hervorgerufen durch die Entwicklung, bzw. Zufuhr von  $L\sigma_0 \cdot dZ + C \cdot dZ$  Cub.-Meter und die Abfuhr von  $L \cdot dZ + C \cdot dZ$  Cub.-Meter Luft, welche enthält  $\sigma(L + C)dZ$  Cub.-Meter Kohlenäure.

<sup>86)</sup> *Lafius* erwähnt in seinem lehrwerthen Schriftchen: „Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung“, daß in dem namentlich für Lungenkranke heilsamen Luftkurort Davos der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur 25 Procent betrage, und daß in seinem Hause, dessen Luft während des Winters selten mehr als 35 Procent Feuchtigkeit enthielt, sich eine kranke Dame wohler fühlte, als in der früher geathmeten feuchteren Luft.

Im Gebäude der technischen Hochschule zu Hannover, welches sehr stark gelüftet wird, so daß — nach Angaben des *Kopp'schen* Hygrometers — der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur gegen 24 Procent betrug, hat sich, trotz wiederholter Anregung meinerseits, Niemand über zu trockene Luft beklagt.

<sup>87)</sup> Siehe: *Zeitschr. f. Hygiene* 1886, S. 60.

<sup>88)</sup> *Fischer*, F. *Zeitschr. f. d. chem. Industrie*, 1887, April, S. 182 u. ff.

Sonach ist

$$\begin{aligned} \mathcal{F} d\sigma &= L\sigma_0 \cdot dZ + C \cdot dZ - \sigma(L + C) dZ, \\ \mathcal{F} d\sigma &= -[\sigma(L + C) - L\sigma_0 - C] dZ \end{aligned} \quad 61.$$

und

$$\int_{\sigma_2}^{\sigma_1} \frac{d\sigma}{\sigma(L + C) - L\sigma_0 - C} = - \int_{Z_2}^{Z_1} \frac{dZ}{\mathcal{F}}, \quad 62.$$

woraus

$$\begin{aligned} Z_2 - Z_1 &= \frac{1}{L + C} \left[ \log. \text{nat. } \{ \sigma_1(L + C) - L\sigma_0 - C \} - \log. \text{nat. } \{ \sigma_2(L + C) - L\sigma_0 - C \} \right] \mathcal{F}; \\ Z_2 - Z_1 &= \mathcal{F} \frac{1}{L + C} \log. \text{nat. } \frac{\sigma_1(L + C) - L\sigma_0 - C}{\sigma_2(L + C) - L\sigma_0 - C} \quad (\text{Formel von Seidel}) \end{aligned} \quad 63.$$

Dieselbe läßt sich ohne Weiteres zur Bestimmung von  $Z_2 - Z_1$ , bzw.  $L$  benutzen, wenn  $C = 0$  ist, wenn also keine Kohlenäure entwickelt, mit anderen Worten, der betreffende Raum nicht benutzt, aber doch gelüftet wird. Es ist sodann

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{F} \frac{1}{L} \log. \text{nat. } \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0}, \quad 64.$$

d. h. man findet die Anzahl Stunden, innerhalb welcher bei Anwendung einer Lüftungsmenge  $L$  der Kohlenäuregehalt von  $\sigma_1$  zu  $\sigma_2$  verändert wird. Eben so erhält man die Luftmenge  $L$ , welche in einer bestimmten Zeit  $Z_2 - Z_1$  die entsprechende Wirkung hervorbringt, zu

$$L = \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{nat. } \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0} \quad 65.$$

Die obige allgemeine Formel läßt sich vereinfachen und damit bequemer lösbar machen, wenn man berücksichtigt, daß  $C$  als Summand gegenüber  $L$  verschwindet und daß der Logarithmus immer eine kleine Größe haben wird, in

$$\begin{aligned} Z_2 - Z_1 &= \mathcal{F} \frac{1}{L} 2 \frac{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C - \sigma_2 L + \sigma_0 L + C}{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C + \sigma_2 L - \sigma_0 L - C}, \\ Z_2 - Z_1 &= 2 \frac{\mathcal{F}}{L} \frac{L(\sigma_1 - \sigma_2)}{(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\sigma_0)L - 2C}, \\ Z_2 - Z_1 &= \mathcal{F} \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0\right)L - C} \end{aligned} \quad 66.$$

und

$$\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0\right)L - C = \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\sigma_1 - \sigma_2),$$

sonach

$$L = \frac{\mathcal{F}}{\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0} (\sigma_1 - \sigma_2) + C \quad (\text{Formel von Kohtrausch}) \quad 67.$$

Für den besondern, aber meistens vorliegenden Fall, daß der Kohlenäuregehalt der Luft im gelüfteten Raume unverändert bleiben, sonach  $\sigma_1 = \sigma_2 =$  kurzweg  $\sigma$  sein soll, vereinfacht sich die Formel in

$$L = \frac{\mathcal{F}}{\sigma - \sigma_0} 0 + C$$

oder

$$L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0} \quad 68.$$

Den selben Ausdruck gewinnt man auf geradem Wege, indem man bedenkt, dass im Beharrungszustande der Kohlenfäuregehalt  $\sigma$  gleich sein muss der zugeführten Kohlenfäuremenge, getheilt durch die zugeführte Luftmenge, oder

$$\sigma = \frac{L\sigma_0 + C}{L} \text{ oder, wie oben, } L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0}.$$

Die Gröfse  $\mathcal{F}$ , also der Rauminhalt des zu lüftenden Raumes ist hier nach ohne Einfluss auf die erforderliche Luftmenge, sobald der Beharrungszustand eingetreten ist. Bezeichnet man mit  $\mathcal{Q}$  die stündlich erforderliche Luftmenge (in Kilogr.), mit  $A$  die stündlich im Raume frei werdende Kohlenfäuremenge (in Kilogr.) und mit  $\eta$ , bezw.  $\eta_0, \eta_1, \eta_2$  den Kohlenfäuregehalt der Luft (dem Gewichte nach), endlich mit  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm Luft des Raumes  $\mathcal{F}$  (in Kilogr.), so werden die Formeln 63, 64, 65, 67 u. 68 zu den anderen:

$$Z_2 - Z_1 = \frac{\gamma \mathcal{F}}{\mathcal{Q} + A} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 (\mathcal{Q} + A) - \mathcal{Q} \eta_0 - A}{\eta_2 (\mathcal{Q} + A) - \mathcal{Q} \eta_0 - A} \dots 63a.$$

$$Z_2 - Z_1 = \gamma \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{Q}} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \dots 64a.$$

$$\mathcal{Q} = \gamma \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \dots 65a.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{\gamma \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + A}{\frac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0}, \dots 67a.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{A}{\eta_1 - \eta_0} \dots 68a.$$

Man hat geglaubt, auf Grund dieser Formeln den thatsächlich stattfindenden Luftwechsel messen zu können, indem man z. B. die beobachteten  $\varepsilon_2, \varepsilon_1, \sigma_0, \sigma_1, \sigma_2$  und  $C$ , bezw.  $\eta_0, \eta_1, \eta_2$  und  $A$  in die Formeln 67, bezw. 67a einsetzte. Diese Meinung ist jedoch nur in beschränktem Mafse richtig, indem die Einschließungsflächen der von Menschen benutzten Räume nicht dicht sind, in Folge weffen sich gröfsere oder geringere Mengen der verschiedenen Gase, je nach ihrer Art und ihrem Auftreten, in den Poren der Wandflächen verdichten. Die Formeln 65, 65a, 67, 67a lassen sich dagegen verwenden, um annähernd die Luftmengen zu bestimmen, welche zur Verdünnung der Verunreinigungen erforderlich sind, so fern während der Benutzung des Raumes nicht gelüftet werden soll, was gerechtfertigt sein kann, sobald der betreffende Raum nur zeitweise, und dann nur für kurze Dauer, Menschen aufzunehmen hat, bezw. andere luftverunreinigende Vorgänge in demselben stattfinden. Ein solches Verfahren des Lüftens ist um so mehr in einzelnen Fällen verständig, als, wie bereits erwähnt, in den Wänden, in den Möbeln etc. sich erhebliche Mengen verunreinigender, übel riechender Gase zu verdichten vermögen, die nachträglich durch frische Luft gleichsam ausgespült werden, gleich wie die Kleider einen frischeren, reineren Geruch erhalten, wenn man mit denselben in freier Luft sich bewegt.

In der Regel wird man Formel 68, bezw. 68a zur Bestimmung der zuzuführenden Luftmengen benutzen. Soll z. B. die Zunahme des Kohlenfäuregehaltes (vergl. Art. 132, S. 127) höchstens 0,6 Gewichtstheile auf 1000 Theile Luft betragen, sonach  $\eta - \eta_0 = \frac{0,6}{1000}$  sein, so wird für einen erwachsenen Menschen, da derselbe (vergl. Art. 127, S. 125) im Durchschnitt stündlich 40 g = 0,04 kg Kohlenfäure entwickelt, eine Luftmenge

$$\mathcal{Q} = \frac{0,04}{\frac{0,6}{1000}} = 66,6 \text{ Kilogr.}$$

oder, bei einer Temperatur von 20 Grad, so dass 1 cbm Luft 1,2 kg wiegt,

143.  
Bestimmung  
der  
zuzuführenden  
Luftmenge.

$$L = \frac{66,6}{1,2} = 55,5 \text{ Cub.-Met.}$$

erforderlich.

In Anbetracht jedoch, daß der Kohlenfäuregehalt lediglich ein Maßstab sein soll für die Verunreinigungen, welche die Luft enthält, in Erwägung, daß dieser Maßstab nur unter gleichen Umständen in geradem Verhältnisse zu den eigentlich verunreinigenden Gasen steht, dürfte es zweckmäßig sein, die Luftmengen für jede einzelne Person, bezw. andere Quelle der Luftverunreinigung anzunehmen, die vorhin angeführte Rechnung also zu unterlassen, dieselbe vielmehr nur in so weit zu verwenden, als die vier Formeln 65, 65a, 67 und 67a hierzu in bereits erwähnter Weise Veranlassung geben.

Ein solches Verfahren ist eben so genau, als das auf die Formeln 68, bezw. 68a begründete, da es die Berücksichtigung der Umstände, unter welchen die Gasauscheidungs-Quellen auftreten, in eben demselben Maße gestattet; es ist aber weit übersichtlicher und führt deshalb rascher zum Ziele. Man wird, aus schon angedeuteten Gründen, größere Luftmengen durch einen Raum strömen lassen, wenn derselbe dauernd, namentlich wenn derselbe Tag und Nacht benutzt wird, geringere dagegen — so fern man ununterbrochen lüftet, bezw. die Fenster öffnet, sobald der Raum nicht benutzt wird — bei kürzerer Dauer der Benutzung.

Da die uns unbekanntes Gase und Dünste am unheimlichsten erscheinen, dieselben am wenigsten Vertrauen verdienen, sobald sie von einem Kranken ausgestoßen sind, so ist den Krankenzimmern ein besonders starker Luftwechsel zuzumessen; handelt es sich um Fieberkranke oder solche, die mit eiternden Wunden behaftet sind, so tritt noch die Erwägung hinzu, daß von jeder Person überhaupt größere Mengen gefährlicher oder doch unangenehmer Gase frei werden. Auf der anderen Seite ist zu beachten, daß durch Wachsen der Luftgeschwindigkeit die schädlichen Einflüsse des »Zuges« wachsen. Unter denselben Umständen wird aber die Luftgeschwindigkeit um so größer sein, je kleiner die für jeden Kopf vorhandene Grundfläche des betreffenden Raumes ist; sonach ist für jede Person stark besetzter Räume eine geringere Luftmenge zu rechnen, als für jede Person in weniger angefüllten Räumen.

Auf Grund der angedeuteten Erwägungen und der Angaben Anderer habe ich folgende Tabelle (unter *F.*) zusammengestellt, welche die stündlich erforderliche Luftmenge nennt. Für in dieser Tabelle nicht genannte Fälle (wie z. B. für Wohnräume u. s. w.) wird man, unter Berücksichtigung der sie begleitenden Umstände, ohne Schwierigkeit auf Grund der früheren Erörterungen und der Tabelle zutreffende Zahlenwerthe gewinnen können. Unter *Pr.* sind diejenigen Luftmengen angeführt, welche laut Erlaß des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 7. Mai 1884 für die Bauwerke des preussischen Staates vorgeschrieben sind.

144.  
Erforderl.  
Luftmenge.

Benennung der Quellen.	Stündlich erforderliche Luftmenge ℔.	
	<i>F.</i>	<i>Pr.</i>
Für jeden gewöhnlichen Kranken . . . . .	60 bis 80	103
» » Verwundeten oder jede Wöchnerin . . . . .	80 » 120	
» » Kranken bei Epidemien . . . . .	120 » 180	26 bis 39
» » Gefangenen . . . . .	25 » 50	
» » Kopf in Werkstätten, Casernen, Schauspielhäusern, Versammlungs- räumen, Hörsälen . . . . .	25 » 50	26
» » Schüler oder jede Schülerin der höheren Classen . . . . .	20 » 40	13 bis 26
» » jüngeren Schüler oder jede jüngere Schülerin . . . . .	15 » 30	
» » Reisenden im Eisenbahnwagen . . . . .	20 » 40	—
» » stündlich 100 <sup>1</sup> Gas verbrauchenden Gasbrenner . . . . .	5 » 10	—

Kilogramm.

In manchen Fällen ist übrigens die Lüftungsmenge nach der abzuführenden Wärmemenge zu bemessen. Wenn ein erwachsener Mensch ausser den zur Verdunstung gebrauchten noch 100 Wärmeeinheiten (siehe Art. 99, S. 95) abgibt und nicht in der Lage ist, durch Wärmestrahlung einen Theil dieser Wärme nach aussen zu führen (z. B. in gut besetzten Versammlungssälen u. dergl.), so muss die ihn umgebende Luft sie aufnehmen. Dies ist nur in der Weise möglich, dass die Luft den Körper des Menschen bespült und hierbei eine gewisse Temperaturzunahme erfährt. Lässt man z. B. eine Temperaturzunahme von 8 Grad zu, so vermag jedes Kilogramm Luft (nach Art. 124, S. 121)

$$8 \cdot 0,238 = 1,904 \text{ Wärmeeinheiten}$$

aufzunehmen, d. h. man muss, lediglich in Rücksicht auf die Entwärmung des Menschen, ihm stündlich 52,6 kg Luft zuführen. 8 Grad Temperaturunterschied bedeutet aber, dass, wenn die höchste Temperatur z. B. 22 Grad nicht überschreiten soll, die Anfangs-Temperatur 14 Grad sein muss. Diese Temperaturgrenzen kommen unmittelbar an der Körperoberfläche zur Geltung, wenn man den eng zusammenstehenden, bezw. sitzenden Menschen die kühlere Luft von unten zuführt und die wärmere nach oben abströmen lässt, weil bei diesem Verfahren Nebenströmungen ausgeschlossen sind. Können dagegen, wie bei anderen Luftzuführungsarten, bezw. bei weniger starker Füllung des betreffenden Raumes Nebenströmungen eintreten, so findet der Austausch der Wärme unter deren Vermittelung statt, so dass die Menge der den Körper berührenden Luft viel grösser, also der Temperatur-Unterschied der Luft dem entsprechend kleiner wird.

#### γ) Einfluss der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

145.  
Wasserdampf-  
gehalt.

Indem man die in Rede stehenden Luftmengen durch den betreffenden Raum führt, beeinflusst man nicht allein den Kohlenäuregehalt, so wie den Gehalt an solchen Gasen, welche sich mit der Kohlenäure in gleichem Masse entwickeln sollen, sondern auch den Gehalt an Wasserdampf. Man kann zur Verfolgung des betreffenden Vorganges die Formeln 64a, 65a, 67a u. 68a benutzen, wenn bedacht wird, dass der Dampfgehalt niemals grösser werden kann, als der Sättigung entspricht (vergl. Art. 140, S. 132) und dass die die Luft sättigende Dampfmenge mit der Temperatur sich ändert.

Nach Früherem (Art. 129, S. 126) wird der Zimmerluft von den Gasflammen und von den im Zimmer sich aufhaltenden Menschen fortwährend Wasserdampf zugeführt.

Es heisse das Gewicht des Wasserdampfes, welches auf diesem Wege stündlich geliefert wird,  $w$  (in Kilogr.) und bezeichne  $\eta_0$ ,  $\eta_1$  und  $\eta_2$  für den vorliegenden Zweck den Gehalt der Luft an Wasserdampf, bezw. der freien Luft, der eingeschlossenen Luft zur Zeit  $Z_1$  und derselben zur Zeit  $Z_2$ ; alsdann entsteht unter dem gemachten Vorbehalt, dass die Luft nie überfättigt werden kann, ohne Weiteres

$$Z_2 - Z_1 = \gamma \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{Q}} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \quad \dots \quad 64b.$$

$$\mathcal{Q} = \gamma \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \quad \dots \quad 65b.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{\gamma \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + w}{\frac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0}, \quad \dots \quad 67b.$$



$$\varrho = \frac{w}{\eta - \eta_0}, \dots \dots \dots 68b.$$

aus welchen Gleichungen die Zustandsänderung des Wassergehaltes abgeleitet werden kann.

Für den Beharrungszustand entsteht aus 68b

$$\eta = \frac{w}{\varrho} + \eta_0, \dots \dots \dots 69.$$

ein Ausdruck, welcher besagt, daß der Dampfgehalt der Luft im geschlossenen Raume gleich ist demjenigen der zugeführten frischen Luft, vermehrt um denjenigen Theil des in diesem Raume entwickelten Wasserdampfes, der auf jedes Kilogramm der zugeführten frischen Luft entfällt. Der Satz ist ohne Schwierigkeit auch unmittelbar abzuleiten.

Beispielsweise sei die  $-20$  Grad zeigende Luft des Freien mit 70 Procent der Sättigung gefeuchtet. Im geschlossenen Raume herrsche die Temperatur  $+20$  Grad;  $\varrho$  sei für jede Person zu 40 kg bestimmt, während jede Person 100 g Wasser verdunstet. Es ist alsdann

$$w = 0,1, \quad \varrho = 40, \quad \eta_0 = 0,0004; \text{ fönach } \eta = 0,0029 \text{ kg.}$$

Die Luft von  $+20$  Grad vermag 0,014 kg Wasserdampf zu enthalten; folglich ist die vorliegende nur mit etwa 20 Procent ihrer Sättigung mit Wasserdampf behaftet. Bei 0 Grad Temperatur des Freien und im Uebrigen gleichen Verhältnissen würde der entstehende Zustand schon innerhalb der oben angegebenen Grenzen fallen, indem der Feuchtigkeitsgehalt der Luft 43 Procent würde.

Im Allgemeinen nimmt somit der Procentatz der Feuchtigkeit der eingeschlossenen Luft um so mehr ab, je niedriger die Temperatur des Freien gegenüber derjenigen des geschlossenen Raumes ist. Sobald jedoch die Temperaturen nahezu gleich sind, so muß nothwendiger Weise die eingeschlossene Luft, in welcher Menschen sich befinden, feuchter sein, als die freie Luft. Wenn gar die Temperatur des Zimmers eine niedrigere ist, als diejenige der frischen Luft, so tritt bald ein hoher Feuchtigkeitsgrad ein, welcher nicht selten nahezu die volle Sättigung erreicht, ja zur Ausscheidung von Wasser führt. Es entsteht, wenn Flächen vorhanden sind, die eine geringere Temperatur haben, als diejenige der Luft ist, auf diesen der sog. Schweiß, welchen man in ungeheizten, mit geheizten und stark bevölkerten Räumen in Verbindung stehenden Zimmern so häufig beobachtet und der als »Feuchtigkeit der Wände« einer mangelhaften Bauweise in die Schuhe geschoben wird. Fehlt es an derartigen kälteren Wänden, so scheidet sich der Wasserdampf in Nebelform aus.

Im Winter dienen die Fensterflächen meist als Lufttrockner; im Sommer muß man besondere Lufttrockner aufstellen, wenn man in stark besetzten Räumen nicht eine höhere Temperatur, als diejenige der freien Luft zulassen will. Genau genommen sollte man den Feuchtigkeitsgehalt der Luft regelmäsig beobachten und hiernach Vorrichtungen regeln, welche die Be- oder Entfeuchtung der Luft zu bewirken haben. Dies ist vielfach verfucht worden; im Folgenden mögen einige der hierher gehörenden Einrichtungen besprochen werden.

### 2) Mittel zum Befeuchten der Luft.

Sehr entschieden wirken die Einrichtungen, welche eigentlich zum Waschen der Luft, behuf Entfernung des Staubes, angewendet werden. Dieselben werden weiter unten (unter 3) beschrieben werden; es sei hier nur bemerkt, daß durch dieses Anfeuchtungsverfahren eine annähernde Sättigung der Luft erfolgt.

Offene, mit Wasser gefüllte Schalen stellt man häufig in den Heizkammern, in den Mündungen der Luft-Zuleitungs-Canäle und auch in den Zimmern auf. Erstere

146.  
Schwitzen  
der Wände  
u. f. w.

147.  
Be- und Ent-  
feuchten  
der Luft.

148.  
Befeuchten  
der Luft.

Anordnung hat den Vortheil, das verhältnißmäßig kleine Wasserflächen eine reichliche Verdunstung zu vermitteln vermögen, indem das Wasser durch den Heizkörper erwärmt wird und mit der wassergierigsten Luft in Berührung kommt. In den Mündungen der Luft-Zuleitungs-Canäle aufgestellte Schalen vermögen auch reichliche Wassermengen zu verdunsten, indem — so lange eine Anfeuchtung überhaupt nothwendig wird — die über dem Wasser hinweg streichende Luft wärmer, also verhältnißmäßig trockener ist, als die Zimmerluft. Im Zimmer selbst angebrachte Wasserflächen müssen sehr umfangreich sein, um eine nennenswerthe Verdunstung zu veranlassen.

149.  
Regelung  
der  
Luftanfeuchtung.

Eine Regel über die zweckmäßige Größe solcher Schalen ist nicht bekannt; thatsächlich erhalten sie von den verschiedenen Erbauern nicht allein an sich, sondern namentlich auch in so fern äußerst verschiedene Ausdehnungen, als ihr Raum in Frage kommt, so das es z. Z. unmöglich sein dürfte, auch nur annähernd zutreffende Angaben zu machen. Es dürfte diese Thatfache theilweise dem Umstande zuzuschreiben sein, das über die nützlichste Feuchtigkeit erhebliche Meinungsverschiedenheiten vorliegen, theils dem anderen, das die Feuchtigkeitsabgabe der Menschen einen beherrschenden Einfluß auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft hat, so das einerseits dem Techniker die Aufgabe, einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt zu schaffen, sehr selten wird, andererseits aber auch die Lösung einer solchen außerordentlich erschwert wird. Ich gedenke weiter unten (bei Erörterung der Heizungs- und Lüftungs-Anlagen) hierauf zurückzukommen.

Zur Zeit bestimmt man die Größe der Anfeuchtungs-Einrichtungen nach willkürlicher Schätzung, sorgt höchstens für deren Regelbarkeit und behält sich im Uebrigen vor, erforderlichenfalls durch Erweiterungen nachzuhelfen; weiß man doch, das kaum jemals nach Ablauf des ersten Betriebsjahres Werth auf die Luftanfeuchtungs-Vorrichtungen gelegt wird. Im ersten Betriebsjahre ist aber der Feuchtigkeitsgehalt der neuen Mauern meistens von folchem Einfluß, das man über mangelnde Feuchtigkeit nicht zu klagen pflegt.

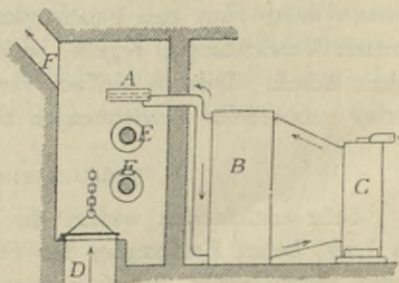
150.  
Luft-  
anfeuchtungs-  
Einrichtungen.

Im Jahre 1876 stellte die »Anonyme Gesellschaft für Metallfabrikation zu St. Petersburg« in Brüssel eine Anordnung (in Abbildung) aus<sup>89)</sup>, welche durch Fig. 59 ihrem Grundgedanken nach wiedergegeben ist.

Es bezeichnet *A* die flache, theilweise mit Wasser gefüllte Schale, die über den Heizröhren *E, E* aufgestellt ist. Letztere haben nur den Zweck, die frische, durch *D* zugeführte, durch *F* zum betreffenden Raume gelangende frische Luft zu erwärmen. *C* bezeichnet einen aufrechten Kessel zum Erwärmen des Wassers, welches zunächst in den Behälter *B* und dann zur Schale *A* steigt; das kältere Wasser aus dieser sinkt in gleichem Maße nach *B* und *C*, um hier erwärmt zu werden. Man ist somit im Stande, das Wasser der Schale *A* auf eine beliebige Temperatur zu bringen, bezw. dasselbe (innerhalb gewisser Grenzen) beliebig rasch verdampfen zu lassen. Der geräumige Behälter *B* dient zur Aufspeicherung der Wärme, wodurch die Ungleichheiten der Heizung in *C* ausgeglichen werden sollen.

*Kelling* in Dresden zeigte 1877 eine Anordnung, vermöge welcher das Wasser der Ver-

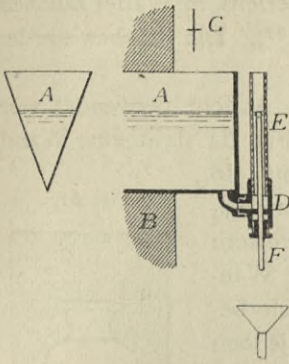
Fig. 59.



<sup>89)</sup> Siehe: FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege und Rettungswesen in Brüssel 1876. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 17.

dunstungschale ebenfalls durch besondere Feuerung erwärmt wird. Ein kleiner, ausserhalb der Heizkammer aufgestellter Kessel, der mittels Umlaufsröhren mit den Verdunstungschalen in Verbindung steht, wird durch Gas geheizt, so dass die betreffende Wärmeentwicklung bequem geregelt werden kann.

Fig. 60.



Luftanfeuchtungs-Schale von Hermann Fischer.

Die Anordnung, welche Fig. 60 darstellt, habe ich — meines Wissens zuerst — seit 1868 häufig ausgeführt.

Die Schale *A* hat einen keilförmigen Querschnitt; sie ragt um so viel aus der Heizkammerwand *B* hervor, dass der an einem Ausläufer der Wasserleitung angebrachte Hahn *C* der Schale *A* das nöthige Wasser zuzuführen vermag. Am Kopfe der Schale *A* befindet sich eine Fassung *D*, welche eine Glasröhre *E* zur Beobachtung des Wasserstandes und eine Ueberlauföhre *F* trägt. Letztere ist in der unten befindlichen Stopfbüchse der Fassung *D* verschiebbar, so dass jeder gewünschte Wasserstand erzielt werden kann. Mit der Höhenlage des Wasserpiegels in der Schale *A* oder in mehreren mit derselben verbundenen, eben so geformten Schalen ändert sich offenbar die Verdampfung des Wassers.

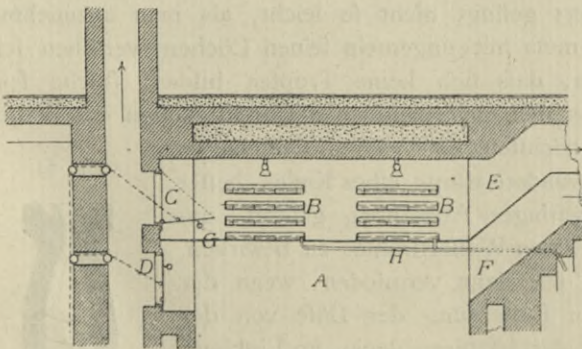
Im Jahre 1883 stellte *Kelling* diese Verdunstungschale in folgender, wesentlich verbesserter Gestalt aus.

Derselbe hat nämlich in die Schale — deren Winkel grösser war, wie in Fig. 60 — eine heisses Wasser oder Dampf führende Röhrenschlange gelegt, welche von dem umgebenden Wasser mehr oder weniger hoch umspült wurde. Angesichts der lebhaften Wärmeabgabe der vom Wasser unmittelbar berührten Röhrenheizflächen dürfte auf diesem Wege eine sehr wirksame Regelung des Verdampfens zu erzielen sein.

*Fischer und Stiehl* in Essen stellen ihre Verdunstungschalen in einem besonderen, über der Heizkammer befindlichen Räume auf, wie Fig. 61 erkennen lässt.

Es ist von der Gefammthöhe der Heizkammer *A* mittels einer wagrechten Blechwand der Raum *B* abgetrennt, in welchem die Verdunstungschalen, über einander gesetzt, Platz finden. Die Verdunstungsfläche ist eine sehr grosse<sup>90)</sup>; das betreffende Wasser soll nicht besonders erwärmt werden. Die oberen Schalen erhalten das Wasser zugeführt und speisen die unteren Schalen vermöge der sehr weiten Ueberlauföhren; das zu viel herangeschaffte Wasser fliesst durch eine Röhrenleitung *H* ab. Die Querschnitte der erwähnten weiten Ueberlauföhren sind gleich der Summe der Querschnitte der zugehörigen Luftcanäle, so dass die gesammte frische Luft durch diese Ueberlauföhren zu strömen vermag. Je nach der Stellung der Klappen *C* und *D*, bezw. solcher in den Canälen *E* und *F* vermag man hiernach sämtliche Luft ohne Weiteres aus der Heiz-

Fig. 61.



Luftanfeuchtungs-Apparat von Fischer &amp; Stiehl in Essen.

kammer, also verhältnissmässig trocken, den zugehörigen Räumen zu liefern, oder sämtliche Luft durch den Befeuchtungsraum strömen zu lassen, oder endlich nur einen Theil über die Wasserflächen hinweg, den anderen unmittelbar aus der Heizkammer dem betreffenden lothrechten Canal zuzuführen. Die Regelbarkeit dieser Einrichtung ist offenbar eine sehr weit gehende, aber auch eine viel Aufmerksamkeit erfordernde.

<sup>90)</sup> Die Constructeure geben an, dass bei 46 Grad Lufttemperatur jedes Quadr.-Meter Wasseroberfläche stündlich 1,4 kg Wasser verdunstet; ich füge die Angabe hier an mit dem Bemerkten, dass die Verdunstung, wie schon erwähnt, von dem Feuchtigkeitsgrade der das Wasser bespülenden Luft und der Temperatur des Wassers abhängig ist.

Dasselbe gilt von einer anderen Anordnung der zuletzt besprochenen Verdunstungsfchalen <sup>91)</sup>.

Auch durch feuchte Flächen hat man die Verdunstung vermittelt. *Wolpert* benutzt die Haarröhrchenkraft dochtartiger Gewebe, die einerseits in Wasser tauchen, andererseits ihre Flächen der zu feuchtenden Luft darbieten <sup>92)</sup>. Die Flächen werden durch Staub sehr bald beschmutzt und dadurch häßlich.

Gefäße mit porösen Wandungen können in derselben Absicht verwendet werden und gewähren gleichzeitig eine gewisse Regelbarkeit. Fig. 62 stellt eine Wandöffnung dar, aus welcher die frische Luft in das Zimmer tritt. In dieselbe ist eine Vase aus porösem Thon gestellt, welche verschieden hoch mit Wasser gefüllt wird, je nachdem man eine größere oder geringere Verdunstungsfläche wünscht. Auch diese Wandungen werden durch Staub beschmutzt; sie können jedoch bequem gereinigt werden. Eine große Leistung darf man jedoch von diesen Verdunstungsflächen nicht erwarten, indem es unmöglich sein dürfte, ihnen die hierfür erforderliche Ausdehnung zu geben.

Als fernere Art der Luftbefeuchtungs-Vorrichtungen sind diejenigen zu nennen, welche das Wasser fein zertheilt in die Luft spritzen lassen. Man verwendet zu diesem Ende Brausen, welche fest stehen oder mit ihrer Röhre, nach Art des *Segner'schen* Rades, sich drehen.

*Wolpert* läßt die aus sehr leichtem Blech angefertigten Flügel eines vor der Luft-Zuströmungs-Oeffnung des betreffenden Zimmers gelagerten Windrades in das Wasser einer Schale leicht eintauchen, so daß die sich rasch drehenden Flügel das an ihnen haftende Wasser zu zerstreuen vermögen. Wenn auch in vielen Fällen die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft mit dem Anfeuchtungsbedürfnis der letzteren wächst, so dürfte doch die durch die größere Luftgeschwindigkeit hervorgerufene raschere Drehung der Flügel nicht im gleichen Maße das genannte Bedürfnis befriedigen. Uebrigens bezweifle ich, daß überhaupt eine genügende Befeuchtung durch das Zerstäubungsrädchen hervorgerufen werden kann, sobald die Befeuchtung wirkliches Bedürfnis ist.

Die Zerstäubung des Wassers gelingt nicht so leicht, als man anzunehmen pflegt. Die gewöhnliche Brause muß mit ungemein feinen Löchern versehen sein, um das Wasser so zu vertheilen, daß sich keine Tropfen bilden; solche feine Löcher werden aber sehr bald von den unvermeidlichen Unreinigkeiten des Wassers verstopft. Man hat aus größeren (höchstens 2 mm weiten) Oeffnungen das Wasser gegen die mäsig abgerundete Kante eines Keiles, besser noch gegen eine ebene Fläche geringer Abmessung geführt, um die Zerstäubung eines solchen stärkeren Wasserstrahles zu bewirken. Allein eine Tropfenbildung wird nur dann vermieden, wenn der Wasserdruck, die Düsenweite, die Entfernung der Düse von der Zerstäubungsfläche und die Größe der letzteren genau im Einklang stehen.

Sicherer gelingt das Zerstäuben des Wassers mittels der Streudüse von *Gebrüder Körting* in Hannover.

Fig. 63 giebt einen lothrechten Schnitt derselben. In die eigentliche Düse ist ein Stift mit dünnwandigem Gewinde geklemmt. Beim Durchströmen der Gewindegänge nimmt das Wasser eine so rasche kreisende Bewegung an, daß es als Staub die Düse verläßt. Unmittelbar an der Düsenmündung bilden sich Tropfen, welche

Fig. 62.

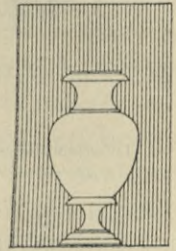
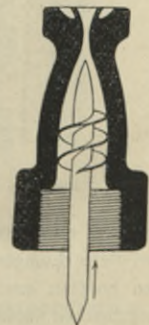


Fig. 63.

Streudüse von *Gebrüder Körting* in Hannover.

<sup>91)</sup> Siehe: Deutsche Bauz. 1878, S. 29.

<sup>92)</sup> Siehe: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. 2. Aufl. Braunschweig 1880. S. 913.

in einer die Düfenmündung einschließenden Rille gefammelt und durch ein feitlich angebrachtes Loch abgeführt werden<sup>93)</sup>.

Die Regelung dieser Zerftäubungs-Einrichtungen findet im Wefentlichen durch Ein-, bezw. Ausfchalten einiger derfelben ftatt.

Erfolgt die Luftanfeuchtung mittels Waffers, fo mufs in der Regel die Luft die zum Verdampfen deffelben erforderliche Wärme (etwa 0,6 Wärmeeinheiten für 1g Waffer) liefern. Dies wird vielfach überfehen. Benutzt man Dampf zum Anfeuchten, fo fällt natürlich die angedeutete Schwierigkeit hinweg; es entfteht jedoch eine andere, indem nämlich frei ausströmender Dampf felbft mäfsiger Spannung ein lebhaftes Geräufch verurfacht. Man mildert diefes Geräufch durch allmähliges Entfpannen des Dampfes, indem man z. B. die gelochte Dampfzöhre vielfach mit Drahtgewebe umwickelt oder in ein Kiesbett legt.

Behufs Regeln diefes Anfeuchtungsverfahrens mufs man — da durch Droffeln des Dampfes Geräufch entftehen würde — mehrere Röhren anwenden, welche nach Bedarf abzufperren find.

Leichter regelbar ift das folgende Luftanfeuchtungsverfahren. Man feuchtet die Luft bei entfprechend niedriger Temperatur bis zur völligen Sättigung an, oder doch nahezu bis dahin, und erwärmt fie hierauf bis zur gewünschten Temperatur.

Es fei beifpielsweife diefe Temperatur 20 Grad, die Luft foll bis zu 50 Procent der Sättigung gefeuchtet fein; dann hat fie in 1 kg 7,05 g Wafferdampf zu enthalten. Nach der Tabelle auf S. 133 enthält gefättigte Luft von 9 Grad diefe Dampfmenge, fonach mufs die Sättigung der Luft bei diefer Temperatur erfolgen, wenn diefelbe bei 20 Grad zur Hälfte der Sättigung mit Wafferdampf gefchwängert fein foll, und zwar ohne weiteren Zufluß von Dampf. Würde dagegen für je 40 kg zugeführter frifcher Luft die Dampfentwicklung eines erwachfenen Menfchen berücksichtigt werden müffen, fo würde nach Formel 69

$$\eta_0 = \eta - \frac{w}{g}, \dots \dots \dots 70.$$

also

$$\eta_0 = 0,007 - \frac{0,1}{40} = 0,007 - 0,0025 = 0,0045$$

fein. Es müßte daher jedes Kilogramm der zugeführten Luft 4,5 g Wafferdampf enthalten, oder diefelbe im gefättigten Zustande (vergl. die Tabelle auf S. 133) + 3 Grad warm fein.

Das in Rede ftehende Verfahren ift offenbar nur dann anzuwenden, wenn die Luft zweimal erwärmt wird, nämlich einmal bis zu der Temperatur, bei welcher die Sättigung der Luft ftattfinden foll, und hierauf bis zu der Temperatur, welche man der Luft überhaupt geben will. Nach Umftänden würde eine vorherige Kühlung erforderlich fein.

### e) Mittel zum Trocknen der Luft.

Fast Alle, welche über Lüftung fchreiben oder fprechen, betonen die Nothwendigkeit einer künstlichen Luftanfeuchtung; von Niemand habe ich bisher — fo weit die Lüftung folcher Räume in Frage kommt, in welchen Menfchen fich aufhalten — das viel Wichtigere: das künstliche Trocknen der Luft hervorheben hören. Da Ausführungen, welche bezwecken, die zuzuführende oder in den von Menfchen benutzten Räumen vorhandene Luft zu trocknen (gewerbliche Betriebe ausgenommen), nicht bekannt find, fo will ich mich an diefem Orte auf Andeutungen betreff der hierfür verfügbaren Mittel befchränken.

Schwefelfäure verfchluckt je nach ihrer Reinheit verfchiedene Dampfmen gen; jedes Kilogramm frifch gebrannten Kalkes  $\frac{1}{3}$  kg Dampf; 1 kg kryftallifirtes Chlor-

157.  
Verwendung  
von  
Chlorcalcium  
u. f. w.

<sup>93)</sup> Siehe auch: Die *Wolpert'sche* Verdunstungs-Glocke. Deutsche Bauz. 1881, S. 393.

calcium nimmt bis 1 kg, schaumiges oder calcinirtes Chlorcalcium das doppelte und geschmolzenes Chlorcalcium das dreifache des Anfangsgewichtes an Wasser auf.

Die Schwefelsäure dürfte, weil sie der Luft beigemischte Staubtheile pflanzlichen oder thierischen Ursprunges zersetzt und dadurch Geruch verursacht, für die vorliegenden Zwecke kaum in Frage kommen. Am meisten empfiehlt sich augenscheinlich das Chlorcalcium, und zwar das krystallisirte, indem dasselbe, wenn es bei 129 Grad eingedampft ist, auf den von ihm getränkten Geweben rasch krystallisirt, so daß diese Gewebe dem Trocknen zu dienen vermögen. Das Chlorcalcium wird durch die aufgenommene Feuchtigkeit flüssig und tropft ab.

Es fehlt bisher jede Angabe hinsichtlich der Zeit, innerhalb welcher bestimmte Oberflächen der hier angezogenen Mittel bestimmte Luftmengen in bestimmtem Grade zu trocknen vermögen.

152.  
Kühlen der  
Luft.

Ein anderes Mittel besteht in der künstlichen Kühlung der Luft. Durch diese wird ein Theil des Wasserdampfes ausgeschieden, so daß nach der folgenden Erwärmung der gewünschte Grad der Feuchtigkeit erreicht wird. Das Berechnungsverfahren für den erforderlichen Grad der Abkühlung ist bereits auf S. 143 angegeben; die Mittel zur Abkühlung werden weiter unten (Kap. 11) besprochen.

### 3) Entstauben der Luft.

153.  
Staubgehalt  
der Luft.

Die Umgebung der Schöpfstellen für frische Luft verursacht nicht selten größeren Staubgehalt derselben; aber auch die bestgelegene Schöpfstelle führt erhebliche Mengen Staub in das zu lüftende Gebäude, weshalb an die künstliche Ausscheidung desselben gedacht werden muß<sup>94)</sup>.

Es ist daher schon lange dem Entstauben der Luft größere Aufmerksamkeit geschenkt worden, da der Staub nicht allein lästig ist, sondern auch, als Träger irgend welcher Ansteckungsstoffe, sehr gefährlich sein kann.

Man kann nun täglich beobachten, daß selbst bei geschlossenen Fenstern in ungelüfteten Räumen erhebliche Staubmengen sich ablagern; wie viel mehr muß dies geschehen, wenn man künstlich viel Luft durch die Räume führt, in welchen sie, wegen verhältnißmäßiger Ruhe, einen mehr oder weniger großen Theil des mitgebrachten Staubes zurückläßt.

Allerdings wird man niemals größere Luftmengen völlig entstauben können; selbst dichte Kleider vermögen den Staub nicht ganz vom menschlichen Körper fern zu halten, und auf hohem Meere hat man die Luft mit Staub behaftet gefunden. Aber die verfügbaren Mittel gestatten eine solche Reinigung der Luft, daß dieselbe als im Wesentlichen staubfrei bezeichnet werden kann.

154.  
Staub-  
ablage-  
rungs-  
Kammern.

Das einfachste und den geringsten Kraftaufwand beanspruchende Verfahren der Staubausscheidung besteht in der Anordnung geräumiger Luftkammern, welche auch aus anderen Gründen zweckmäßig sind. Zur Verhinderung nachträglichen Aufwirbelns des niedergefallenen Staubes durch Windstöße versieht man den Boden der Kammern mit lothrechten oder auch geneigten Wänden, die, behufs der Entfernung des niedergefallenen Staubes, entfernbar eingerichtet werden müssen. Trotz

<sup>94)</sup> Die Luft, welche den Räumen der Hochschule in Hannover geliefert wird, entnimmt man dem wegen seines schönen Baumbestandes, seines geringen Verkehrs und deshalb seiner staubfreien Luft geschätzten Welfen-Garten. Sie wird zweimal gefiltert und läßt hierbei auf den Filtern so erhebliche Staubmengen zurück, daß nach 14-tägigem Betriebe kräftige — eine Betriebskraft von etwa 30 Pferdestärken beanspruchende — Flügelgebläse nicht mehr im Stande waren, die Luft in genügender Menge durch die Filter zu drücken, ein Ergebnis, welches das oben Gefagte vollständig bestätigt.

zweckmäßiger Anordnung solcher Staubablagerungsräume gelingt jedoch nur die Ausscheidung der gröberen und schwereren Staubtheile, während die Staubtheile pflanzlichen und thierischen Ursprunges, so wie der so unangenehme Rufs, ihrer größeren Leichtigkeit wegen, fast vollständig in der Luft zurückbleiben.

Die verhältnißmäßig geringe Wirksamkeit der gewöhnlichen Staubablagerungskammern ist dem Umstande zuzuschreiben, daß jedes Staubtheilchen mit einer verhältnißmäßig großen Lufthülle umgeben ist<sup>95)</sup>, wodurch das Einheitsgewicht jedes Staubtheilchens, einschließlichsch einer feiner Hülle, dem Einheitsgewichte der Luft, in welcher es sich bewegt, sich nähert. Da außerdem die Einwirkung der Luftströmungen auf das Staubtheilchen (welche mit dem Quadrat der Dicke zunimmt) gegenüber dem Gewichte desselben (welches mit dem Cubus der Dicke wächst) um so mehr sich geltend macht, je kleiner das Staubtheilchen ist, so genügen sehr geringe Luftbewegungen zum Schwebendhalten feinen Staubes.

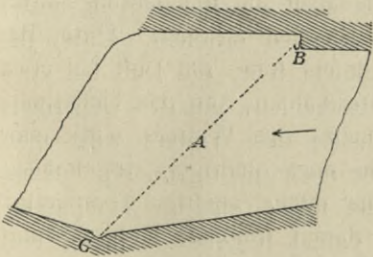
Sobald aber die umgebende Luft feucht ist, wird die Lufthülle des Staubtheilchens durch Dampf, welcher sich theilweise zu Wasser verdichtet, verdrängt; die gegen einander stoßenden Staubtheilchen prallen nicht mehr zurück, sondern haften an einander und werden dann weniger am Niedersinken gehindert. Feuchte Luft enthält deshalb unter gleichen Umständen viel weniger Staub, als trockene. Dies mag Manchen — unbewußt — zum Verehrer der feuchten Luft gemacht haben; dies rechtfertigt auch in vielen Fällen die im Vorhergehenden erörterte künstliche Luftanfeuchtung.

Für den hier vorliegenden Zweck treten noch die folgenden Luftanfeuchtungsmittel den unter 2, 8 bereits angeführten hinzu.

Genetzte, abgelagerte Staubtheile werden durch abfließendes Wasser sofort beseitigt. Man hat deshalb an geeigneter Stelle des Luft-Canales einen künstlichen Regen- oder einen fog. Wafferschleier hervorgebracht und für entsprechenden Wasserabfluß geforgt. Das Verfahren erfordert viel Wasser und wirkt doch nicht immer völlig befriedigend.

<sup>155.</sup>  
Wafferschleier.

Fig. 64.



Zweckmäßiger erscheint die Netzung der Filtergewebe. Man legt über das Filter *A* (Fig. 64) eine Rinne *B*, deren über dem Filter befindlicher Rand genau wagrecht ist, um das in *B* geleitete Wasser in genau gleicher Schichtdicke über denselben fließen zu lassen. Das Wasser durchtränkt das Filter *A*, bläht die Fäden desselben auf und netzt den mit der Luft ankommenden Staub, der, mit dem Wasser eine schwarzbraune Brühe bildend, mittels der Rinne *C* abgeleitet wird. Als Uebelstände dieser Anordnung sind mir von mehreren Besitzern solcher nassen Filter das rasche Faulen der Filter und die Unbequemlichkeit genannt, daß bei kaltem Wetter das Wasser gefriert.

<sup>156.</sup>  
Nasse Filter.

Gelegentlich der 1878-er Pariser Weltausstellung lernte ich eine von *H. Lacy* in Todmorden<sup>96)</sup> hergestellte Luftanfeuchtungseinrichtung kennen (vergl. Art. 148 bis 150, S. 139 bis 143), die im vorliegenden Sinne verwendet werden kann.

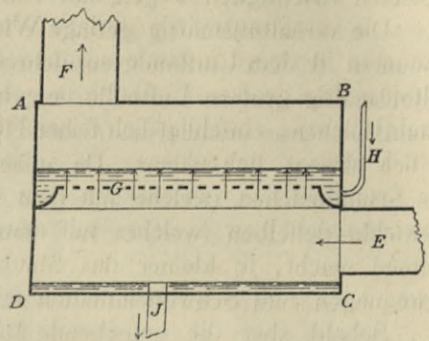
<sup>157.</sup>  
Luft-  
wäscher.

<sup>95)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 600, 604.

<sup>96)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 337, S. 393.

Fig. 65 stellt die wesentliche Einrichtung derselben dar. Der Kasten  $ABCD$ , in welchen die zu behandelnde Luft mittels der Röhre  $E$  eingeführt wird, während die Röhre  $F$  dieselbe weiter leitet, ist durch eine durchbrochene, wagrechte Platte  $G$  in zwei über einander liegende Abtheilungen zerlegt. Die Röhre  $H$  führt Wasser in eine die Platte  $G$  ringsum begrenzende Rinne, und von dieser fließt dasselbe in dicker Schicht über die Platte, durch die Oeffnungen derselben nach unten fallend. Eine Röhre  $J$  führt das Wasser ab. Die von  $E$  heranströmende Luft trifft zunächst den unter  $G$  sich bildenden Regen, dringt alsdann durch die Oeffnungen der Platte  $G$ , so wie durch die über derselben liegende Wasserschicht und gelangt in gewaschenem Zustande in  $F$  an. Wenn die über  $G$  liegende Wasserschicht 5 cm beträgt — wie angegeben wird — und die Luftgeschwindigkeit keine zu große ist, so dürfte die Netzung sämmtlichen Staubes gelingen. Das Gefrieren des Wassers kann hier durch vorheriges Anwärmen desselben verhindert werden.

Fig. 65.



Vogt in Berlin hat 1879 in einer der dortigen städtischen Schulen eine ähnliche Anordnung in Anwendung gebracht<sup>97)</sup>.

Hier wird die frische Luft mittels zweier durchlöcherter Röhren, die, in einem Kessel liegend, mit Wasser reichlich bedeckt sind, durch Wasser gedrückt. Der Kessel ist eingemauert und mit Feuerung versehen, so daß man seinen Inhalt nach Bedarf erwärmen, also das Gefrieren des Wassers verhindern kann.

Die genannten Luftwäscher sind in dieser ihrer Eigenschaft gewiß die besten z. Z. bekannten Staubabfonderer; sie sind aber nicht von Mängeln frei, welche ihre Anwendung in sehr vielen Fällen unmöglich machen.

Zunächst ist in dieser Beziehung zu bedenken, daß die Luft während des Waschens mit Wasserdampf wenigstens nahezu gesättigt wird. Soll dieselbe trotzdem bei mittlerer Zimmer-Temperatur (+ 20 Grad) nur bis zur Hälfte ihrer Sättigung mit Dampf geschwängert sein, so darf sie während des Waschens (vergl. die Tabelle auf S. 133) höchstens die Temperatur + 9 Grad besitzen, abgesehen davon, daß, wie früher erörtert wurde, sowohl die Menschen, als auch die Beleuchtungsmittel den Feuchtigkeitszustand der Luft in den gelüfteten Räumen erhöhen. Unter Berücksichtigung des letzteren Umstandes dürfte es erwünscht sein, die Luft bei etwa 0 Grad zu waschen oder nachträglich auf 0 Grad abzukühlen, um das Uebermaß an Wasserdampf auszuscheiden. Während eines Theiles des Winters wird man wenigstens die Temperatur von 9 Grad, vielleicht eine noch niedrigere, regelmäßig erreichen können; während des Sommers dürfte eine solche niedrige Temperatur nur durch Eiskühlung oder vorherige Verdichtung, darauf folgende Kühlung und schließliche Ausdehnung der Luft zu erreichen sein.

Aehnliche Uebelstände werden durch nasse Filter herbeigeführt und auch in geringerem Grade durch die eigentlichen Befeuchtungs-Einrichtungen, wenn sie, in Hinsicht auf das Entstauben der Luft, zu weiter gehender Anfeuchtung, als dem eigentlichen Bedürfnis entspricht, benutzt werden.

Als zweiter Nachtheil der »Wäscher« genannten Einrichtungen ist deren erheblicher Widerstand, den sie dem Hindurchströmen der Luft entgegenzusetzen, zu nennen. Derselbe dürfte selten unter 30 mm Wasserfaule oder 30 kg auf 1 qm betragen. Nur Gebläse sind im Stande, neben den sonstigen Widerständen — die selten zusammen-

<sup>97)</sup> Siehe: Gesundh.-Ing. 1880, S. 64 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 606.



Fig. 66. genommen mehr als 10 kg betragen — den entstehenden Gesamtwiderstand zu überwinden.

Die Anwendbarkeit der Wäpcher dürfte sich daher auf wenige Fälle beschränken.

Aus lose gesponnenem Garn gewebte Filter erfreuen sich neuerdings gröfseren Beifalls. Ihre Wirkfamkeit ist um so gröfser, je kleiner ihre Oeffnungen sind; der Widerstand derselben gegen das Hindurchströmen wächst aber in erheblichem Mafse mit der Kleinheit der genannten Oeffnungen, so dafs man sehr bald die Grenze für die zulässige Dichtheit des Gewebes erreicht. Die Filter verlangen eine sehr grofse Fläche, theils wegen des anderen-

falls eintretenden grofsen Widerstandes, theils um zu verhüten, dafs die Staubtheilchen gewaltfam durch sie hindurch gedrückt werden. Man gewinnt grofse Flächen, indem man z. B. das betreffende Gewebe in Zickzackform über Stäbe legt, wie in Fig. 66 angedeutet ist, oder indem man das ebene Filter geneigt gegen die Axe des ausserdem an dieser Stelle erweiterten Canales anordnet.

Fig. 67.

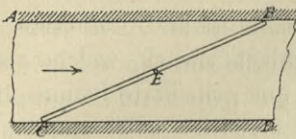


Fig. 67 ist ein lothrechter Schnitt eines mit folchem Filter versehenen Canales. AB und CD

158.  
Luftfilter.

Fig. 68.

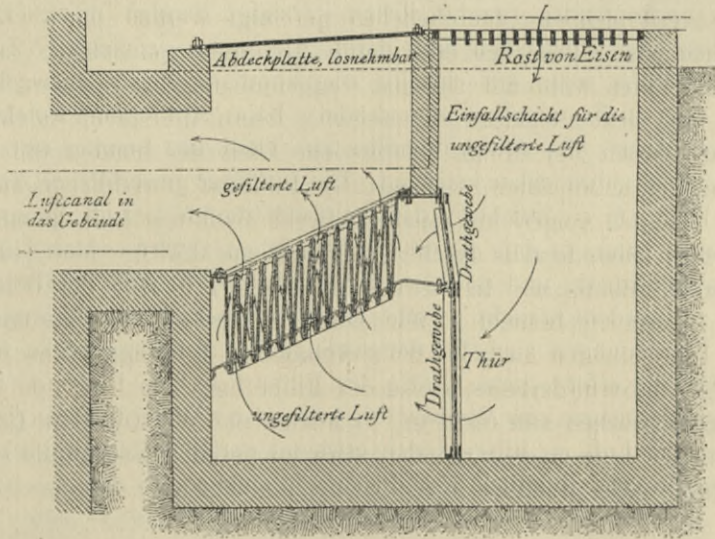
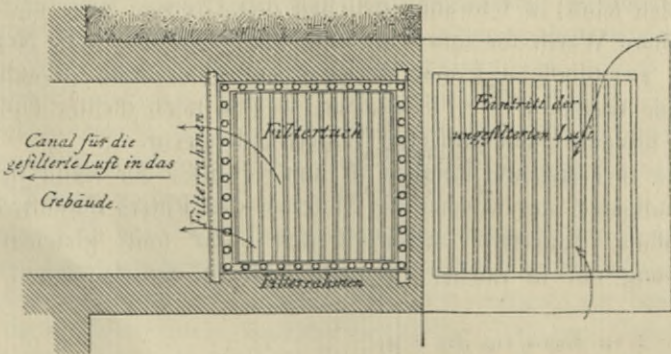


Fig. 69.



Filter von Möller in Brackwede bei Bielefeld.

bezeichnen die obere, bezw. die untere Canalwand,  $CB$  den mit Gewebe bezogenen Filterrahmen. Der letztere kann um zwei in der Höhe  $E$  liegende Zapfen gekippt werden, um das Hindurchschlüpfen des Canal und das Filter reinigenden Menschen zu gefatten;  $CE$  ist länger als  $EB$ , weshalb das Filter selbstthätig in seine richtige Lage zurückfällt, sobald es nicht mehr in der gekippten Lage fest gehalten wird.

*Möller* faltet die Filterflächen viel schärfer, als Fig. 66 angiebt, bezw. reiht keilförmige Beutel an einander.

Fig. 68 ist ein lothrechter, Fig. 69 ein wagrechter Schnitt eines *Möller'schen* Filters. Die unreine Luft sinkt durch einen eisernen Rost nach unten, bewegt sich nach links, ein Drahtgitter durchfließend (welches Mäuse u. dergl. zurückhält), und steigt dann zwischen den einzelnen Falten empor. Nach Angabe sollen die Abmessungen der Filterrahmen betragen:

für eine Filterfläche von	5	10	20	30	40	50	60	70	80 qm
Länge und Breite des Filterrahmens	}	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1 m.

In anderer Anordnung findet man das Filter in der unten verzeichneten Quelle<sup>98)</sup> beschrieben.

Die Gewebe-Filter halten jedoch nur diejenigen Staubtheile zurück, welche eine gewisse Größe haben. Man hat zwischen zwei Drahtgitter gut gelockerte Baumwolle gelegt und hierdurch eine vorzügliche Reinigung der Luft erzielt. Leider empfiehlt sich ein derartiges Filter seiner kostspieligen und mühseligen Unterhaltung halber wenig. Es ist selbstverständlich, daß jedes Filter von Zeit zu Zeit von den die Oeffnungen desselben verstopfenden Staubtheilchen gereinigt werden muß. Dies kann durch Auswaschen oder Abwaschen oder durch Abklopfen geschehen. Zu diesem Zwecke werden die Filter wohl auf einzelne wegnehmbare, bezw. auswechselbare Rahmen gespannt oder in Beutelgestalt angewendet. Beim Abklopfen, welches an sich keine angenehme Arbeit ist, dringt überdies ein Theil des Staubes tiefer in das Filter, dieses allmählig unbrauchbar machend. Die Luftfilter gewerblicher Anlagen<sup>99)</sup> werden deshalb häufig so eingerichtet, daß zeitweise staubfreie Luft in umgekehrter Richtung strömen kann, so daß sie die Staubtheilchen abwirft. Man läßt die Reinigung der Filter selbstthätig und schrittweise vornehmen, so daß der Betrieb nicht unterbrochen zu werden braucht. Steht eine Betriebskraft zur Verfügung, so dürften ähnliche Einrichtungen auch für die gewöhnlichen Lüftungszwecke sich empfehlen.

Ueber die erforderliche Größe der Filter liegt das Folgende vor.

Nach Versuchen von *Rietschel*<sup>100)</sup> wächst der Widerstand  $w$  (in Millim. Wasserfäule), den die Luft im Filter findet, etwa im geraden Verhältniß zur Luftmenge  $L$  (in Kilogr.), welche stündlich 1 qm Fläche durchfließt, so daß

$$w = \alpha L \dots \dots \dots 71.$$

gesetzt werden kann;  $\alpha$  schwankt zwischen den Grenzen 0,006 und 0,050, und zwar gilt der kleinere Werth für lose leinwandbindige Gewebe, z. B. Nessel, der größere für dichten, zweibindigen Körper, welcher auf einer Seite geraut und schon in einigem Grade verstaubt ist. Filtertücher, welche noch dichter sind, als das zuletzt angezogene, bringen einen größeren Widerstand hervor.

Auf die zu erzielende Reinheit ist nun — außer der Natur der Filtertücher — die Geschwindigkeit, mit welcher die Maschen des Filters durchströmt werden, von großem Einfluß. Einerseits entwickelt sich unter sonst gleichen Umständen die Staubablagerung um so rascher, je mehr Luft in der Zeiteinheit zur Bearbeitung

<sup>98)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 567.

<sup>99)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 566 — so wie die Quellenangaben über Staubfilter daselbst.

<sup>100)</sup> Siehe: Gefundh.-Ing. 1889, S. 105.

gelangt; es wird hierdurch das Filter dichter, die erzielte Reinheit vollkommener<sup>101)</sup>; die Durchlässigkeit nimmt natürlich erheblich ab, und der zum Hindurchtreiben der Luftmenge erforderliche Druck wird gesteigert, was zur Folge hat, daß die Staubtheilchen, welche bei geringerem Druck vom Filter zurückgehalten würden, gewaltfam durch die Maschen des Filters getrieben werden.

Man pflegt daher für leichte, bezw. offene Filter, die überhaupt bestimmt sind, nur die größten Staubtheile zurückzuhalten, höchstens 250 kg auf 1 qm Filterfläche und 1 Stunde zu rechnen, für dichtere Filter (gerauhten Körper, dünne Wattenlagen u. f. w.) aber höchstens 10 kg, oft aber bis herab zu 20 kg anzunehmen.

#### d) Verfahren des Zuführens frischer und des Abführens verunreinigter Luft.

Bewegte Luft bewirkt einen lebhafteren Wärmeaustausch an der Oberfläche des Körpers als ruhende, aus Gründen, welche in Art. 102 (S. 99) näher erörtert wurden. Dieser Wärmeaustausch ist besonders fühlbar an den unbedeckten Körpertheilen und unter diesen an denjenigen Theilen, welche zeitweise bekleidet sind. Das dem erwähnten Wärmeaustausch entsprechende Gefühl wird gemeinlich »Zug« genannt; man denkt vielleicht, daß das Auftossen der Lufttheilchen dieses Gefühl erzeuge, irrt sich aber hierin, da hierdurch an sich keine unangenehme Empfindung entsteht.

Da die Entwärmung des Körpers theils durch Abgabe der Wärme an die Luft, theils durch Verdunstung erfolgt, so spielt die Verdunstungsfähigkeit der Körperoberfläche sowohl, als der Feuchtigkeitsgrad der sie treffenden Luft eine nicht geringe Rolle in Bezug auf die Entschiedenheit der Empfindung, welche wir »Zug« zu nennen pflegen. Eine durch Schweiß oder auf andere Weise genetzte Hautfläche oder ein mit nassen Kleidern bedeckter Körpertheil empfindet die durch Luftbewegung entstehende Kühlung in weit unangenehmerer Weise, als eine trockene Haut oder ein in trockenen Kleidungsstücken steckender Körpertheil. Eben so bewirkt trockene Luft eine stärkere Kühlung, als Luft mit höherem Feuchtigkeitsgehalt; tritt aber trockene Luft mit genetzten Hauttheilen in Berührung, und zwar unter lebhafter Bewegung, so daß die Wasserdämpfe nicht allein durch Ergießung, sondern auch durch Spülung von der betreffenden Hautfläche entfernt werden, ist endlich die Luft verhältnißmäßig kühl; so findet eine so erhebliche einseitige Abkühlung statt, daß auch weniger empfindliche Körpertheile erkranken können. Die Empfindlichkeit der Hautoberfläche ist eine sehr verschiedene bei einer und derselben Person, mehr noch bei verschiedenen Personen; es ist daher nicht allgemein die Grenze fest zu stellen, bis zu welcher die besprochene einseitige Kühlung stattfinden darf, ohne Krankheitsercheinungen wach zu rufen, noch viel weniger aber diejenige Grenze, an welcher die in Rede stehende Wärmeentziehung unangenehm wird. Die Frage des »Zuges« ist sonach eine der dunkelsten auf dem Gebiete der Lüftung. Sie wird erst geklärt werden können, wenn geeignete Versuchspersonen in verschiedenartigster Weise dem »Zuge« ausgesetzt worden sind und die Ergebnisse der hierbei gemachten Beobachtungen in Zahlen vorliegen.

Man vermag jedoch auf Grund der bisher vorliegenden Kenntniss der der Zugwirkung zu Grunde liegenden Vorgänge einige allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen.

Zunächst kann die Frage in so fern vereinfacht werden, als benetzte Hautoberflächen und nasse Kleider nicht beachtet zu werden brauchen, indem dieselben

160.  
Zug.

161.  
Zulässige  
Luft-  
bewegung.

<sup>101)</sup> Siehe: KARMARSH, K. Handbuch der mechanischen Technologie. 6. Aufl. v. H. FISCHER. Bd. I. Leipzig 1888. S. 524.

innerhalb geschlossener Räume feltener vorkommen und daher, wenn sie vorkommen, besonderer Schutz angewendet werden kann.

Dann ist zu beachten, daß von unbedeckten Körperoberflächen nur der Kopf und Hals, allenfalls auch die Schultern zu berücksichtigen sind, weil die Hände im Allgemeinen genügend an Temperaturwechsel gewöhnt sind. Besonders ist daher Sorge zu tragen, daß das oberste Fünftel des menschlichen Körpers der Einwirkung stark bewegter kalter und trockener Luft nicht ausgesetzt werde.

Die bekleideten Körpertheile lassen den Zug empfinden, wenn die Geschwindigkeit der Luft groß genug ist, um größere Luftmengen durch die Poren der Kleider zu treiben. Die Temperatur der Luft macht sich hierbei geltend, sobald sie eine entsprechend niedrige ist; der Feuchtigkeitsgrad ist von geringem Einfluß. Je dichter die Kleidungsstücke sind, um so weniger vermag man den Zug zu merken, wengleich die betreffende Empfindung selbst bei ledernen Kleidungsstücken sich geltend macht, so fern Luftgeschwindigkeit und -Temperatur entsprechende sind, insbesondere auch Verdunstung stattfindet.

Der Zug ist auch in Räumen zu empfinden, welche ohne Lüftungs-Einrichtungen sind.

Man öffne (im Winter) die Thür zwischen einem gut geheizten und einem kalten Zimmer und stelle oder setze sich einige Zeit vor die Thüröffnung, so wird man sehr bald, je nach der Empfindlichkeit mehr oder weniger, von den Luftströmen berührt werden, welche zwischen den Zimmern einen Temperatur-Ausgleich aufstreben. Man begeben sich (namentlich bei großer Kälte) in eine geheizte Kirche, und zwar in unmittelbare Nähe der Fenster, so wird man sich von einem kalten Luftstrom übergossen fühlen. Auch die Wände anderer hoher Räume, welche nur selten geheizt werden, so daß sie durch das Heizen nicht nennenswerth erwärmt werden, bringen einen solchen kalten Luftstrom hervor.

Solche Luftströmungen veranlassen das Anbringen besonderer Vorrichtungen, welche die Geschwindigkeit der Luft zu brechen bestimmt sind. Auch zur Beurtheilung dieser würde eine genauere Kenntniß der Grenzen der zulässigen Luftbewegung erwünscht sein.

Bis zur Erlangung dieser Kenntniß wird man sich mit der allgemeinen Regel begnügen müssen: Je weiter die Temperatur der bewegten Luft unter derjenigen des Blutes ist, um so geringer muß die Luftgeschwindigkeit sein. An mir selbst gemachten Beobachtungen zufolge ist eine Luftgeschwindigkeit von 0,4 m zulässig, so lange die Temperatur der bewegten Luft von derjenigen des Zimmers nur wenig abweicht; ich bemerke jedoch hierzu sofort, daß ich selbst unter Männern empfindlichere Naturen gefunden habe.

#### 1) Zufällige Lüftung.

Dieselbe wird auch spontane Lüftung geheißen, bisweilen auch mit dem wenig zutreffenden und auch noch für andere Lüftungsverfahren gebräuchlichen Namen »natürliche« Lüftung bezeichnet.

Die Stoffe <sup>102)</sup>, aus denen unsere Gebäude hergestellt werden, sind meistens mit kleinen Hohlräumen durchzogen, welche theilweise so im Zusammenhange stehen, daß sie fortlaufende, an den Außenflächen mündende, allerdings unregelmäßig gestaltete, enge Canäle bilden. Diese Canäle vermögen, so weit sie quer durch die Wände hindurchgehen, einen Luftaustausch zu vermitteln, indem die Luft durch sie hindurchfließt, wenn eine bewegende Kraft vorhanden ist. Eben so sind die Undichtheiten der Fenster, Thüren u. s. w. zur Beförderung des Luftwechsels geeignet.

162.  
Durchlässigkeit  
der  
Wände.

<sup>102)</sup> Vergl. Theil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«: Die Technik der wichtigeren Baustoffe.

Die immer erforderliche Kraft kann bestehen in dem Bestreben, die Spannung auszugleichen, sobald das Mischungsverhältniß der Luft an der einen Seite der Wand ein anderes ist, als an der entgegengesetzten Seite. Bevor jedoch eine Verschiedenheit der Luft im Inneren eines Zimmers gegenüber der freien Luft so erheblich wird, daß durch dieselbe eine nennenswerthe Wirkung hervorgebracht zu werden vermag, ist dieselbe als unathembar zu bezeichnen.

163.  
Spannungs-  
unterschied.

Besser wirkt die bewegende Kraft, welche vom Temperatur-Unterschied der freien und der eingeschlossenen Luft herrührt. Die wärmere, leichtere Zimmerluft wird durch die kältere, schwerere Außenluft aufwärts getrieben. Der untere Theil der Wand läßt die kalte, frische Luft eintreten, während die Poren des Wandobertheiles der wärmeren Luft des Zimmers den Austritt gewähren. Größere Temperatur-Unterschiede können in dieser Weise recht günstig wirken; mit der Abnahme des Temperatur-Unterschiedes schwindet jedoch auch die bewegende Kraft, also auch der Luftwechsel.

164.  
Temperatur-  
Unterschied.

Am entschiedensten wirkt der Wind. Bei starkem Winde kann der durch denselben hervorgebrachte Druck 50 kg und mehr auf 1 qm Wandfläche betragen, so daß in den erwähnten Canälchen eine lebhafte Strömung entsteht, trotz der vielen Bewegungshindernisse, welche die Wandungen der Canälchen bieten. Das Einströmen der entsprechenden Luftmenge bringt einen Ueberdruck im Zimmer gegenüber einem angrenzenden, von der Windrichtung abliegenden Raume hervor, so daß die Canälchen der Scheidewand ebenfalls benutzt werden, und zwar zum Abströmen eines Theiles der im ersten Zimmer befindlichen Luft. Dadurch wird zwar der Ueberdruck in zwei Theile zerlegt; trotzdem ist der entstehende Luftwechsel, so lange die Windgeschwindigkeit eine große ist, beträchtlich, wenn sonst die Umstände günstig sind.

165.  
Wind.

Zu der Wirksamkeit dieses Luftwechsels ist nun zunächst erforderlich, daß überhaupt ein entsprechend lebhafter Wind weht, ferner, daß die Außenwand des zu lüftenden Zimmers vom Winde getroffen wird, endlich, daß die Canälchen in der erforderlichen Zahl und Größe vorhanden sind.

Zunächst darf ich hier einschalten, daß in seltenen Fällen diese drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind, so daß die Lüftung nur hin und wieder stattfindet; ferner, daß jedes Mittel fehlt, die Lüftungsmenge zu regeln, welche sonach, unbekümmert um den Bedarf, sich lediglich nach der veränderlichen Stärke und Richtung des Windes richtet. Die durch Wind hervorgebrachte Lüftung hat somit einen geringen Werth; sie kann fogar eine sonst vorhandene künstliche Lüftung in erheblichem Maße beeinträchtigen und macht — wenn man ihr nicht entsprechend Rechnung getragen hat — oft fogar die Beheizung von Räumen unmöglich.

Aus letzterem Grunde muß ich hier noch einige Worte über die Luftdurchlässigkeit der Wände anfügen. Ueber die Durchlässigkeit einer Zahl von Baustoffen liegen Versuchsergebnisse vor<sup>103)</sup>, welche indessen nicht derartig sind, daß Rechnungen auf sie gestützt werden könnten, indem die Durchlässigkeit der einzelnen Stoffe zu verschiedenartig ist.

Jedoch läßt sich aus den Versuchsergebnissen ersehen, daß die Durchlässigkeit im geraden Verhält-

<sup>103)</sup> Die Porosität der Mauern und ihre Bedeutung für die Ventilation. *Baugwks. Ztg.* 1870, S. 254.

MÄCKER. Untersuchungen über natürliche und künstliche Ventilation, vorzüglich in Stallgebäuden, sowie über die Porosität einiger Baumaterialien. Göttingen 1871.

SCHÜRMAN. Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege. 1874.

LANG, C. Ueber die Porosität einiger Baumaterialien. *Zeitschr. f. Biologie* 1875, S. 313.

HAUSSOULLIER, CH. *De la perméabilité des sols et des murs considérée au point de vue de l'hygiène et de la ventilation. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 92, 100.

nifs zur Wanddicke abnimmt, und dafs die Durchlässigkeit der einzelnen Stoffe etwa folgende Reihe <sup>104)</sup> bildet, wobei die durchlässigsten zuerst angeführt sind:

Kalktufflein, künstlicher Stein aus zerkleinerten Schlacken und Mörtel, Fichtenholz in der Längsrichtung, Kalkmörtel, Beton, Backstein, Portland-Cement, unglafirter Klinker, Grünfandstein, gegoffener Gyps, Eichenholz; glafirter Klinker ist undurchlässig.

Von den gebräuchlichen Bekleidungsmitteln hindert Kalkanstrich den Luftdurchgang am wenigsten; Oelfarbeanstrich sperrt die Luftwege zunächst nahezu ganz ab, wird aber mit zunehmendem Alter etwas durchlässig; Wasserglasanstrich soll bei einigem Alter undurchlässig sein. Tapeten hindern das Durchfließen wesentlich durch den Kleister, welcher sie fest hält. Sog. Ifolirungen (Asphaltranstriche, Asphaltpapier, Metallblätter u. s. w.) hindern natürlich die Luft erheblich an ihrem Austritt, bezw. verschließen ihr jeden Weg. Durchnäste Stoffe sind gleichfalls mehr oder weniger undurchlässig.

166.  
Zufällige  
Lüftung.

Wenn hierdurch noch mehr Gründe gegen ein Vertrauen auf zufällige Lüftung geschaffen sind, so giebt diese Zusammenstellung vor allen Dingen Winke betreff der Mittel, welche die störenden Einwirkungen der zufälligen Lüftung unschädlich machen. — Die zufällige Lüftung ist sonach ausnahmslos unzuverlässig.

## 2) Künstliche Lüftung.

167.  
Künstliche  
Lüftung.

Unter diesem Namen fasse ich alle diejenigen Lüftungsverfahren zusammen, bei welchen wenigstens eine gewisse, von Zufälligkeiten unabhängige Regelbarkeit möglich ist. Man nennt dieselben auch wohl absichtliche Lüftungen; ich vermag mich jedoch dieser Benennungsweise nicht anzuschließen, da eine gewisse Absichtlichkeit auch der zufälligen Lüftung unterzuliegen pflegt.

168.  
Freilegen  
von  
Luftöffnungen.

Die einfachste Art des künstlichen Lüftens besteht im Freilegen von Oeffnungen, durch welche Luft des Freien in den zu lüftenden Raum ein-, bezw. von diesem in das Freie auszufließen vermag. Als die Luftbewegung veranlassende Kräfte sind wieder der Wind und der durch Temperatur-Unterschied veranlasste Auftrieb zu nennen. Fehlt sowohl das Eine, als auch das Andere, so hört die Wirksamkeit der Lüftung auf; ist die eine oder die andere der Kräfte vorhanden, oder treten beide gleichzeitig auf, so dienen die »künstlichen« Einrichtungen zum Abschwächen der Wirkung, bezw. zum Unterbrechen der Lüftung.

169.  
Benutzung  
der  
Fenster.

Sehr häufig fehlt zu diesem Zwecke jede besondere Einrichtung; man öffnet alsdann nach Bedarf die Fenster des betreffenden Raumes. Solche Fenster, welche nicht in gewöhnlicher Weise mit Flügeln versehen sind, rüstet man mit sog. Luftscheiben aus, d. h. mit kleinen Flügeln, welche meistens nur die Größe einer Fensterscheibe haben. Die Regelung des Luftwechsels ist eine rohe, indem man meistens die Fensterflügel entweder vollständig öffnen oder schließen muß; auch ist dieses Lüftungsverfahren bei Regenwetter meistens deshalb unbenutzbar, weil durch die Fensteröffnungen der Regen einzufallen vermag.

Man verhütet diese Uebelstände, indem man den oberen Theil des Fensters um eine in der Mitte desselben liegende wagrechte Achse drehbar anordnet und eine feststellbare Zugfange mit ihm so in Verbindung bringt, dafs man dem Fenster-

SCHULZE & MÄRCKER. Ueber den Kohlen säuregehalt der Stall-Luft und den Luftwechsel in Stallungen. Landwirthschaftl. Jahrbücher 1876.

LANG, C. Ueber natürliche Ventilation und Porosität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

BALTES & FINKLER. Ueber die Behinderung der Mauerventilation durch Oelanstrich des Hauses. Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1877, S. 51.

OERTMANN. Ueber die Größe der Mauerventilation bei Oelanstrich des Hauses. Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1877, S. 557.

WEISS. Ueber natürliche Ventilation und die Porosität von Baumaterialien. Civiling. 1878, S. 205.

*The permeability of walls as affecting ventilation.* Builder, Bd. 44, S. 66.

<sup>104)</sup> Vergl. auch die Angaben über die Porositätsgrade der Bausteine in Theil I, Bd. 1, S. 89 dieses »Handbuchs«.

theile sehr verschiedene Lagen geben kann. So lange das Fenster genügend weit hinter die Außenfläche des Gebäudes zurückspringt, ist die obere der beiden, durch Drehen des Fenstertheiles entstehenden Oeffnungen gegen das Eindringen der Regentropfen geschützt, während die untere Oeffnung von der nach außen gekehrten Hälfte des Fenstertheiles überragt wird. Auch dreht man ähnliche Fenstertheile um Achsen, die an dem einen oder anderen der wagrechten Ränder sich befinden u. f. w. (Vergl. auch das in Theil III, Band 3, Heft 1 dieses »Handbuches« über »Construction der Fenster« Gefagte.)

Derselbe Gedanke hat die sog. Jalousien entstehen lassen, welche aus zahlreichen schmalen, um wagrechte Achsen drehbaren und feststellbaren, aus Holz, Blech oder Glas gefertigten Platten bestehen, die sich nach Art sonstiger Jalousie-Anordnungen über einander legen, sobald die Oeffnungen derselben geschlossen sind. Die gläsernen Jalousien sind wegen ihres guten Aussehens am beliebtesten und nehmen meistens den Raum einer Fensterscheibe ein.

Außer derartigen Glasjalousien sind noch anderweitige Vorkehrungen in den Fenstern oder in unmittelbarer Verbindung mit denselben angewendet worden. Betreff der Construction solcher Anordnungen, die naturgemäß nur eine geringe Wirksamkeit entfalten können, sei auf die unten stehenden Quellen verwiesen<sup>105)</sup>.

In höherem Maße verdienen diejenigen Lüftungs-Einrichtungen den Namen »künstliche«, welche mit besonders gestalteten Luft-Zu- und Luft-Abfuhrwegen, so wie eigens für ihren Zweck eingerichteten Mündungen derselben im zu lüftenden Raume versehen sind, so daß dieselben mehr als die vorhin besprochenen Einrichtungen von Zufälligkeiten unabhängig machen.

Von besonderer Bedeutung ist zunächst die Art der Luft-Ein-, bzw. -Abfuhrung, bzw. die Lage und Gestalt der Mündungen. Der Uebersichtlichkeit halber mögen die verschiedenen Aufgaben der Lüftungs-Anlagen einzeln behandelt werden.

α) Die einzuführende Luft soll wärmer sein, als diejenige des Raumes. In diesem Falle ist die Lösung der Aufgabe eine leichte. Man wird die Einführungsöffnungen so hoch legen, daß die hereintrömende Luft nicht gegen die Körper der in dem betreffenden Raume sich aufhaltenden Personen stoßen kann. Die warme Luft steigt, ihres geringeren Gewichtes halber, nach oben, verbreitet sich unter der Decke und sinkt von dort in dem Maße nieder, wie unten die Zimmerluft abgeführt wird, bzw. fernere warme Luft zufließt. Die wagrechten Strömungen der eingeführten Luft finden sonach in dem Raume über den Köpfen der Menschen statt, können also nicht stören. Von dort ab sinkt die Luft, den ganzen Raum ausfüllend, langsam zu Boden. Mehr Aufmerksamkeit erheischt die Lage und Anordnung der Abströmungsöffnungen. Daß dieselben möglichst nahe über dem Fußboden liegen müssen, ist selbstverständlich, indem sie die kälteste, also die auf dem Fußboden liegende Luft abführen sollen. Es muß aber auch dafür geforgt

170.  
Besondere  
Luftöffnungen.

171.  
Einführung  
warmer  
Luft.

105) KNOBLAUCH, E. Construction gläserner Jalousie-Fenster. ROMBERG'S Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1858, S. 111.  
Jalousie-Fenster aus Glas. Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 403.  
Glas-Jalousien. Deutsche Bauz. 1868, S. 270.  
SANDER'S Ventilationseinrichtung für Zimmer. Polyt. Centralbl. 1871, S. 70. Polyt. Journ., Bd. 199, S. 248.  
FLAVITSKY, J. Notice sur un procédé de chauffage et de ventilation par les doubles fenêtres. Paris 1876.  
Glas-Jalousien als Ventilationsfenster. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 13.  
FRIESE, F. M. Ventilationsfenster von A. P. DE RIGEL. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 114.  
BELLEROUCHE. Sur un système de chauffage et de ventilation à l'aide de doubles fenêtres. Annales du génie civil 1876, S. 460.  
Window ventilation. Building news, Bd. 32, S. 103.  
Neue Glas-Jalousie. Deutsche Bauz. 1880, S. 188.

werden, daß die am Boden liegende Luft zu den Abströmungsöffnungen gelangen kann, ohne die Menschen zu belästigen. Hier schon würde die Beantwortung der Frage von hohem Werth sein, welche Luftgeschwindigkeit angewendet werden darf, ohne das Gefühl des Zuges an den Füßen und Beinen der Menschen hervorzurufen. So lange es sich um eine geringere Menschenzahl, also um eine kleine Lüftungsmenge handelt, so genügt eine Oeffnung, welche in einiger Entfernung von der zunächst befindlichen Person angebracht wird, und eine derartige Anordnung der etwaigen Tische und Bänke, daß von allen Stellen des Fußbodens die kältere Luft der Abströmungsöffnung zuzufließen vermag. Bei starkem Luftwechsel müssen dagegen die Abluft-Oeffnungen vertheilt werden, um eine zu große Geschwindigkeit in der Nähe der Personen zu verhüten.

β) Die einzuführende Luft soll kälter sein, als diejenige des zu lüftenden Raumes. Die frische Luft ist in diesem Falle schwerer, als diejenige, welche aus dem Raume abzuführen ist. Demnach erscheint es zunächst richtig, die erstere unten einzuführen, die letztere aber in der Nähe der Decke abzuleiten, indem alsdann die Lufttheile ihrer Temperatur entsprechend in den Gesamtstrom selbstthätig sich einreihen.

Viele Lüftungs-Anlagen, welche (außer ihrem eigentlichen Zweck) auch die Aufgabe haben, die betreffenden Räume zu kühlen, sind dem entsprechend eingerichtet. Jedoch verbietet sich in den meisten Fällen die Einführung der frischen Luft von den Wandflächen aus, indem die nöthige Luftgeschwindigkeit in Verbindung mit der niedrigen Temperatur sehr leicht eine unangenehme Zugempfindung hervorruft. Man hat deshalb für größere Räume den Fußboden aus durchbrochenen Eisenplatten gebildet und diese mit doppelten Teppichen bedeckt, so daß die Luft in unzählige, sehr dünne Strahlen zerlegt in das Zimmer gelangte, der aufwärts gerichtete Strom in diesem deshalb von vornherein den ganzen Querschnitt des Raumes, abzüglich des von Menschen und Möbeln beanspruchten, ausfüllte und damit die Geschwindigkeit der Luft auf das denkbar geringste Maß beschränkt wurde. Dieses Zuführungsverfahren wurde zunächst von *Reid* im Hause des englischen Parlaments ausgeführt und hat ferner in Theatern des Festlandes vielfache Anwendung erfahren. Dasselbe hat sich jedoch nicht allgemein einzuführen vermocht, da trotz der genannten, weit gehenden Zerlegung des Luftstromes die Zugempfindung an Füßen und Beinen sich in unangenehmer Weise geltend macht und außerdem ein Aufwirbeln des Staubes unvermeidlich ist. Vielerorts sind sogar die betreffenden Einrichtungen abgeändert worden.

Wenigstens von der Staubbelästigung frei ist die zunächst von *Böhm* im Opernhaus zu Wien ausgeführte Anordnung der Luft-Zutritts- oder Zuluft-Oeffnungen. Es sind dieselben unter das feste Gestühl gelegt, so daß kühle Luft, sofern der Zuschauer ordnungsmäßig sitzt, fast gar nicht belästigt. Ich muß aber, auf Grund eigener Erfahrung, bemerken, daß die Zugempfindung an den Füßen eine recht lebhaft wird, sobald man aus Bequemlichkeitsgründen diese unter den eigenen Sitz zieht oder unter den Sessel des Vormannes schiebt.

Die unter dem Menschen zugeführte kühlere Luft erwärmt sich an ihm und steigt an ihm, gemäß der durch die allmähliche Erwärmung stattfindenden Verdünnung, empor. Sie sucht sich ohne Beihilfe den Weg am Menschen empor und weiter zur oben befindlichen Abluft-Oeffnung. Man hat daher die Luftbewegung von unten nach oben die »natürliche« genannt. Allein sie bedingt, daß der betreffende



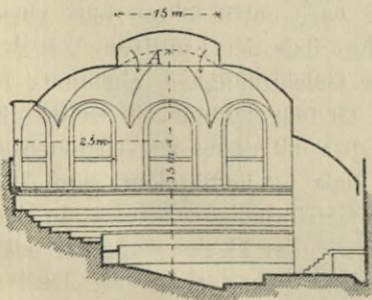
Körper sich den ganzen Temperatur-Unterschied der Luft gefallen läßt<sup>106)</sup>, also einen beträchtlichen Luftwechsel, um diesen Temperatur-Unterschied erträglich zu machen, wodurch wieder die Vermeidung des Zugefühls erschwert wird.

Der Einführung kälterer Luft in den oberen Theil des zu lüftenden Raumes und der Luft-Abfuhr durch den, bezw. nahe über dem Fußboden stehen erhebliche Bedenken entgegen: die kalte Luft sinkt, ungeschickt zugeführt, in Gestalt eines mehr oder weniger geschlossenen Stromes nieder und belästigt die Personen, welche er trifft, auf die unangenehmste Weise; die an den menschlichen Körpern erwärmte Luft strebt empor und veranlaßt Nebenströmungen, die sich anscheinend jeder Verfolgung entziehen.

Was nun zunächst diese Nebenströmungen anbelangt, so vermitteln sie zweifellos die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers an die umgebende Luft. In einem ungelüfteten Raume sind sie es allein, denen es zu danken ist, daß die Temperatur in nächster Nähe des Menschen von derjenigen in einiger Entfernung nicht erheblich abweicht. Diese Nebenströmungen sind daher als Vorzug der Luftbewegung von oben nach unten anzusehen, indem sie den Unterschied der Temperaturen der frischen und der Abluft den menschlichen Körper weniger fühlen lassen. Um sie in diesem Sinne nutzbar zu machen, muß man allerdings durch geschickte Anlage, bezw. Bedienung verhüten, daß die oben zugeführte kalte Luft in geschlossenem Strome den unten befindlichen Abluft-Oeffnungen zueilt, ohne inzwischen ihren Zweck erfüllt zu haben. Bei nicht zu großem Temperatur-Unterschied ist es möglich, die Luft-Zufuhr von oben nach unten stattfinden zu lassen, ohne hierdurch nennenswerthe Unannehmlichkeiten für die Personen, welche in dem Raume sich aufhalten, hervorzurufen. Hierzu ist zunächst ein reichlicher Raum über den Köpfen der Menschen erforderlich, um hier diejenige Zerstreung des Stromes zu bewirken, welche eine möglichst gleichmäßig abwärts gerichtete Geschwindigkeit bedingt. In sehr hohen Räumen vermag man von einer Stelle aus die gesammte Luft einzuführen, indem diese Oeffnung so vergittert wird, daß die Luft in vielen dünnen, aus einander gehenden Strahlen in den Raum gelangt. Im Festsaale des Trocadéro-Palastes zu Paris findet die Luft-Einführung in dieser Weise statt<sup>107)</sup>.

Der im Wesentlichen runde Saal, dessen Kuppel an die Sparren des Daches gehängt ist, hat etwa 50 m Durchmesser. In der Mitte der Kuppel befindet sich eine kleinere Kuppel *A* (Fig. 70) von etwa

Fig. 70.



Festsaal des Trocadéro-Palastes in Paris.  
1/1200 w. Gr.

15 m Durchmesser, über welche die frische Luft geführt und durch deren zahlreiche Oeffnungen dieselbe in den Saal gelangt. Damit die kältere frische Luft nicht geraden Weges nach unten fließt, hat man die Abzugsöffnungen, von denen gegen 15 000 vorhanden sein dürften, über den ganzen Saal vertheilt. Im Parquet ist die Anordnung der Abluft-Oeffnungen so getroffen, wie Fig. 71 u. 72 erkennen lassen. Zwischen den Rücklehnen der Sessel sind aufrechte Röhren *a* angebracht, welche mit den unter dem Fußboden liegenden Sammelröhren in Verbindung stehen. Die Röhren *a* haben zunächst nahe über dem Fußboden vergitterte Oeffnungen *c, c*, außerdem noch je eine ebenfalls vergitterte Oeffnung *b*. Der Saal hat 4665 Plätze und außerdem Raum für 350 Musiker, bezw. Sänger und soll stündlich 200 000 cbm oder etwa 240 000 kg frische Luft zugeführt erhalten. Ich habe einer der großen Musikaufführungen, welche gelegentlich der 1878-er Weltausstel-

<sup>106)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 805.

<sup>107)</sup> Vergl.: *Le palais du Trocadéro*. Paris 1878. — Eisenb., Bd. 8, S. 127. — *Novv. annales de la constr.* 1878, S. 78 u. 99. — *Annales industr.* 1879, S. 595. — *Rohrleger* 1878, S. 136. — *Polyt. Journ.*, Bd. 237, S. 387.

lung in dem fraglichen Saale stattfanden, beigewohnt und hierbei einen lothrecht unter der Luft-Eintrittsöffnung befindlichen Platz benutzt; trotz sorgfältiger Beobachtung vermochte ich keine Belästigung durch Zug zu bemerken. Die Entfernung der einzelnen Luft-Einströmungsöffnungen von den Köpfen der Menschen ist hier 30 m und mehr, so daß, außer der Zerlegung des Luftstromes, durch Nebenströmungen ein Anwärmen, bezw. ein Binden der frei gewordenen Wärme stattfinden dürfte, bevor die Luft mit den Köpfen der Zuhörer in Berührung kommt.

Eine ähnliche Anordnung, die, was Annehmlichkeit für die Befucher anbelangt, sich eben so bewährt hat, findet sich im großen Hörsaal des *Conservatoire des arts et métiers* zu Paris. Hier sind 12 Einströmungsöffnungen an der Decke vertheilt, während zahlreiche Abzugsöffnungen unter den Sitzen und an anderen geeigneten Orten des Raumes angebracht sind.

Man kann eine ähnliche Wirkung hervorbringen, indem man die kalte Luft durch nach der Decke gerichtete, frei stehende Röhren einführt, welche in geeigneter Weise in dem zu lüftenden Raume vertheilt sind. Die lebendige Kraft der ausströmenden Luft befähigt dieselbe zunächst, trotz ihres größeren Gewichtes, durch die wärmeren Luftschichten des zu lüftenden Raumes emporzusteigen und vielleicht die Decke zu erreichen. Von hier aus bewegt sie sich in sehr vertheiltem Zustande nach unten, und zwar, wenn alle Verhältnisse gut gewählt sind, in eben so vortheilhafter Weise, wie wenn sie durch Oeffnungen der Decke in den Raum gelangt wäre. Die Höhe der Luft-Einführungsröhren kann, wenn für die entsprechende Luftgeschwindigkeit geforgt wird, eine geringe sein. Wird nun die Luft durch über die ganze Fußbodenfläche vertheilte Oeffnungen gleichmäßig abgefaugt, so muß sie den Weg von oben nach unten in der gewollten Weise zurücklegen.

Häufiger ist die Einführung der Luft durch in den Seitenwänden liegende Oeffnungen, wohl deshalb, weil diese Oeffnungen bequemer anzubringen sind. Bei dieser Anordnung bildet die Einströmungsgeschwindigkeit mit derjenigen Geschwindigkeit, welche die Luft in dem zu lüftenden Raume nach unten führen soll, einen ziemlich großen Winkel. Es ist allerdings Thatsache, daß der Luftstrom von der Eintrittsstelle ab an Querschnitt zunimmt, also seine Geschwindigkeit abnimmt, so daß das Gewicht der kälteren Luft desto mehr zur Geltung kommt, je weiter die Luft von der Eintrittsstelle entfernt ist. Man kann aber mit dieser im Allgemeinen bekannten Thatsache nicht in dem Maße rechnen, daß sie unmittelbar zum Aufzeichnen des Luftweges, bezw. zum Bestimmen der Geschwindigkeitsgröße an den einzelnen Punkten des Raumes führt. Ein in der Nähe der Decke wagrecht oder in wenig aufwärts gerichteter Neigung eintretender Luftstrom verfolgt die Decke, je nach der Anfangsgeschwindigkeit, mehr oder weniger lange. Sobald derselbe auf eine lothrechte Fläche stößt, wird er sofort nach unten abgelenkt und trifft die Köpfe, welche sich unter dieser lothrechten Fläche befinden, in recht empfindlicher Weise. Bei 1,5 m Einströmungsgeschwindigkeit beobachtete ich an der gegenüber liegenden, 8,5 m von der Einströmungsstelle entfernten Wand eine sehr unangenehme, nach

Fig. 71.

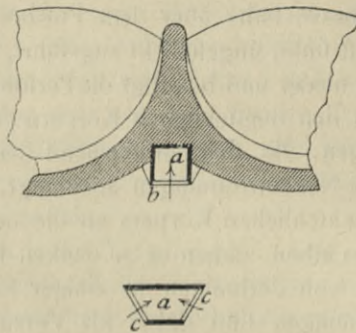


Fig. 72.

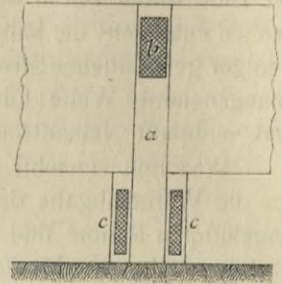


Fig. 73.

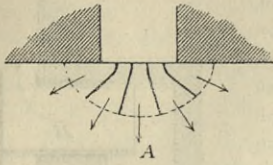
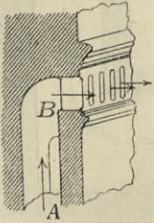


Fig. 74.



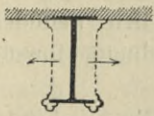
unten gerichtete Strömung. In der Hannoverfchen Hochfchule ift häufig gefunden, dafs die lothrechten Flächen des Gebäudes in ähnlicher Weife die kältere Luft niederwerfen. Deshalb dürfte es nothwendig fein, die Einftrömungsggefchwindigkeit (durch Erweitern der Einftrömungsöffnungen und Zerlegen des Stromes in denselben) möglichft zu vermindern, jedenfalls nicht gröfser als  $0,5 \text{ m}$  werden zu laffen.

Diefe Zertreuung kann durch Leitbleche stattfinden, wie der wagrechte Schnitt Fig. 73 erkennen läßt, oder durch einfache Vergitterungen, welche an die Erweiterungen der Canäle fich anschließen. Fig. 74 zeigt eine derartige Anordnung. *A* bezeichnet den lothrechten Luft-Zuführungsfchacht; derfelbe erweitert fich bei *B* nach beiden Seiten und mündet mittels zahlreicher Oeffnungen des Wandgefimfes. Aufser den verfchiedenartigften Gittern kann die Zertreuung durch poröfe Wände und Gewebe erfolgen, wie von *Scharrath*<sup>108)</sup> vorgeschlagen wurde.

Immer ift großer Werth zu legen auf eine entfprechende Höhenlage der Einftrömungsöffnungen über den Köpfen derjenigen Perfonen, welche den betreffenden Raum benutzen. Räume größerer Tiefe wird man nicht von einer Seite aus mit frifcher Luft verforgen können; vielmehr wird eine Zuführung von den beiden gegenüber liegenden Seiten nothwendig.

Der große Sitzungsfaal des Reichftagshaufes in Berlin hat, bei einer Tiefe von  $22 \text{ m}$ , derartige einander gegenüber liegende Oeffnungen, welche etwa  $9 \text{ m}$  über den höchften Sitzen der Abgeordneten fich befinden; die Abfaugung der Luft findet durch Oeffnungen ftatt, welche in den lothrechten Theilen des aufsteigenden Fußbodens fich befinden. Man fagte mir, dafs eine Beläftigung durch Zug nicht ftatfinde, felbft wenn die einftrömende Luft  $3$  bis  $4$  Grad kälter fei, als diejenige des Saales<sup>109)</sup>.

Fig. 75.

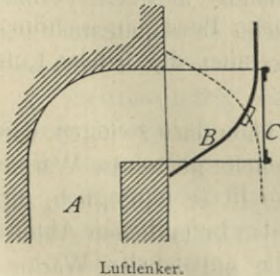


Eine noch bessere Vertheilung der Einftrömungsöffnungen ift zu erreichen, indem man die lothrechten Wandungen kaftenartig hergefertigter Unterzüge (die eigentlichen Tragbalken find dann aus Eifen anzufertigen) u. f. w. als folche verwendet (Fig. 75). Man nähert fich dann mehr und mehr der im Allgemeinen beften Einführungsart, nämlich derjenigen von der Decke aus.

Für kleinere Verhältniffe foll fich der durch Fig. 76 in lothrechttem Schnitt verfninnlichte Luftlenker bewährt haben<sup>110)</sup>.

Vor der Mündung des Frifchluff-Canales *A* ift das Leitblech *B* fo angebracht, dafs es um eine wagrechte Achfe fich drehen und in verfchiedenen Lagen fich feft ftellen läßt. In der ausgezogenen gezeichneten Lage lenkt das Blech die Luft nach oben, in der punkirt gezeichneten nach unten und in einer zwifchen beiden befindlichen Lage theils nach oben, theils nach unten. Man wählt nun eine im gegebenen Falle am wenigften beläftigende Lage. Der Blechkörper *C* dient im wefentlichen als Zierath.

Fig. 76.



Mit dem vorigen verwandt ift ein Lenker, welchen ich bei *David Grove* in Berlin fah; er war für ein Wohnzimmer in Anwendung, deffen Luft-Zuführungs-Einrichtung lediglich aus einem in der Außenwand des Haufes ausgeparten Z-förmigen Canal *A* (Fig. 77) beftand.

173.  
Lage der  
Einftrömungs-  
öffnungen.

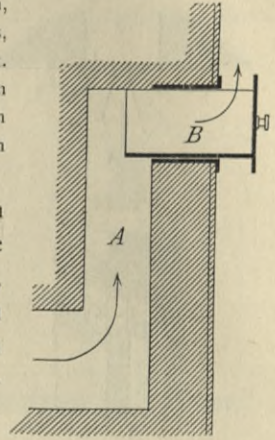
108) Siehe: *SCHARRATH*. Bekanntmachung der Vorzüge einer neuen Erfindung zur Erhöhung der Gefundheits- und Krankenpflege durch Anwendung der Poren-Ventilation. Halle 1869. — Ferner: *Deutsche Bauz.* 1870, S. 315; 1871, S. 219 u. 272; 1876, S. 398. — *ROMBERG's* Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1873, S. 137 u. 237. — *Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1870, S. 128.

109) Vergl. auch die in Kap. 13, unter c aufgenommenen Beispiele ausgeführter Heizungs- und Lüftungs-Anlagen.

110) Siehe: *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1883, S. 611.

In die dem Zimmer zugekehrte Mündung des Canales ist ein Blechschubkasten *B*, dem die Hinterwand fehlt, gefleckt. Schiebt man *B* ganz hinein, so ist der Luftzutritt abgesperrt; zieht man ihn mehr oder weniger heraus, so wird der Luft ein größerer oder kleinerer Durchflussquerschnitt gewährt. In der gezeichneten Lage strömt die Luft nach oben, wenn man aber den Schubkasten-Boden nach oben legt, so muß sie nach unten, und giebt man dem Boden eine lothrechte Lage, so muß sie nach der einen oder anderen Seite abfließen.

Fig. 77.

Luftlenker von David Grove  
in Berlin.

174.  
Lage der  
Abflrömungs-  
öffnungen.

Was die Abflrömungsöffnungen 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 dies immer zu erreichen. In Hörfälen, Sitzungsräumen, Theatern, Krankenhäusern (bei letzteren unter den Betten) sind unschwer geeignete Plätze für die Abflrömungsöffnungen zu finden. In Tanzsälen u. dergl. wird man sich mit seitlich liegenden Abflrömungsöffnungen begnügen müssen; bei Wohnräumen kann man dasselbe Verfahren anwenden, theils weil dieselben nicht sehr groß, theils weil die in denselben sich aufhaltenden Menschen nur gering an Zahl sind.

Es ist hier immer die Rede von der Abflrömung der Luft am Fußboden gewesen. Gleichzeitig wurde erwähnt, daß man für eine geeignete Vertheilung der Abflrömungsöffnungen zu sorgen habe. Hieraus kann man ohne Weiteres schließen, daß z. B. die Logen und Galerien der Theater, die Tribünen der Versammlungssäle u. s. w. in der Nähe ihrer Fußböden eigene Abflrömungsöffnungen haben müssen; ich halte es für nothwendig, hierauf besonders aufmerksam zu machen.

175.  
Winter-  
u. Sommer-  
lüftung.

Das Ergebniß der vorliegenden Erörterung ist sonach, daß regelmäÙig die Eintrittsöffnungen oben, die Austrittsöffnungen in Fußbodenhöhe sich befinden müssen. Es ist dies um so angenehmer, als eine und dieselbe Anordnung sowohl für den Winter, als auch für den Sommer gebraucht werden kann.

Dies schließt nicht aus, in besonderen Fällen anders zu verfahren. Findet z. B. in Theatern die Beleuchtung der Verfatztücke auf der Bühne — was häufig der Fall ist — mittels Gas statt, so dürfte man, der außerordentlich großen Wärmeentwicklung halber, regelmäÙig die Luftbewegung auf der Bühne von unten nach oben stattfinden lassen. Bühne und Zuschauerraum stehen aber während der Aufflrömung durch eine sehr große und hohe Oeffnung mit einander in freier Verbindung. Daraus folgt ohne Weiteres, daß in beiden die gleiche Bewegungsrichtung angewendet, also im vorliegenden Falle auch im Zuschauerraum die frische Luft unten ein- und oben abflröhrt werden muß.

Auch eine kräftige Gas-, Erdöl- oder Kerzenbeleuchtung kann dazu zwingen, von der Regel abzuweichen. Wird die von der Beleuchtung entwickelte gesammte Wärme (vergl. Art. 100, S. 95) an die umgebende Luft abgegeben, so ist es unmöglich, die letztere, an dem Menschen vorüber, den am oder im Fußboden befindlichen Abluftöffnungen zuzuföhren. Die Luftmenge, welche genügte, die entwickelte Wärmemenge aufzunehmen, ohne sich zu sehr zu erwärmen, würde so groß sein, daß sie nur mit unzulässiger Geschwindigkeit durch den Saal zu föhren wäre. Im vorliegenden Falle muß man allgemein die Luft von unten nach oben sich bewegen lassen oder, wenn die Luft-Zufuhr oben stattfindet, die Abflrömung theils oben stattfinden lassen, theils

aber die frische Luft nach unten lenken, so daß nur der letztere Theil das Bedürfnis der Menschen befriedigt. Ob solches bei frei brennenden Beleuchtungsflammen sicher durchzuführen ist, ist fraglich; wohl aber ist der Zweck mittels geschlossener Beleuchtungs-Einrichtungen (vergl. Art. 52, S. 49) zu erreichen, welche die Verbrennungsgase mit aller Bestimmtheit abzuleiten gestatten.

Man hat auch die Zufuhr kälterer Luft in größerer Höhe, bezw. nahe der Decke und die Abfuhr derselben ebendasselbst angewendet<sup>111)</sup>. Es liegt auf der Hand, daß unter diesen Umständen die für die Inlassen des Raumes bestimmte Luft nach unten fallen und dann nach oben steigen, also den Querschnitt desselben zweimal in entgegen gesetzter Richtung durchströmen muß. Dadurch wird nicht allein die Luftgeschwindigkeit verdoppelt, sondern die Wahrscheinlichkeit, daß »Zug« eintreten wird, noch durch die Regellosigkeit dieser Luftbewegung vermehrt. Die Erfahrung bestätigt dies<sup>112)</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.

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 1,0 m über der Erdoberfläche. In Rücksicht auf Staub sucht man die Luftschöpforte möglichst von verkehrsreichen Wegen entfernt zu halten oder doch an solche Orte zu legen, die durch Gebüsch u. dergl. einigermaßen gegen Staub geschützt sind. Demnach sind Gärten für den vorliegenden Zweck beliebte Orte. Sauber gehaltene Höfe, die nicht von Grundstücken mit ruffenden Schornsteinen begrenzt werden, 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 Gebäudefläche möglich, an welcher frische Luft entnommen werden kann. Alsdann bewegt sich aber die ausgeflossene, wärmere Luft sofort nach oben und kann nur wenig schaden.

Vielfach wählt man die über dem Erdboden befindlichen Wandflächen der Kellergeschosse zur Unterbringung der Luft-Eintrittsöffnungen, wodurch, wenigstens in der Regel, eine weniger reine Luft gewonnen wird, als bei Benutzung der höher gelegenen Wandflächen. Jedoch muß man sich mit der Thatsache ausöhnen, wenn andere Entnahmeorte nicht zur Verfügung stehen. Schöpft man doch zuweilen die

176.  
Entnahme  
der Luft.

<sup>111)</sup> Siehe: *Gefundh.-Ing.* 1887, S. 224.

<sup>112)</sup> Vergl. über die Lage der Zu- und Abluftöffnungen:

FERRINI, R. *Technologie der Wärme etc.* Deutsch von M. SCHRÖTTER. Jena 1877. S. 415 u. ff.

HUDELO. Die Ein- und Austrittsöffnungen der Luft bei Ventilation. *Revue d'hyg.* 1879.

FISCHER, F. Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1884, S. 784.

frische Luft über Dach, also an einem Orte, nach welchem die verdorbene Luft sowohl, als auch der Rauch ausgeföhren wird. Hier, wo der Wind sich frei zu bewegen vermag, wo die Ergießung der Gase nicht gehemmt ist, findet in eng gebauten Städten die Verdünnung, bezw. Erfrischung der Luft fast ausschließlich statt, und deshalb eignet sich in manchen Fällen dieser Ort am meisten für die Luftentnahme.

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<sup>113)</sup>.

## 7. Kapitel.

### Bewegung der Flüssigkeiten in Röhrenleitungen und Canälen.

#### a) Widerstände der Bewegung.

177.  
Reibungs-  
widerstand.

Der sog. Reibungswiderstand, hervorgerufen durch die Verschiebung der Flüssigkeit längs der Röhren- oder Canalwände und durch Verschiebungen im Inneren der bewegten Flüssigkeit, wird gemessen durch den Druck  $p$  (in Kilogr.) auf die Flächeneinheit des Röhren-, bezw. Canalquerschnittes  $q$  (in Quadr.-Met.). Derselbe steht in geradem Verhältniß zum Umfange  $u$  des von der Flüssigkeit erfüllten Querschnittes, zur Länge  $l$  der Röhre und zum Gewicht  $\gamma$  von 1 cbm der Flüssigkeit (in Kilogr.). Die Abhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit  $v$  wird von verschiedenen Fachmännern 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 eine durch Erfahrung fest zu stellende Werthziffer mit  $\alpha$ , so entsteht, unter dem Vorbehalt, daß die Spannung der Flüssigkeit sich nur sehr wenig ändert, bezw. durch die Spannungsänderung eine nennenswerthe Aenderung ihres Einheitsgewichtes nicht hervorgerufen wird, die Gleichung für den Reibungswiderstand:

$$p q = \alpha \gamma l u \left( \frac{1}{v} + 20 \right) \frac{v^2}{2g},$$

oder

$$p = \alpha \gamma l \frac{u}{q} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 72.$$

Die Erfahrungszahl  $\alpha$  schwankt zwischen 0,0003 und 0,0010. Für Leuchtgas, Wasser u. s. w., die in guten glattwandigen Röhren sich bewegen, darf man  $\alpha = 0,0003$  bis 0,0004, für Luft, welche in gemauerten Canälen fließt, je nach dem Zustande der Canalwände,  $\alpha = 0,0004$  bis 0,0007, für Rauch  $\alpha = 0,0006$  bis 0,0010 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;

<sup>113)</sup> Vergl.: FISCHER, H. Ueber die Schöpfstellen für frische Luft. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1884, S. 298.

in Ermangelung genügenden Anhaltes für diese Berechnung schliesse ich, dem Gebrauch gemäß, den Einfluß der Luftdurchlässigkeit in die GröÙe  $\kappa$  für Rauch und Luft ein und bemerke hierzu, daß derselbe sich besonders bei frei stehenden Schornsteinen, aber auch bei mit dünnen Wänden ausgestatteten Luftleitungs-Canälen fühlbar macht.

Für groÙe Werthe von  $v$  verschwindet der Werth  $\frac{1}{v}$  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:

$$p = 20 \kappa \gamma l \frac{u}{q} \frac{v^2}{2g}, \dots \dots \dots 72a.$$

bezw.

$$p = \frac{\kappa}{2g} \gamma l \frac{u}{q} v. \dots \dots \dots 72b.$$

Der Widerstand, welchen eine scharfe rechtwinkelige Ablenkung der Bewegungsrichtung verursacht, kann ausgedrückt werden durch

$$p = 1,0 \cdot \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 73.$$

178.  
Richtungs-  
und  
Querschnitts-  
änderungen.

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

$$p = (0,3 \text{ bis } 0,5) \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 74.$$

Querschnittsveränderungen verursachen, abgesehen von dem entstehenden, bezw. 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

$$p = (0,5 \text{ bis } 1,0) \gamma \frac{v^2}{2g}, \dots \dots \dots 75.$$

bei geöffneten Hähnen, bei welchen derselbe

$$p = (0,1 \text{ bis } 0,3) \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 76.$$

ist, und bei Vergitterungen, die einen Widerstand erzeugen:

$$p = (0,8 \text{ bis } 1,3) \gamma \frac{v^2}{2g}, \dots \dots \dots 77.$$

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

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

Widerstände, welche Filter verursachen (siehe Art. 159, S. 148), sind besonders zu berücksichtigen.

179.  
Erzeugung  
der  
Geschwindigkeit

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

$$p = 1,0 \cdot \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 78.$$

180.  
Gesamt-  
widerstand.

Bezeichnet man mit  $\xi$  die Factoren der Gleichungen 73 bis 78, welche, mit  $\gamma$  und  $\frac{v^2}{2g}$  multiplicirt, die einzelnen Widerstände  $p$  geben, so ist der Gesamtwiderstand zwischen zwei Punkten der Leitung auszudrücken durch:

$$p_1 - p_2 = \Sigma p = \left[ \kappa l \frac{u}{q} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 79.$$

Man misst die Pressung der eingeschlossenen Flüssigkeit, indem man durch die Wand der Röhre oder des Canales  $A$  (Fig. 78) eine U-förmig gebogene, an beiden Enden offene Röhre  $B$  steckt, welche eine genügend schwere Flüssigkeit enthält. Der lothrechte Abstand der beiden Flüssigkeitspiegel in  $B$  stellt den Druckunterschied dar, welcher zwischen dem Inneren der Röhre  $A$  und ihrer Umgebung herrscht. Verwendet man für die Flüssigkeit der U-förmigen Röhre  $B$  Wasser, so entspricht 1 mm des Flüssigkeitspiegel-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 der Röhre  $B$  Quecksilber, so entspricht jedes Millimeter des Flüssigkeitspiegel-Abstandes 13,6 kg Druckunterschied für 1 qm.

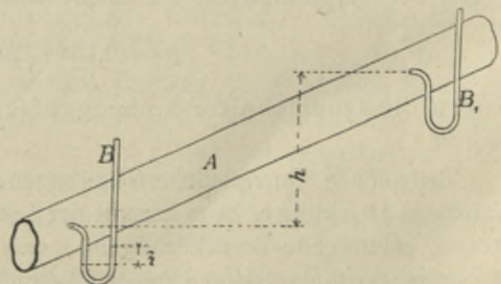
b) Einfluss der Verschiedenheit der Gewichte geleiteter Flüssigkeiten.

181.  
Einfluss von  
Gewichts-  
verschieden-  
heiten.

Der vorhin genannte Druckunterschied ist in verschiedenen Höhenlagen (abgesehen von den eigentlichen Bewegungshindernissen) verschieden, sobald die Flüssigkeit, welche die Röhrenleitung oder den Canal füllt, schwerer oder leichter ist, als die auf den freien Schenkel der Druckmesserröhre drückende Flüssigkeit, also die freie Luft.

Es heiße die Höhe, um welche zwei Druckmesser  $B$  und  $B_1$  (Fig. 78) von einander entfernt sind,  $h$ , das Gewicht von 1 cbm der in  $A$  geleiteten Flüssigkeit  $\Gamma$ , das Gewicht von 1 cbm der umgebenden Luft  $\gamma$ ; alsdann wirkt, wenn bei  $B_1$  im Inneren der Röhre  $A$  der Druck  $P$  herrscht, auf den mit  $A$  verbundenen Schenkel des Druckmessers  $B$  der Druck  $P + h \Gamma$ , und, wenn der Druck auf den freien Schenkel des Druckmessers  $B_1 = p$  ist, auf den freien Schenkel des Druckmessers  $B$  der Druck  $p + \gamma h$ . Der Unterschied der Druckunterschiede ist sonach

Fig. 78.



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

oder  $\mathfrak{P} = h [\Gamma - \gamma] \dots \dots \dots 80.$



Befteht z. B. die geleitete Flüssigkeit aus Leuchtgas von 0,6 kg Gewicht für 1 cbm, während 1 cbm der umgebenden Luft das Gewicht 1,2 kg habe, so wird für  $h = 1$  m

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

d. h. der Druck in der Röhrenleitung 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.

Ein Gleiches ist natürlich der Fall, wenn zwar eine gleichartige Flüssigkeit, also z. B. Luft, in und ausserhalb der Röhre *A* (Fig. 78) sich befindet, wenn sie jedoch verschiedene Temperaturen hat.

Behufs Gewinnung einfacher und genügend genauer Ausdrücke habe ich für den Einfluss der Temperaturänderung auf das Einheitsgewicht der Flüssigkeiten die folgenden neuen Formeln aufgestellt<sup>114)</sup>. Es bedeutet  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm,  $t$  die Temperatur der Flüssigkeit; dann ist

$$\text{für Luft: } \gamma = 1,3 - 0,004 t, \dots \dots \dots 81.$$

$$\text{für Rauch: } \gamma = 1,25 - 0,0027 t, \dots \dots \dots 82.$$

$$\text{für Wasser: } \gamma = 1000 - 0,004 t^2 \dots \dots \dots 83.$$

Der genaue Werth für das Gewicht des Wassers ist sehr unbequem<sup>115)</sup>; ältere Annäherungsformeln:

$$\text{Péclet: } \gamma = 1008,6 - 0,5 t; \quad \text{Ferrini: } \gamma = \frac{1000}{0,9885 + 0,0005 t};$$

$$\text{Schinz: } \gamma = \frac{1000}{1 + 0,000466 t}$$

liefern theils nur in sehr engen Grenzen brauchbare Werthe oder unbequeme Ausdrücke. Mein Ausdruck für das Gewicht des Wassers ergibt zwischen 0 und 150 Grad nur sehr geringe Abweichungen von den genauen Gewichten.

Der Ausdruck für Rauch kann naturgemäfs nur angenähert richtige Ergebnisse liefern, weil das Gewicht des Rauches vor Allem auch von seiner Zusammensetzung abhängt.

Für trockene Luft ist genau  $\gamma = \frac{1,293187}{1 + 0,003665 t}$ ; allein, man hat mit trockener Luft in der Technik nicht zu thun, vielmehr mit mehr oder weniger gefeuchteter Luft. Für diese schliessen sich die Ergebnisse meines Ausdruckes von -20 bis +120 Grad dem Mittel genauer an, als diejenigen, welche die für trockene Luft genaue Gleichung liefert.

Fügt man diese Ausdrücke in die Gleichung 80 ein, so wird der Druckunterschied, wenn die beiden in Frage kommenden Temperaturen der betreffenden Flüssigkeiten  $t_1$ , bzw.  $t_2$  heifsen,

$$\text{für Luft: } p = h [1,3 - 0,004 t_1 - (1,3 - 0,004 t_2)] = 0,004 (t_2 - t_1) h, \dots \dots 84.$$

$$\text{für Wasser: } p = h [1000 - 0,004 t_1^2 - (1000 - 0,004 t_2^2)] = 0,004 (t_2^2 - t_1^2) h, \dots \dots 85.$$

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, dafs der Auftrieb die Bewegungswiderstände ganz aufhebt.

<sup>114)</sup> Siehe: Gefundh.-Ing. 1882, S. 311 (mit vielen Druckfehlern) — ferner: Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 155.

<sup>115)</sup> Siehe: WÜLLNER, A. Lehrbuch der Experimentalphysik. 4. Aufl. Bd. 3: Die Lehre von der Wärme. Leipzig 1885. S. 71.

## c) Einfluss der Wärmeleitung der Canal-, bezw. Röhrenwände.

183.  
Einfluss  
der  
Temperatur-  
änderungen.

Die soeben besprochene Beeinflussung der Flüssigkeitsbewegung ist nicht allein von Bedeutung, wenn z. B. 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 Wärme-Zufuhr oder Wärme-Abfuhr.

Eine Verminderung der Temperatur des aufsteigenden Stromes, wie eine Vergrößerung der Temperatur im absteigenden Strome haben eine Hemmung der Bewegung, das Umgekehrte hat eine Förderung der Bewegung zur Folge. Angesichts des meistens unregelmäßigen Verlaufes 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 Röhrenleitungen, grössere Wandstärken, Umhüllungen u. s. w.) und vernachlässigt sie alsdann. Ist man nicht im Stande, die Temperaturänderungen in genügendem Mafse zu verhindern, so wird aus dem mittleren Temperatur-Unterschied (vergl. Formel 52, S. 111) die Aenderung besonders berechnet.

184.  
Inbetrieb-  
setzung der  
Leitung.

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, dass 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 wachsen (im Grofsen und Ganzen) mit dem Quadrat der Geschwindigkeit; 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 Auseinanderetzung wurde angenommen, dass die Canalwände nicht kälter seien, als die freie Luft. Durch den Temperaturwechsel, oft schon den regelmässigen, der zwischen Tag und Nacht stattfindet, kann nun der Fall eintreten, dass die Canalwände kälter sind, als die freie Luft. Die Folge hiervon ist, dass die in den Canälen befindliche Luft kälter als diejenige des Freien ist, so dass ein sog. verkehrter Auftrieb eintritt, der, wenn die Mündungen der Canäle frei gelegt 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.

Dies weifs Jeder, welcher versuchte, am Tage einen Schornstein in Betrieb zu setzen, welcher mehrere Tage lang nicht benutzt wurde; dies 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 das Anfeuern 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, dass sie sich erheblich abzukühlen

vermögen (z. B. die Schornsteine der Kirchen), setze man regelmäfsig am Abend oder in der Nacht 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 es 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 Luftleitungen setzt man häufig die Geschwindigkeit  $v$  als mit der Temperatur veränderlich ein, wie weiter unten gesehen wird, rechnet aber häufiger mit demjenigen  $v$ , welches der mittleren Temperatur entspricht.

185.  
Wasser- u.  
Luftleitungen.

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 Verbrauches 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 der Röhre, nach Umständen vermehrt um die einfache Dicke der Umhüllung derselben.

186.  
Dampf-  
leitungen.

Sodann ist der Widerstand, welcher in einer  $dx$  Meter langen Röhrenleitung auftritt, nach Gleichung 72

$$dp = \kappa \gamma \frac{D \pi}{D^2 \frac{\pi}{4}} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) \frac{v^2}{2g} dx \dots \dots \dots 86.$$

In dieser Gleichung ist  $\kappa = 0,00038$  zu setzen, und es kann der Ausdruck  $\frac{1}{v}$  gegen 20 vernachlässigt werden, da  $v$  selten unter 10 m genommen wird. Alsdann erhält man die einfachere Gleichung

$$dp = 0,0013 \gamma \frac{dx}{D} v^2 \dots \dots \dots 87.$$

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

$$\gamma = \frac{o + p}{n}, \dots \dots \dots 88.$$

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

$$\begin{aligned} \text{für } p < 36\,000 \text{ ist } n &= 19\,995, \quad o = 1200 \\ \text{» } p > 36\,000 \text{ » } n &= 21\,224, \quad o = 3000 \end{aligned} \dots \dots \dots 89.$$

Der Wärmeverlust des Dampfes ist abhängig von der Art der Röhrenwandung, dem Temperatur-Unterschied, welcher zwischen dem Dampf und der Umgebung der Röhre 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 Luft-Temperaturen geführt wird; es mag deshalb nur die Art der Röhrenwandung berücksichtigt werden. So fern bestimmte Zustände der umgebenden Luft bekannt sind, wird man dieselben durch Wahl der im Folgenden näher bezeichneten Werthziffern  $K$  gebührend in Rechnung stellen.

Die Röhrenwandungen werden ausschliesslich aus Metall hergestellt und sind verhältnissmässig dünn, weshalb man, ohne einen erheblichen Fehler zu machen, den Wärmeverlust als im geraden Verhältniss zur Röhrenaussenfläche setzen kann, so dass, bei nackten Röhren jedes Längenmeter stündlich  $(D + \delta) \pi (T - t) k$  Wärmeeinheiten verliert, wenn  $\frac{\delta}{2}$  die Wanddicke der Röhre,  $T - t$  den mehr erwähnten Temperatur-Unterschied und  $k$  die Zahl der Wärmeeinheiten bezeichnet, welche stündlich für 1 Grad Temperatur-Unterschied und durch 1 qm Fläche überführt wird.

Meistens werden die Röhren eingehüllt, um den Wärmeverlust zu vermindern. Alsdann dürfte der Wärmeverlust in geradem Verhältniss zu derjenigen Fläche stehen, welche in der Mitte zwischen der äusseren 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 muss, 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 Atmosphären 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 Röhrenlänge stündlich verdichtete Dampfmenge (in Kilogr. ausgedrückt):

$$\frac{(D + \delta) \pi (T - t) k}{520} = (D + \delta) K, \dots \dots \dots 90.$$

in welcher Gleichung  $K$  eine für den einzelnen Fall zu bestimmende Werthziffer bezeichnet.

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

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

durchströmen, so dass die in diesem Querschnitte herrschende Geschwindigkeit  $v$  auszudrücken ist durch

$$v = \frac{4}{D^2 \pi} \frac{Q + (D + \delta) K x}{3600} \frac{n}{o + p}, \dots \dots \dots 91.$$

und der Reibungswiderstand, welchen an dieser Stelle eine Röhrenlänge  $dx$  verurfacht, nach den Gleichungen 87 u. 88

$$d\rho = 0,0015 \frac{o + p}{n} \frac{1}{D} \frac{4^2}{D^4 \pi^2} \left[ \frac{Q + (D + \delta) K x}{3600} \right]^2 \left( \frac{n}{o + p} \right)^2 dx \dots 92.$$

Es sei nun für kurze Zeit

$$\frac{0,0015 \cdot 4^2}{3600^2 \pi^2} = \mathfrak{A}; \dots \dots \dots 93.$$

dann erhält man aus Gleichung 92 nach wenigen Umänderungen

$$(o + p) dp = n \frac{\mathfrak{A}}{D^5} [Q + (D + \delta) Kx]^2 dx \dots \dots \dots 94.$$

und durch Integriren beider Seiten

$$\frac{(o + p)^2}{2} = n \frac{\mathfrak{A}}{D^5} \frac{[Q + (D + \delta) Kx]^3}{3 (D + \delta) K} + Const. \dots \dots \dots 95.$$

Für  $p = p_1$  ist  $x = l$ ; für  $p = p_2$  ist  $x = 0$ , fonach

$$o^2 + 2 o p_1 + p_1^2 = \frac{2 n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} [Q^3 + 3 Q^2 (D + \delta) Kl + 3 Q (D + \delta)^2 K^2 l^2 + (D + \delta)^3 K^3 l^3] + Const. \dots \dots \dots 96.$$

$$o^2 + 2 o p_2 + p_2^2 = \frac{2 n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} Q^3 + Const. \dots \dots \dots 97.$$

Durch Abziehen der Gleichung 97 von 96 verschwindet die unbekannte Constante, und es entsteht die folgende Gleichung:

$$p_1^2 + 2 o p_1 - p_2^2 - 2 o p_2 = \frac{2 n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} [3 Q^2 (D + \delta) Kl + 3 Q (D + \delta)^2 K^2 l^2 + (D + \delta)^3 K^3 l^3] \dots \dots \dots 98.$$

oder, nach entsprechender Umformung,

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

und

$$p_1 = -o \pm \sqrt{o^2 + 2 o p_2 + p_2^2 + \frac{2 n \mathfrak{A} l}{3 D^5} \{ 3 Q^2 + [3 Q + (D + \delta) Kl] (D + \delta) Kl \}} \dots \dots \dots 99.$$

In dieser Gleichung gilt zweifellos das + Zeichen vor der Wurzel; nach Einsetzen des Werthes für  $\mathfrak{A}$  aus Gleichung 93 und einigen Umformungen wird sie zu der anderen

$$p_1 = \sqrt{(o + p_2)^2 + \frac{2 \cdot 0,0015 \cdot 4^2 n l}{3 \cdot 3600^2 \pi^2 D^5} \{ 3 Q^2 + [3 Q + (D + \delta) Kl] (D + \delta) Kl \}} - o \dots \dots \dots 100.$$

Hieraus gewinnt man, nach Einsetzen der Werthe von  $n$  und  $o$  aus 89,

für  $p_1$  und  $p_2 < 36000$ :

$$p_1 = \sqrt{(1200 + p_2)^2 + \frac{l}{400000 D^5} \{ 3 Q^2 + [3 Q + (D + \delta) Kl] (D + \delta) Kl \}} - 1200; \dots \dots \dots 101.$$

für  $p_1$  und  $p_2 > 36000$ :

$$p_1 = \sqrt{(3000 + p_2)^2 + \frac{l}{370600 D^5} \{ 3 Q^2 + [3 Q + (D + \delta) Kl] (D + \delta) Kl \}} - 3000. \dots \dots \dots 102.$$

Was den Werth  $K = \frac{\pi (T - t) k}{520}$  anbelangt, so darf man denselben im

Allgemeinen für nackte Röhren = 10, für eingehüllte Röhren = 2 setzen.

Beispielsweise sei:

für nackte Röhren mit  $D = 0,05$  m und mehr (Gufseifen) . . .  $\delta = 0,009 \cdot 2 = 0,018$  m  
 » » » mit  $D = 0,044$  und weniger (Schmiedeeifen)  $\delta = 0,003 \cdot 2 = 0,006$  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 . . . . .  $\delta = 0,003 \cdot 2 + 0,03 = 0,036$  m;

es sei ferner am Ende einer  $l = 100$  m langen Röhrenleitung bei größtem Dampfbedarf  $Q = 120$  kg, bei durchschnittlichem Dampfbedarf  $= 30$  kg; alsdann giebt die Formel 101 die folgenden Werthe.

α) Nackte Röhren,  $l = 100$  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	12000	38600	26600	43,6	102,9
0,031	37	0,31	120	»	24800	12800	44,1	66,9
0,037	43	0,36	120	»	18600	6600	42,5	47,1
0,044	50	0,42	120	»	15200	3200	37,8	33,2
0,050	68	0,57	120	»	14000	2000	35,0	25,7
0,060	78	0,65	120	»	13000	1000	27,4	17,8
0,070	88	0,73	120	»	12460	460	21,7	13,1
0,080	98	0,82	120	»	12250	250	17,9	10,0
0,090	108	0,90	120	»	12215	150	14,9	7,9
0,100	118	0,98	120	»	12090	90	12,7	6,4

β) Nackte Röhren,  $l = 100$  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	1,03	30	10800	17600	6800	36,7	28,28
0,031	37	1,23	30	»	13200	2400	34,2	18,40
0,037	43	1,43	30	»	12000	1200	28,5	12,91
0,044	50	1,66	30	»	11400	600	23,2	9,13
0,050	68	2,26	30	»	11240	440	22,29	7,07
0,060	78	2,60	30	»	11040	240	17,33	4,91
0,070	88	2,93	30	»	10913	113	14,06	3,61
0,080	98	3,26	30	»	10867	67	11,79	2,76
0,090	108	3,60	30	»	10842	42	10,04	2,14
0,100	118	3,93	30	»	10828	28	6,59	1,77

γ) Gut umkleidete Röhren,  $l = 100$  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	12,2	0,10	120	12000	36100	24100	40,11	102,9
0,031	13,4	0,11	120	»	23400	11400	39,02	66,9
0,037	14,6	0,12	120	»	17300	5300	37,00	47,1
0,044	16,0	0,13	120	»	14600	2600	31,32	33,2
0,050	19,6	0,16	120	»	13450	1450	25,16	25,7
0,060	21,6	0,18	120	»	12610	610	20,13	17,8
0,070	23,8	0,20	120	»	12290	290	15,37	13,1
0,080	25,6	0,21	120	»	12150	150	12,05	10,0
0,090	27,6	0,23	120	»	12090	90	9,70	7,9
0,100	29,6	0,24	120	»	12040	40	8,00	6,4

δ) Gut umkleidete Röhren,  $l = 100$  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	12,2	0,41	30	10800	14400	3600	30,61	28,28
0,031	13,4	0,44	"	"	12200	1400	23,84	18,40
0,037	14,6	0,48	"	"	11400	600	18,29	12,91
0,044	16,0	0,53	"	"	11070	270	13,69	9,13
0,050	19,6	0,65	"	"	10960	160	11,54	7,07
0,060	21,6	0,72	"	"	10870	70	8,40	4,91
0,070	23,6	0,79	"	"	10833	33	6,45	3,61
0,080	25,6	0,85	"	"	10818	18	5,12	2,76
0,090	27,6	0,92	"	"	10810	10	4,14	2,18
0,100	29,6	0,98	"	"	10806	6	3,513	1,77

Aus den gegebenen Tabellen ist zunächst (was hier nebensächlich) zu ersehen, welchen hohen Werth eine gute Röhrenhülle in Bezug auf Dampferparnis 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 101 u. 102 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, dass man den Dampfleitungen oft eine erheblich grössere Dampfmenge überliefern muss, als die am Bestimmungsorte geforderte ist. Die Frage, welche Mittel zu ergreifen sind, um die grossen Dampfverluste zu mindern, beantwortet die Formel 100 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	37000	38500	1500	28,2	36,0
100	0,031	13,4	0,11	120	37000	37870	870	25,5	23,4

Eine Erhöhung der Endspannung des Dampfes  $p_2$  auf 37000 kg oder 2,7 Atmosphären Ueberdruck vermindert den Reibungswiderstand in gut eingehüllten 25 mm weiten Röhren von 24100 auf 1500 kg für 1 qm, ermöglicht also, die verlangten 120 kg Dampf mittels einer nur 25 mm weiten Röhre zu fördern.

Für den gewöhnlichen Gebrauch sind die Gleichungen unbequem. Es ist nun gefunden<sup>116)</sup>, dass für geringen Spannungsverlust derselbe nach dem Integral der Gleichung 87

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

sich berechnet und für das Dampfgewicht  $\gamma$  der mittlere Werth desselben eingesetzt werden darf.

In der Entfernung  $x$  vom Endpunkte der Leitung beträgt die in der Röhre sich bewegende Dampfmenge  $Q$  Kilogr., welche schliesslich in jeder Stunde abgeliefert werden soll, vermehrt um die Menge  $\frac{V}{l} x$  Kilogr., welche von der bezeich-

116) Siehe: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 718.

neten Stelle bis zum Endpunkte der Leitung noch verloren geht.  $V$  bezeichnet hierbei den gefamnten stündlichen Dampfverlust innerhalb der Röhrenlänge  $l$ .

Es ist fomit in der Entfernung  $x$  vom Ende der Leitung die secundliche Dampfgeschwindigkeit

$$v = \frac{4}{D^2 \pi} \left( Q + \frac{V}{l} x \right) \frac{1}{3600 \gamma} \dots \dots \dots 103.$$

Führt man diesen Werth in Gleichung 87 ein, so erhält man

$$d\rho = 0,0015 \gamma \frac{dx}{D} \left[ \frac{4}{D^2 \pi} \left( Q + \frac{V}{l} x \right) \frac{1}{3600 \gamma} \right]^2 \dots \dots \dots 104.$$

oder, wenn man statt  $D$  (in Met.)  $d$  (in Centim.) einsetzt und die Zahlenwerthe zusammenzieht,

$$\int_{\rho = \rho_2}^{\rho = \rho_1} d\rho = \frac{1,876}{\gamma d^5} \int_{x=0}^{x=l} \left( Q + \frac{V}{l} x \right)^2 dx,$$

sonach

$$\rho_1 - \rho_2 = \frac{1,876}{\gamma d^5} \left( Q^2 + QV + \frac{V^2}{3} \right) l \dots \dots \dots 105.$$

Würde im Klammerausdruck dieser Gleichung statt  $\frac{V^2}{3}$  der Werth  $\frac{V^2}{4}$  stehen, so würde ersterer  $\left( Q + \frac{V}{2} \right)^2$  bedeuten. Es ist nun  $\frac{V^2}{3}$  um  $\frac{1}{12}$  größer als  $\frac{V^2}{4}$ ;  $V$  ist wohl immer kleiner, als  $Q$ , also  $\frac{V^2}{12}$  höchstens  $\frac{1}{36}$  des gefamnten Klammerwerthes. Man wird daher unbedenklich den letzteren durch  $\left( Q + \frac{V}{2} \right)^2$  ersetzen können, zumal, wenn man gleichzeitig statt der Vorziffer 1,876 die einfachere 1,9 einsetzt.

Der Spannungsabfall durch Reibungswiderstände, also derjenige einer geraden oder nach großen Krümmungshalbmessern gebogenen Röhre beträgt fomit

$$\rho_1 - \rho_2 = \frac{1,9 l}{\gamma d^5} \left( Q + \frac{V}{2} \right)^2 \dots \dots \dots 106.$$

Aus dieser Gleichung ist nun zu sehen, das man zu demselben Ergebnisse gekommen sein würde, wenn man für die in der Leitung zu fördernde Dampfmenge deren Durchschnittsbetrag, das arithmetische Mittel der Anfangsmenge und der schliesslich abgelieferten, in Rechnung gesetzt hätte.

Man gelangt auf gleichem Wege zu dem Ergebnisse, das auch die durch scharfe Ablenkungen des Stromes entstehenden Widerstände — so fern dieselben auf die ganze Länge  $l$  im Wesentlichen gleichartig vertheilt sind — auf diese mittlere Dampfmenge  $Q + \frac{V}{2}$  bezogen werden können.

Diese Widerstände (vergl. Art. 178, S. 161) betragen

$$\Sigma \xi \cdot \gamma \frac{v^2}{2g} = \frac{0,8}{\gamma d^4} \Sigma \xi \left( Q + \frac{V}{2} \right)^2, \dots \dots \dots 107.$$

sonach die Gesamtwiderstände, indem man die Werthe aus 106 u. 107 zusammenzählt,

$$\rho_1 - \rho_2 = (1,9 l + 0,8 d \Sigma \xi) \frac{\left( Q + \frac{V}{2} \right)^2}{\gamma d^5} \dots \dots \dots 108.$$



Hieraus leitet sich die am Ende zur Ablieferung gelangende Dampfmenge  $Q$  ab zu

$$Q = \sqrt{\frac{(\rho_1 - \rho_2) \gamma d^5}{1,9 l + 0,8 d \Sigma \xi}} - \frac{V}{2} \dots \dots \dots 109.$$

Will man statt der stündlich gelieferten Dampfmenge  $Q$  (in Kilogr.) mit der gleichwerthigen Wärmemenge  $W$  rechnen, so ist statt  $Q$  einzusetzen  $\frac{W}{w}$ , wenn  $w$  die Wärmemenge bedeutet, die 1 kg Dampf liefert (siehe auch Kap. 10, unter c, 3).

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 Strahler auf die zu bewegende Flüssigkeit wirken läßt, oder endlich, indem man feste Flächen zum Fortschieben der zu bewegenden Flüssigkeiten verwendet. Ein fünftes Mittel, welches zur Bewegung des Dampfes verwendet wird und lediglich die Erzeugung der erforderlichen Dampfspannung bedingt, bedarf nur der Erwähnung.

187.  
Mittel.

1) 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 ausschließen, oder sie kann bis zur Aenderung desselben, so daß die elastische Flüssigkeit tropfbar wird oder umgekehrt, getrieben werden.

188.  
Auftrieb  
durch Er-  
bezw.  
Entwärmung.

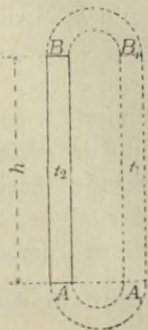
Vorerst mag die Rede sein von dem durch mässige Er-, bezw. Entwärmung hervorgebrachten Auftrieb.

Nach Formel 84 u. 85 ist derselbe

für Luft:  $\mathfrak{A} = p = 0,004 (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 110.$

» Wasser:  $\mathfrak{A} = p = 0,004 (t_2^2 - t_1^2) \dots \dots \dots 111.$

Fig. 79.



Zu denselben Formeln gelangt man, wenn man den Canal der Fig. 79 sich, wie durch Punktirung angedeutet, durch einen U-förmig gebogenen Canal zu sog. »communicirenden Röhren« vervollständigt denkt, bei welcher die oberen Oeffnungen beider Canalschenkel unter gleichem Druck stehen, sei es, daß sie hier einem und demselben Atmosphärendruck ausgesetzt sind, sei es, daß sie auch oben mit einander verbunden sind.

Vermöge der Kraft  $\mathfrak{A}$  wird, wenn  $t_2 > t_1$  ist, die  $t_2$  Grad warme Flüssigkeit emporsteigen und über den Rand  $B$  des Canales oder der Röhre  $AB$  (Fig. 79) abfließen, während zu gleicher Zeit in der Röhre  $A_1B_1$  oder dem diese ersetzenden Raume die  $t_1$  Grad warme Flüssigkeit niederfinkt. Soll dieser Umlauf dauernd erhalten bleiben, so muß offenbar bei  $A$  eine Erwärmung von  $t_1$  auf  $t_2$ , bei  $B_1$  eine Abkühlung von  $t_2$  auf  $t_1$  stattfinden. Der betreffende Temperatur-Austausch kann längs eines größeren Theiles der Höhe  $h$  stattfinden, oder auch innerhalb eines sehr kleinen Theiles derselben. Im letzteren Falle ist die in Rechnung zu

stellende Höhe  $h$  ohne Weiteres zu finden; im ersteren Falle muß sie noch gefucht werden.

Die Erwärmung erfolge bei  $A$  (Fig. 79) mittels einer Heizfläche  $ab$  (Fig. 80 u. 81). Die wärmeabgebende Flüssigkeit habe die Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$ , welche 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  $abc a_1$  dargestellt sein, in welcher  $aa_1 = t_1$ , d. h. gleich der Anfangs-Temperatur,  $bc = t_2$ , d. h. gleich der End-Temperatur ist. Der Verlauf der Linie  $a_1c$  ist ein verschiedener. Sobald die beiden wärmeaus-tauschenden Flüssigkeiten in entgegengesetzter Richtung sich bewegen (Fig. 80, Gegenstrom), so kann der Sonderfall eintreten, daß  $T_2 - t_1 = T_1 - t_2$  und in derselben Weise der Temperatur-Unterschied längs der ganzen Höhe  $h_1$  unverändert bleibt;

Fig. 80.

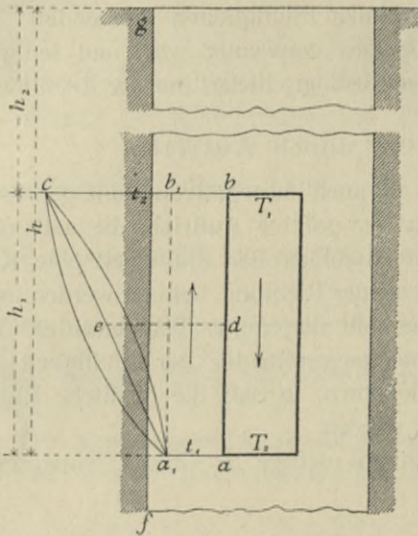
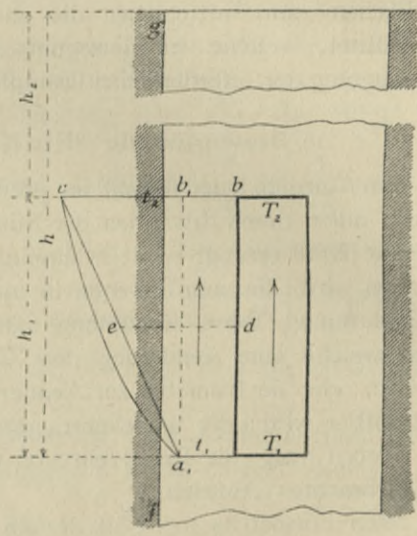


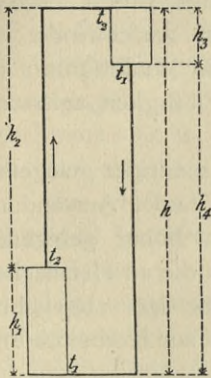
Fig. 81.



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

Bei Gleichstrom (Fig. 81) ist der Temperatur-Unterschied bei  $b$  immer kleiner, als bei  $a$ , eben so, wenn  $T$  unverändert bleibt (Einstrom); folglich muß in diesen beiden Fällen die krumme Linie  $a_1c$  immer auf die linke Seite der geraden Linie fallen. Wenn man daher bei Berechnung des Auftriebes innerhalb der Höhe  $h_1$  annimmt, daß  $a_1c$  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  $\frac{t_1 + t_2}{2}$ , bezw. das

Fig. 82.



Einheitsgewicht der in der Höhe  $h_1$  befindlichen Flüssigkeit gleich

$$1,3 - 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \text{ für Luft}$$

und

$$1000 - 0,004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} \text{ für Wasser}$$

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. 82), 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. 82 eigen ist, folgender Ausdruck gewonnen wird.

Für Luft:

$$\mathfrak{A} = h_3 \left( 1,3 - 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) + h_4 (1,3 - 0,004 t_1) - h_1 \left( 1,3 - 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) - h_2 (1,3 - 0,004 t_2) = 0,004 \left[ (h_1 - h_3) \frac{t_1 + t_2}{2} + h_2 t_2 - h_4 t_1 \right],$$

und, da  $h_1 - h_3 = h_4 - h_2$ , endlich

$$\mathfrak{A} = 0,002 (h_4 + h_2) (t_2 - t_1); \dots \dots \dots 112.$$

für Wasser:

$$\mathfrak{A} = h_3 \left( 1000 - 0,004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} \right) + h_4 (1000 - 0,004 t_1^2) - h_1 \left( 1000 - 0,004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} \right) - h_2 (1000 - 0,004 t_2^2) = 0,004 \left[ (h_1 - h_3) \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} + h_2 t_2^2 - h_4 t_1^2 \right]$$

$$\mathfrak{A} = 0,002 (h_4 + h_2) (t_2^2 - t_1^2) \dots \dots \dots 113.$$

Erwähnenswerth ist der besondere Fall, daß  $h_3 = h_1$ , fomit  $h_2 = h_4$  ist. Alsdann entfällt, wenn man  $h_2 = h_4 = h =$  der lothrechten Entfernung der Mitten beider Flächen setzt

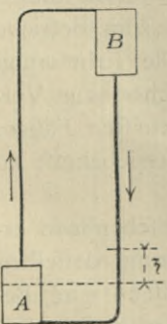
$$\text{für Luft: } \mathfrak{A} = 0,004 h (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 114.$$

$$\text{« Wasser: } \mathfrak{A} = 0,004 h (t_2^2 - t_1^2) \dots \dots \dots 115.$$

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 fowohl, 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.

Fig. 83.



Das mit Hilfe der Gleichungen 112 bis 115 gewonnene  $\mathfrak{A}$  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  $A$  (Fig. 83) den Dampferzeuger,  $B$  den Wärmestrahler; der Dampf strömt nach oben, während das gebildete Wasser zum Dampferzeuger zurückkehrt. In der Rücklaufföhre wird nun nothwendigerweise der Wasserpiegel

189.  
Auftrieb  
bei Dampf-  
heizungen.

um eine Gröfse  $s$  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 es ist zulässig, die Wasserfäule  $s$  (in Millim.) der Summe der Widerstände, welche beim Umlauf der Flüssigkeit auftreten, gleich zu setzen.

190.  
Benutzung  
des  
Auftriebes.

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 Temperatur-Unterschiede bringen dagegen genügende Kräfte hervor. Man ist sonach in der Benutzung des Auftriebes, so weit derselbe durch Temperaturänderung der frischen Luft hervorgebracht wird, von den zufälligen Temperaturen des Freien abhängig, weshalb auf diesem Wege keine zuverlässige Lüftung hervorgebracht werden kann.

191.  
Sauglüftung.

Indem man die aus dem zu lüftenden Raume abzuführende Luft erwärmt und in einen entsprechend hohen Schlot treten läfst, kann man ohne Schwierigkeit einen Auftrieb erzeugen, welcher nicht allein die Widerstände in diesem Abführungs-Canal 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- oder Lockschornsteine, wohl auch Saugeffen oder Saugfchlote, und die Art des Lüftens Lüftung durch Saugen oder Aspiration. Es wird von denselben weiter unten eingehender die Rede sein.

## 2) Bewegungen der Luft durch den Wind.

192.  
Werthschätzung  
dieses Mittels.

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 für Zwecke der Reinigung unserer Häuser zu bedienen, wie es zum Betriebe der Windmühlen und zum Forttreiben der Schiffe benutzt wird. 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.

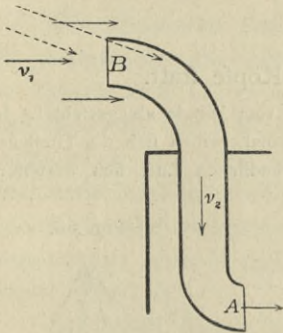
Wenn man beachtet, welche aufmerksame Bedienung durch Menschenhand erforderlich ist, um die Unregelmäßigkeiten des Windes für die Benutzung desselben bei Windmühlen und Segelschiffen in erträglichem Mafse auszugleichen, eine Bedienung, welche die Benutzung desselben für Lüftungszwecke zu einer recht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

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 für den vorliegenden Zweck 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 die Luftleitungsröhre  $AB$  (Fig. 84) mit ihrem Ende  $B$  so gegen den Wind richtet, daß die Windrichtung mit der Axe des offenen Röhrenendes zusammenfällt.

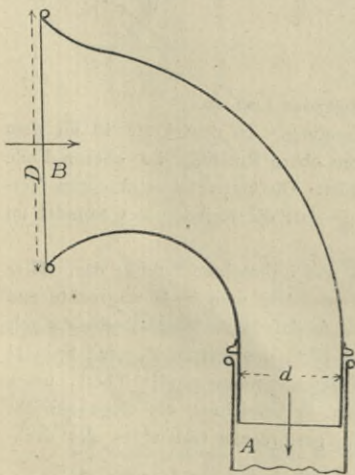
Fig. 84.



Würden der Bewegung der Luft in der Röhre  $AB$  und eben so an der Mündung  $A$  keine Hemmnisse bereit, 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  $B$  der Röhre hinzu.

Um eine größere Geschwindigkeit  $v_2$ , als die durch Fig. 84 wiedergegebene Einrichtung gestattet, hervorzubringen, erweitert man die Mündung  $B$  der Röhre trichterförmig, wie Fig. 85 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, in welchem Ausdrücke  $m_1$

Fig. 85.



die Masse der auf den Durchmesser  $D$  treffenden Luft,  $m_2$  die Masse derjenigen Luftmenge bezeichnet, welche die Röhrenweite  $d$  durchströmt. Die in Fig. 85 dargestellte Form hat nebenbei noch den Vortheil, bei wechselnder Neigung des Windes gegen die Wagrechte, welche (wie in Fig. 84 punkirt angedeutet) bei der erstgenannten Anordnung die Wirksamkeit schwächt, den Zutritt des Windes zu erleichtern.

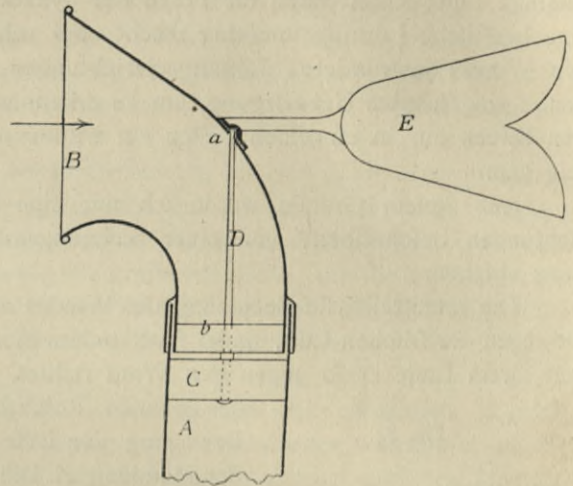
Der trichterförmig erweiterte Kopf  $B$  ist in der festen Röhre  $A$  drehbar, um die Mündung der wechselnden Windrichtung folgen lassen zu können. Das entsprechende Einstellen erfordert regelmäßige Beaufsichtigung; man findet den Kopf in Fig. 85 deshalb fast nur auf Schiffen, wo das Richten des Kopfes Seitens der Mannschaft gelegentlich befohrt wird, und bei Eisenbahnzügen, deren Geschwindigkeit meistens größer ist, als diejenige des Windes, so daß die hier zur Verwendung kommende gegenläufige Geschwindigkeit der Luft angenähert der Fahrtrichtung ent-

gegen gerichtet ist, also die Einstellung des Kopfes nur selten erforderlich wird.

Der Kopf, welchen Fig. 86 im lothrechten Schnitt darstellt, dreht sich selbstthätig nach dem Winde.

Zu dem Ende ist mit der festen Röhre *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, am Fuß 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. 86.



Das Abfaugen der Luft findet mit Hilfe ähnlicher Köpfe statt.

Beim Kopf in Fig. 87 ist die Mündung *B* der Luftröhre *AB* vom 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 am entgegengesetzten Ende der Leitung die Luft durch die Leitung treibt. In Folge des Zusammenstossens der mit der Geschwindigkeit  $v_2$  die Mündung *B* verlassenden Luft mit dem Winde, welcher sich mit der größeren Geschwindigkeit  $v_1$  bewegt, entstehen, aufser 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 Gröfse der Geschwindigkeit  $v_1$  und dem soeben erwähnten Verluft durch Wirbelungen, sondern auch von der Gröfse der Berührungsfläche zwischen bewegter und zu bewegender Luft ab.

Der Kopf in Fig. 87 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 der mit der festen Röhre *A* verbundenen engen Röhre *c* Stützung findet. Die Spitze *d* nebst deren Verbindungstück dient zur Gewichtsausgleichung des drehbaren Kopfes, so daß die Reibung der Spindel im Halslager eine möglichst geringe ist.

Fig. 88 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 der festen Röhre *A* ist, mit Hilfe des Steges *C*, eine Spindel 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. 87.

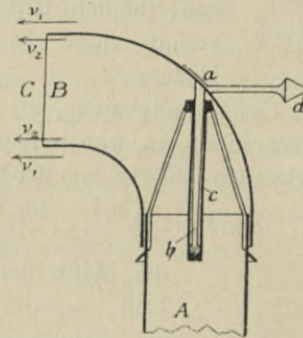


Fig. 88.

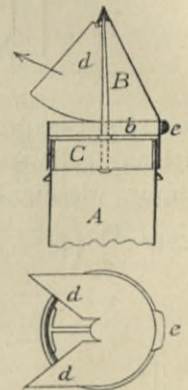
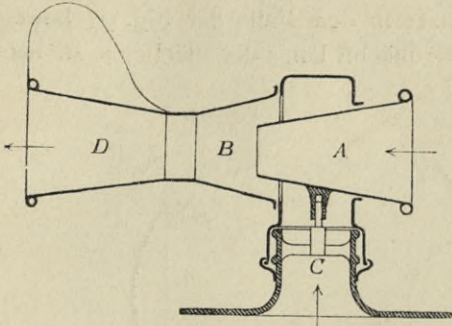


Fig. 89.



Luftfauget von Körtling.

In vorteilhafterer Weise, als bei den beschriebenen Köpfen, wird die lebendige Kraft durch den Körtling'schen Saugkopf<sup>117)</sup> (Fig. 89) ausgenutzt.

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

Unter vielen ähnlichen Saugköpfen nenne ich hier noch diejenigen von *Banner*<sup>118)</sup>.

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 ausgefressen, indem die Oberflächen derselben verrosten und der Rost leicht abgerieben wird. Man hat deshalb die Zapfen und Lager häufig aus Glas oder Quarz angefertigt, 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, auch Ein-, bezw. Auslenker.

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

Fig. 90 veranschaulicht einen festen Kopf im lothrechten Schnitt und Grundriss, welcher bei jeder Richtung des Windes letzteren in

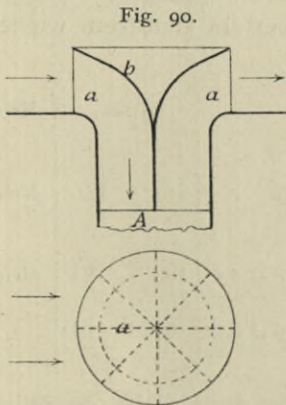


Fig. 90.

den zu leitenden Raum lenken soll. Im oberen erweiterten Theile der Röhre *A* sind Wände *a* angebracht, welche sich an den als 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*, bezw. die Wände *a* trifft, wird derselbe nach unten abgelenkt. Gleichzeitig faugt, in früher erörterter Weise, der am Kopf vorbeiströmende Wind an den vom Winde ab, hier rechts liegenden Oeffnungen. Da indeffen die Saugwirkung geringer ausfallen wird als die Druckwirkung, so vermag der absteigende Luftstrom unter Verlust eines Theiles seiner Geschwindigkeit die Saugwirkung zu überwinden, so daß die Luft der Röhre *A* thatächlich die abwärts gerichtete Bewegung ausführt; die Leistung des Kopfes kann jedoch niemals groß sein.

Ein Luftstrom, welcher winkelrecht gegen eine ebene Fläche *AB* (Fig. 91) 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. 91, geneigt gegen eine solche, wie in Fig. 92, oder gegen er-

117) Vergl.: REDEK. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. für Hannover 1854, S. 307.

118) Siehe: *Iron*, Bd. 8, S. 424; Bd. 15, S. 307.

habene oder hohle Flächen, wie in Fig. 93, führt. Vielfach wird jedoch die Saugwirkung an den Rändern der Flächen überschätzt; in dem Falle der Fig. 93 bewegt sich die auf die Fläche *AB* treffende Luft zwar zunächst längs der Fläche, z. B. nach

Fig. 91.

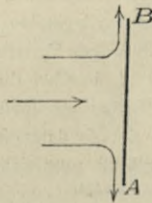


Fig. 92.

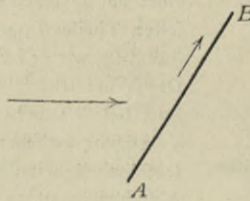
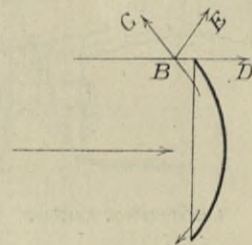


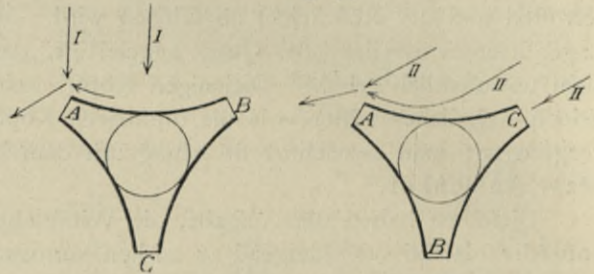
Fig. 93.



dem Punkte *B*; in Folge anderer Windtheile, welche am Rande der in Rede stehenden Fläche vorbei zu strömen suchen, wird aber die Richtung abgelenkt.

Die Saugwirkung des dreieckigen Kopfes, dessen Einrichtung die wagrechten Schnitte in Fig. 94 veranschaulichen, ist daher ziemlich gering, so lange der Wind im Sinne der Pfeile *I* gegen denselben trifft, indem 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 einblasen wird. Der in Rede stehende Saugkopf, so wie seine Abarten sind sonach wenig zu empfehlen; ich begnüge mich daher, in Bezug auf derartige Köpfe auf die unten angezogene Quelle <sup>119)</sup> zu verweisen.

Fig. 94.



Vortheilhafter ist die Wir-

kung der einfachen, außen glatten Röhre (Fig. 95), so lange der Wind winkelrecht oder gegen die lothrechte Röhre in steigender Richtung trifft. *Wolpert* <sup>120)</sup> giebt folgende Versuchsergebnisse, welche gewonnen wurden, indem ein Luftstrom winkelrecht gegen eine lothrechte Röhre geführt wurde:

Röhrenweite .	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 in der Röhre	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:															
einzel . . .	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				0,66		

Die einfache Röhre wird untauglich, sobald, was häufig der Fall ist, der Wind in nach unten geneigter Richtung gegen dieselbe stößt.

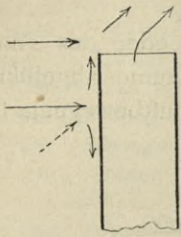
Der *Wolpert'sche* Saugkopf (Fig. 96) ist für alle möglichen Windrichtungen geeignet, eine, wenn auch geringere Saugwirkung zu erzeugen. In den gemauerten Schacht *A* ist die Röhre *B* gesteckt, welche den hohlen Drehkörper *C* und schließlich die Deckplatte *D* trägt. Der wagrechte Wind (ausgezogene,

<sup>119)</sup> BOYLE. *Iron*, Bd. 11, S. 552 — ferner: BANNER. *Iron*, Bd. 13, S. 308.

<sup>120)</sup> Siehe: *Zeitschr. f. Biologie* 1877, S. 406.



Fig. 95.

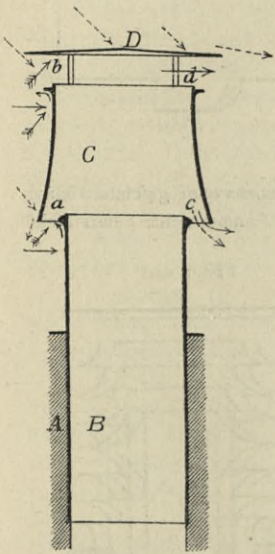


einfache Pfeile) hemmt an den Stellen *a* und *b* der ringförmigen Spalte das Eintreten desselben, während er bei *c* und *d* faugend wirkt; der nach unten geneigte Wind (punktirte Pfeile) faugt bei *d*, *a* und *c*, während — je nach der Neigung des Windes — ein Theil desselben bei *b* in den Kopf einzudringen 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>121)</sup>.

Die einfache Röhre ist in der Zusammenstellung, welche Fig. 98 wiedergibt, ebenfalls zur Benutzung solchen Windes geeignet, welcher nicht winkelrecht gegen dieselbe flößt.

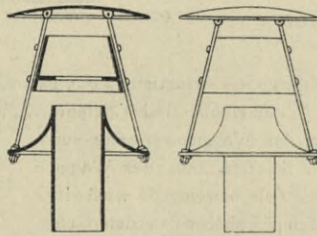
Beispielsweise bringt die (durch punktirte Pfeile angedeutete) Windrichtung ein Saugen bei *a* und *c* hervor, während von der Oeffnung *b* aus ein Theil des Windes nach der Saugröhre *A* zu gelangen

Fig. 96.



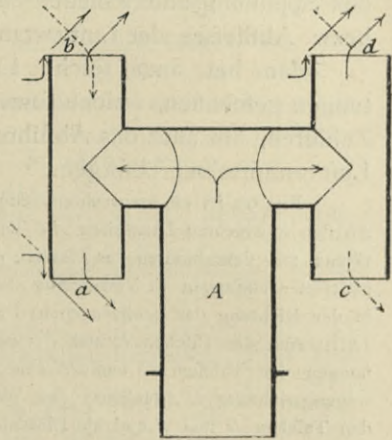
Luftfänger von Wolpert.

Fig. 97.



Saugkappe von Brüning.

Fig. 98.



vermag. Der winkelrecht gegen die Röhre stoßende Wind (ausgezogene Pfeile) faugt an den vier Oeffnungen *a*, *b*, *c* und *d*. — Knigar in Hannover hat eine größere Zahl der lothrechten Röhren *a b*, bezw. *c d* rings um die Saugröhre *A* angebracht<sup>122)</sup>; jedoch liegen keine Versuchsergebnisse über die Leistung des Kopfes vor.

Günstig wird auch Brüning's Saugkappe beurtheilt<sup>123)</sup>, welche Fig. 97 in Schnitt und Ansicht darstellt. Einer Erläuterung bedarf die Abbildung nicht.

<sup>121)</sup> Die Ergebnisse der durch Wolpert selbst mit dem beschriebenen Kopf angestellten Veruche sind, nach voriger Quelle, folgende:

Röhrenweite.	Windrichtung.	Windgeschwindigkeit.		Luftgeschwindigkeit in der Röhre B.				Verhältniß			
								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	0,37	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	0,67		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>122)</sup> Siehe: Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gwbe. 1880, S. 372.

<sup>123)</sup> Siehe: Deutsche Bauz. 1883, S. 174 — ferner: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 674.

Hierher gehören noch die Kappen von *Hanel*<sup>124)</sup>, *Keidel*<sup>125)</sup> und die besonders für Eisenbahnwagen bestimmte von *Born*<sup>126)</sup>.

Die besprochenen Köpfe vermitteln entweder das Einblasen oder das Ausfaugen 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 Blasköpfe, vermitteln die andere Aufgabe dadurch, daß sie im zugehörigen Raume eine niedrigere oder höhere Spannung, als diejenige der freien Luft, hervorbringen und vermöge des Spannungsunterschiedes das Zu-, bezw. Abfließen der Luft veranlassen.

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

Fig. 99 ist ein wagrechter Schnitt durch eine derartige, auf einen Eisenbahnwagen gefetzte Haube. An den lothrechten Langseiten *AB* und *CD* der Haube sind Taschen *E, F, G, H* angebracht, deren Hohlräume mit dem Inneren der Haube, bezw. 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 Taschen *E* und *F* einblasen, während an den Oeffnungen der Taschen *G* und *H* eine Saugwirkung eintritt. Die Bewegungsrichtung *II* (punktirt) des Wagens veranlaßt ein Saugen an den Taschen *E* und *F* und ein Einblasen durch die Taschen *G* und *H*.

*Römheld's* Kopf<sup>127)</sup> stellt Fig. 100 in lothrechtem Schnitt dar.

Der untere Theil dient zum Einblasen der Luft; sie bewegt sich in einem Canal ringförmigen Querschnittes nach unten; der obere Kopftheil vermittelt gleichzeitig das Abfaugen durch die Mittelröhre.

*Huber's* Saug- und Blaskopf<sup>128)</sup> ist mit dem beschriebenen nahe verwandt.

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

Fig. 99.

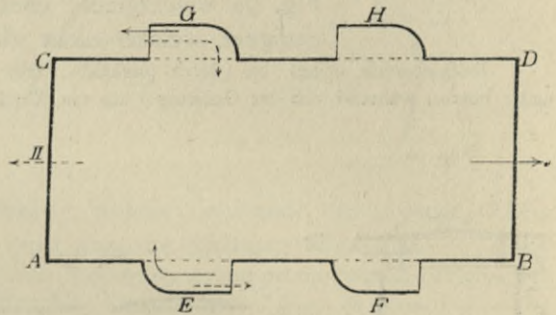
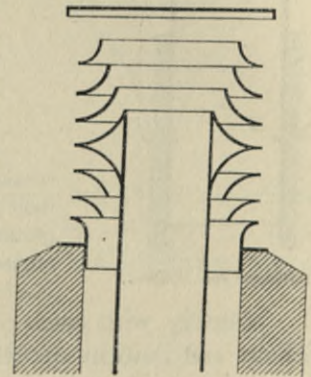


Fig. 100.



Saugkopf von Römheld.

## Literatur

über »Saug- und Blasköpfe«.

- REDER, Effenkopf. Notizbl. 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*). Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1859, S. 21.

124) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 228, S. 376.

125) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 170.

126) Siehe: Gefundh.-Ing. 1883, S. 51.

127) Siehe: Deutsche Bauz. 1884, S. 332.

128) Siehe: Gefundh.-Ing. 1883, S. 472.

- KNOBLAUCH. Schornstein-Auffatz von PETERS zur Abführung des Rauches unabhängig von Wind und Luftströmungen. *Zeitschr. f. Bauw.* 1860, S. 620.
- FISHER. Schornsteinkappe. *Engineer*, Bd. 11, S. 5.
- Ueber die Formen der Schornsteine und Schornsteinkappen. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1862, S. 43. *Le cone préserveur. Appareil gradué servant à coiffer les faites de cheminée. Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 19.
- Schornsteinköpfe, Kappen. *Builder* 1862, S. 96.
- GRÄFF. Schornsteinauffätze. *Polyt. Centralbl.* 1863, S. 772.
- ELBERG. Schornsteinköpfe zur Erhaltung des Zuges bei regnerischem und windigem Wetter. *Scient. American*, Bd. 7, S. 384.
- SWEET. Schornsteinauffatz zur Verhinderung des Rauchens. *Scient. American*, Bd. 10, S. 264.
- HASE. Ueber den Muir'schen Lüftungsapparat. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1866, S. 225.
- BERNE. Schornsteinauffatz. *Engineer*, Bd. 21, S. 213.
- EULER, F. *Wolpert's* Rauch- und Luftfauget. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1869, S. 323.
- WOLPERT. Verbesserung der Feuerungs-, Ventilations- und Beleuchtungs-Apparate durch den Rauch- und Luftfauget. *Zeitschr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver.* 1869, S. 54. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1869, S. 156.
- WOLPERT. Rauch- und Luftfauget für Schornsteine, Laternen etc. *Maschin.-Confé.* 1869, S. 219. *Polyt. Centralbl.* 1869, S. 855.
- Schornsteinkappen. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 53; 1868, S. 135, 347; 1870, S. 113.
- JACKSON'S *chimney terminal.* *Engineer*, Bd. 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 KALLENSEE. *Polyt. Journ.*, Bd. 250, S. 325.
- VOGDT. *Hanel's* neuer Schornsteinauffatz. *Polyt. Journ.*, Bd. 228, S. 376.
- KRIGAR, H. Rauch- und Luftfauget (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.* *Scient. American*, Bd. 43, S. 275.
- BOYLE'S *chimney cowl.* *Iron*, Bd. 16, S. 399. *Building news*, Bd. 39, S. 614.
- Einfacher Kaminhut. *Baugwks.-Ztg.* 1881, S. 587.
- BARTLETT'S Schornsteinhut. *Polyt. Journ.*, Bd. 239, S. 115.
- Ueber die Ausmündung der Rauch- und Ventilations-Rohre und deren Abdeckung. *Deutsche Bauz.* 1883, S. 174.
- Ventilations-Apparat für Eisenbahnwagen. *Gefundh.-Ing.* 1883, S. 53.
- Ein Angriff auf die Ventilationskappen. *Gefundh.-Ing.* 1883, S. 107.
- Neue Schornstein-Abdeckung. *Deutsche Bauz.* 1884, S. 24. *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1884, S. 10. *Baugwks.-Ztg.* 1884, S. 28.
- BERNAU, E. Schornstein-Abdeckung. *Deutsche Bauz.* 1884, S. 99.
- Schornstein-Abdeckung. *Baugwks.-Ztg.* 1884, S. 261.
- Rauchhut von J. KEIDEL. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1885, S. 170.
- Schornstein-Aufbaue. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1885, S. 21.

### 3) Strahlapparate oder Strahler.

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

Anders ist es mit Luft-, Dampf- und Wasserstrahlbläsern zur Bewegung der Luft. Erstere wurden zuerst im Großen für die Pariser Weltausstellung des Jahres 1867 von *Piarron de Mondésir* ausgeführt und haben späterhin wiederholt Verwendung gefunden<sup>129)</sup>.

*Mondésir* führt z. B. mittels der Röhre *A* (Fig. 101) die gespannte Luft zur Düse *a*. Der gebildete Luftstrahl trifft auf die Luft der Röhre *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 verhältnismäßig kleineren Raum ein und gestatten die Pumpen, die zum Hervorbringen der Spannung dienen, eine solche Steigerung derselben, daß größere Bewegungshindernisse, also größere Geschwindigkeiten im Röhrennetz der gespannten Luft zulässig werden. Alles zusammen genommen ermöglicht kleine Querschnitte für das soeben genannte Röhrennetz; man vermag daher von der Betriebsstelle aus verhältnismäßig bequem die Betriebskraft auf eine große Zahl von Stellen zu vertheilen; man vermag an diesen Stellen Luft des Freien einzufaugen oder gebrauchte Luft auszuwerfen, also trotz gemeinschaftlicher unabhängiger Triebkraft das Canalnetz für die Luft-Ab- und -Zuleitung in einzelne kürzere Theile zu zerlegen.

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

Die *Green'schen* Düsen (Fig. 102) haben die Aufgabe, die Regelung der Spannung selbständig zu vermitteln. Die Röhre *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 in der Röhre *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 Federspannung vermag man aber dem gegen *d* wirkenden Luftdruck einen veränderlichen Widerstand entgegen zu setzen, d. h. man vermag die Luftausströmung den Verhältnissen anzupassen.

Lediglich zum Abfugen der Luft ist das *Körting'sche* Strahlgebläse<sup>131)</sup> verwendbar. Dasselbe ist indess zu geräuschvoll, als daß es für Wohnräume, Versammlungssäle u. f. w. verwendbar wäre. Für die Lüftung der Bergwerke soll es häufig gebraucht werden.

Fig. 101.

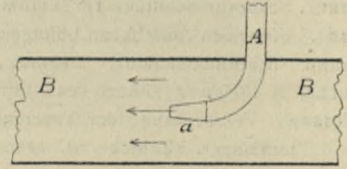
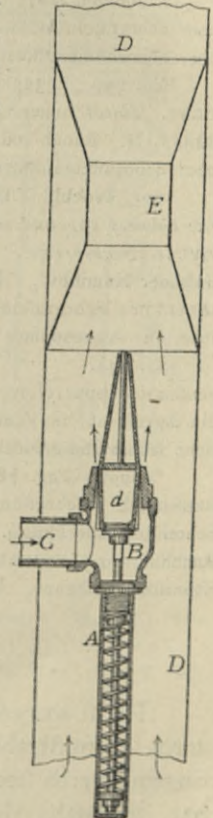


Fig. 102.

Düse von *Green*<sup>130)</sup>.

129) Vergl. PIARRON DE MONDÉSIR & LEHAITRE. *Communication relative à la ventilation par l'air comprimé*. Paris 1867 — ferner: PIARRON DE MONDÉSIR. *Ventilation par l'air comprimé*. Paris 1876 — endlich: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 16. — *Bulletin de la société industrielle de Mulhouse* 1877, S. 5. — *Scient. American* 1880, Febr., S. 86. — *Deutsche Bauz.* 1867, S. 481. — *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1868, S. 46. — *Iron*, Bd. 19, S. 639; Bd. 20, S. 1.

130) *Scient. American*, Bd. 42, S. 86.

131) *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1875, S. 662.

Wasserstrahlbläser zum Bewegen der Luft sind für kleinere Verhältnisse verwendet worden<sup>132)</sup>; ihre Nutzleistung ist gering, weshalb ihr Gebrauch nur gerechtfertigt werden kann, wenn man gleichzeitig Luftanfeuchtung beabsichtigt.

4) Bewegung durch feste Flächen.

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

199.  
Flügelbläser.

Für kleine Drücke  $p$  (etwa bis 8 kg für 1 qm aufwärts) sind die Windflügel oder Schraubenbläser (Fig. 103) zu empfehlen.

Fig. 103.

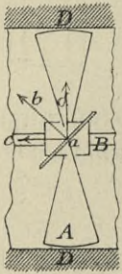
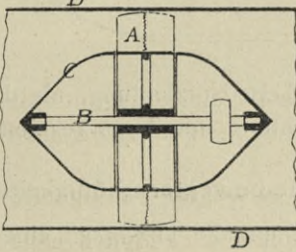


Fig. 104.



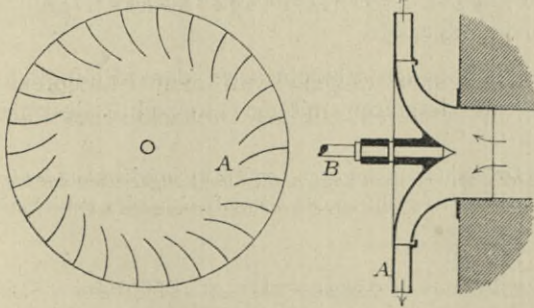
Die Flügel derselben sind schräg gegen die Drehachse gestellt oder haben, was zweckmäßiger ist, die schraubenförmige Gestalt. Indem dieselben gegen die Luft drücken, veranlassen sie die letztere, winkelrecht gegen die Flügelfläche auszuweichen, welche Bewegung  $ab$  zerlegt werden kann in die nützliche  $ac$ , 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 Leitschaukeln angewendet<sup>133)</sup>.

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 durch Fig. 104 angegebene Einrichtung.

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 allmählig 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.

Fig. 105.



Für größere Drücke  $p$  (bis 150 kg für 1 qm aufwärts) dürfte der Schleuderbläser oder der Centrifugal-Ventilator (Fig. 105 u. 106) unbedingten Vorzug vor dem vorhin genannten verdienen.

200.  
Schleuderbläser.

Die Luft strömt in der Richtung der Drehachse  $B$  ein, durchströmt das Flügelrad  $A$  bis zu dessen Umfang und gelangt in tangentialer Richtung zum Abfluß. 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 in das Gewicht fallen.

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

$$N = \frac{1}{100000} Q p \dots \dots \dots 116.$$

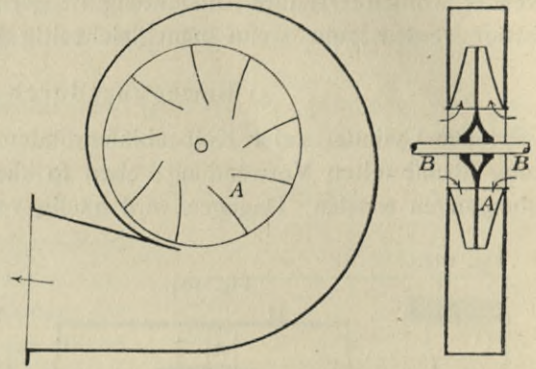
132) D.R.-P. Nr. 13492 u. 14827.

133) Siehe: Verh. d. nieder-öst. Gwbver. 1862, S. 359. — Mith. d. Gwbver. f. Hannover, 1862, S. 313.

Da die Anwendung der Bläfer besondere Maschinenanlagen bedingt, die Hinzuziehung eines Maschinenkundigen bei Entwurf einer derartigen Anlage daher unerlässlich ist, so darf ich mich darauf beschränken, in Bezug auf weitere Rechnungen und Einrichtungen auf die unten genannten Quellen zu verweisen<sup>134)</sup>.

Zu erwähnen sind an dieser Stelle noch die Flügelbläfer, bezw. Flügel-fauger, auf deren Achse ein von der Wasserleitung zu betreibendes Kreisrad angebracht ist. Ihnen ist eine weit größere Nutzleistung, als den Wasserstrahlbläfern eigen; dabei lässt sich die Luftanfeuchtung mit ihnen regelbar verbinden<sup>135)</sup>.

Fig. 106.



### e) Messen der Geschwindigkeit bewegter Flüssigkeiten.

201.  
Verfahren.

Es ist nicht selten erwünscht — sei es, um die Thätigkeit einer Heizungs- und Lüftungs-Anlage 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, welcher Flüssigkeitsraum in einer bestimmten Zeit die Röhrenleitung durchfließt, und aus diesem auf die Geschwindigkeit geschlossen wird, oder indem der Druck, welchen die bewegte Flüssigkeit auf eine feste Fläche ausübt, als Maß der Geschwindigkeit dient, oder endlich indem die Geschwindigkeit auf die Flügel eines Rades, dessen Umdrehungszahl die Größe derselben ausdrückt, übertragen wird.

#### 1) Uebertragen der Geschwindigkeit auf die Flügel eines sich drehenden Rades.

202.  
Flügelrad.

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

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 muss, wenn ein Stofs vermieden werden soll,

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

sein.  $n$  bedeutet die Zahl der Umdrehungen des Rades in der Minute. Für ein und dasselbe  $V$  soll selbstverständlich dasselbe  $n$  erhalten werden; sonach muss, da  $\frac{\pi}{30}$  unveränderlich ist, auch  $\frac{\zeta}{\operatorname{tg} \alpha}$  eine unveränderliche Größe 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,

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

<sup>134)</sup> 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 Exhaustoren. 2. Aufl. Berlin 1878.

<sup>135)</sup> D.R.-P. Nr. 24 445. — Siehe auch: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 605.

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

$$V = a + bn + cn^2 + \dots$$

gegeben und bestimmt für jedes Geräth 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 Röhrenstrecken zulässig ist. Eben so müssen die Gestelltheile des Rädchens so gestaltet sein, daß sie möglichst wenig zur Hemmung des Flüssigkeitsstromes beitragen — in dieser Beziehung werden oft recht grobe Fehler gemacht — und die beobachtenden Personen sich in demselben Sinne aufstellen. Letztere Forderung bedingt, daß man das Zählwerk aus größerer Entfernung mit dem Rädchen in Verbindung bringen oder dasselbe ausschalten kann, was entweder durch Benutzung einer Zugchnur oder besser durch einen Elektro-Magnet 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 regelmässig gestalteten Canal nicht gleich; ein und derselbe Querschnitt läßt 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 gleichmäßige Bewegung der Luft, so daß man Zeit hat, das eine oder die wenigen verfügbaren Windrädchen nach einander an verschiedenen Punkten eines Querschnittes aufzustellen. Es liegt auf der Hand, daß 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.

*Robinson's* Geschwindigkeitsmesser, welcher aus vier mittels Arme an einer leicht drehbaren Welle befestigten halbkugelförmigen Schalen besteht und dadurch in Umdrehung versetzt 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 sog. 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>136)</sup>; Pulverrauch empfiehlt sich zur Beobachtung größerer Luftmengen.

## 2) Messen des Druckes, welchen der Stofs 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 zum Einheitsgewicht der Flüssigkeit.

203.  
Anemometer.

204.  
Gestofsene  
Flächen.

<sup>136)</sup> Vergl.: RECKNAGEL, G. Ueber ein zu Geschwindigkeitsmessungen an Luftströmen geeignetes Instrument. WIRDMANN'S Annalen 1878, S. 149.

Bezeichnet  $\mathfrak{A}$  eine Werthziffer, welche von der Natur und GröÙe 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:

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

Ein sehr einfach scheinendes Mittel zum Messen des Druckes  $P$  ist die Pitot'sche Röhre<sup>137)</sup>. Zwei Röhren liegen bis zu der Stelle, an welcher die Geschwindigkeit gemessen werden soll, lothrecht neben einander; hier endet die eine mit freiem Querschnitt, während die andere rechtwinkelig 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 der mit Biegung versehenen Röhre höher, als in der anderen; der Höhenunterschied bezeichnet die GröÙe 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 Messröhren mit Quecksilber, zur Beobachtung der Luftgeschwindigkeit mit Wasser füllt. Die geringen Geschwindigkeiten, welche in den Leitungen der Heizungs- und Lüftungs-Anlagen vorkommen, bringen nur einen geringen Druckunterschied hervor, so daß es nöthig wird, die zum Ablefen dienenden Enden der Röhren 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 vom Geräth beherrscht wird, so entsteht eine Stauung der bewegten Flüssigkeit, die zu Seitenbewegungen und Wirbelungen derselben führt.

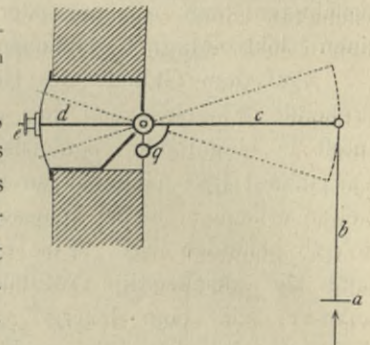
Andere lassen den Strom, dessen Geschwindigkeit gemessen werden soll, möglichst winkelrecht gegen eine Platte flossen, die mit einem belasteten Hebel derart verbunden ist, daß der Grad des Ausschlags dieses letzteren die GröÙe des Druckes  $P$  anzeigt<sup>138)</sup>. Solche schon im vorigen Jahrhundert bekannte Einrichtungen 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.

Fig. 107 stellt einen Luftgeschwindigkeitszeiger für einen lothrechten Canal im Schnitt dar.

$a$  bezeichnet eine ebene Platte, die mittels eines Drahtes  $b$  am doppelarmigen Hebel  $cd$  hängt. Am Ende  $d$  dieses Hebels ist eine Mutter  $e$  zum Andrücken einer Zeigerplatte benutzt, welche mit letzterer und dem linksseitigen Hebelende die rechtsseitige Hebelhälfte nebst Platte  $a$  im Gleichgewicht hält, so lange bewegte Luft nicht auf  $a$  wirkt. Ein Gewicht  $g$  hängt, wenn der Hebel in mittlerer Lage sich befindet, mitten unter der Drehachse des letzteren. Jede nach oben gerichtete Luftströmung giebt dem Zeiger bei  $e$  einen Ausschlag nach unten, jede entgegengesetzte einen solchen nach oben. Das Ganze ist so an einem gußeisernen Kasten angebracht, daß man es leicht herausnehmen kann.

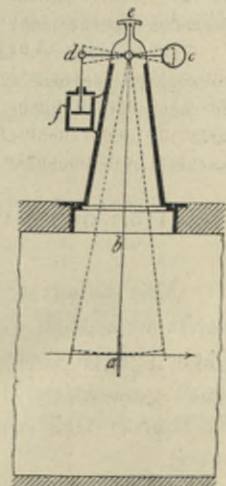
Um fortwährendes Pendeln des Hebels zu verhüten, verbindet man letzteren wohl mit einer in Wasser, Oel oder dergl.

Fig. 107.



Luftgeschwindigkeitszeiger.

Fig. 108.



Luftgeschwindigkeitszeiger.

<sup>137)</sup> Vergl.: RÜHLMANN, M. Hydromechanik. 2. Aufl. Braunschweig 1880. S. 367.

<sup>138)</sup> Vergl. ebendaf., S. 367, 369 — ferner: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880. S. 246.



spielenden Scheibe. Dies ist bei dem Luftgeschwindigkeitszeiger für wagrechte Canäle, welchen Fig. 108 darstellt, vorgesehen.

Die Platte *a* ist hier mit dem Hebel *b* fest verbunden; ihr Gewicht fucht diesen in der lothrechten Lage zu erhalten. *b* ist an einer wagrecht gelagerten Welle befestigt, welche in einiger Entfernung von *b* den Hebel *cd* trägt; an der erwähnten Welle ist auch der Zeiger *e* befestigt. An *d* hängt nun ein Kolben, welcher in dem mit Oel oder einer anderen geeigneten Flüssigkeit gefüllten Gefäße *f* spielt.

### 3) Messen des durch eine Leitung strömenden Flüssigkeitsraumes.

Die betreffenden Einrichtungen finden ausschließlich zum Messen des Leuchtgases (Gasuhren) oder des Wassers (Wassermesser) Verwendung. Zum Messen des Wassers, welches eine Wasserheizungs-Anlage durchläuft, dürfte nur der Wassermesser von *Rosenkranz*<sup>139)</sup> brauchbar sein, da dieser verhältnißmäßig sehr geringe Widerstände bietet. Leider ist das Messen der wirklich eintretenden Wassergeschwindigkeiten in Heizungsleitungen bisher nicht gebräuchlich, was wohl die großen Widerstände der meisten Wassermesser zur Ursache hat, welche möglicherweise die geringe bewegende Kraft dieser Leitungen vollständig aufzehren können, sie jedenfalls erheblich beeinträchtigen. Die Anbringung solcher Wassermesser würde in Verbindung mit Thermometern die Prüfung und Beurtheilung der betreffenden Anlagen wesentlich erleichtern.

In Bezug auf Gasuhren verweise ich auf *Rühlmann's* unten<sup>140)</sup> näher bezeichnetes Werk und auf Art. 38 (S. 40). Solche Raum-Messgeräthe, welche zum Messen des Wassers<sup>141)</sup> und des Gases dienen, würden, entsprechend umgeformt, auch zum Messen des Dampfes benutzt werden können. Mir sind jedoch dem entsprechende Einrichtungen nicht bekannt; bis jetzt bestimmt man die Dampfmenge, bezw. Dampfgeschwindigkeiten nach dem Druckunterschiede und dem Ausströmungsquerschnitt (*Birdfill Holly*) oder nach der Menge des Niederschlagswassers<sup>142)</sup>.

207.  
Messen  
des  
Raumes.

## Literatur

über »Luftgeschwindigkeitsmesser«.

- RÜHLMANN. Ueber Windgeschwindigkeitsmesser. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1862, S. 26.  
 RÜHLMANN. Ueber Anemometer, besonders das von *Adie*. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1863, S. 109.  
 Polyt. Centralbl. 1863, S. 1266.  
 BARTHOLD. Anemometer zum Messen des Zuges bei Heiz- und Kochöfen. Deutsche Bauz. 1869, S. 221.  
 SCHEURER-KESTNER. *Appareil pour la mesure du tirage dans les cheminées. Bulletin de la soc. ind. de Mulh.*, Bd. 41, S. 429. Polyt. Journ., Bd. 206, S. 448. Polyt. Centralbl. 1874, S. 105.  
 RÜHLMANN, M. Allgemeine Maschinenlehre. Bd. 1. 2. Aufl. Braunschweig 1875. S. 135.  
 ARON. Zugmesser. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1092.  
 BARTHOLD. Die Zugverhältnisse der Heiz- und Kochöfen. Deutsche Bauz. 1876, S. 221.  
 WOLPERT. Ueber Anemometer. Maschin.-Constr. 1876, S. 276. Deutsche Bauz. 1876, S. 235.  
 WOLPERT, A. Das Flügel-Anemometer. Zeitschr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876-77, S. 36.  
 Ein recht praktisches Anemometer und die Ventilationsrichtungen im hiesigen Zellengefängnisse. Hannov. Wochbl. f. Hand. u. Gwbe, 1878, S. 131.  
 Anemometer von *Negretti u. Zambra*. Rohrleger 1878, S. 93.  
 FRESE. Das Anemometer und seine Anwendung zur Bestimmung der Geschwindigkeit bewegter Luft. Gefundh.-Ing. 1881, S. 23.  
 Luftgeschwindigkeitsmesser von *E. Rosenkranz* und *H. Tromp* in Dortmund. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 349.

<sup>139)</sup> Beschreibung desselben in: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1874, S. 245.

<sup>140)</sup> RÜHLMANN, M. Allgemeine Maschinenlehre. 2. Aufl. Bd. 1. Braunschweig 1875. S. 149-156.

<sup>141)</sup> Die Literatur über »Wassermesser« siehe Kap. 13 dieses Bandes.

<sup>142)</sup> Ueber Dampfmesser vergl.: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 278.

## 8. Kapitel.

## Canäle für Luft und Rauch.

(Luft-Canäle, Rauch-Canäle, Lock- und Rauchfornsteine.)

## a) Abmessungen.

208.  
Luft-Canäle.

Aus der Gegenüberstellung der Widerstände der Bewegung und der Kraft der bewegendem Mittel gewinnt man ohne Weiteres die zweckmäßigsten, bezw. zulässigen Abmessungen der Canäle. Es mag das Verfahren, welches einzuschlagen ist, an der Hand einiger Beispiele näher erörtert werden.

209.  
Heizung  
mit Lüftung.

Der Raum *C* (Fig. 109) soll von *A* aus mit frischer Luft versorgt werden. *A* ist eine im Freien liegende Oeffnung; von ihr aus soll die Luft, ohne ihre Temperatur  $t_1$  zu verändern, zunächst um  $h_1$  nach unten steigen, dann in einem  $l_1$  langen Canal wagrecht fortgeführt werden, um in die Heizkammer *B* zu gelangen, wofelbst die Erwärmung auf  $t_3$  Grad erfolgt. Die mittlere Temperatur der Luft ist (vergl. Art. 188, S. 172) in der Heizkammer  $\frac{t_1 + t_3}{2}$ ;

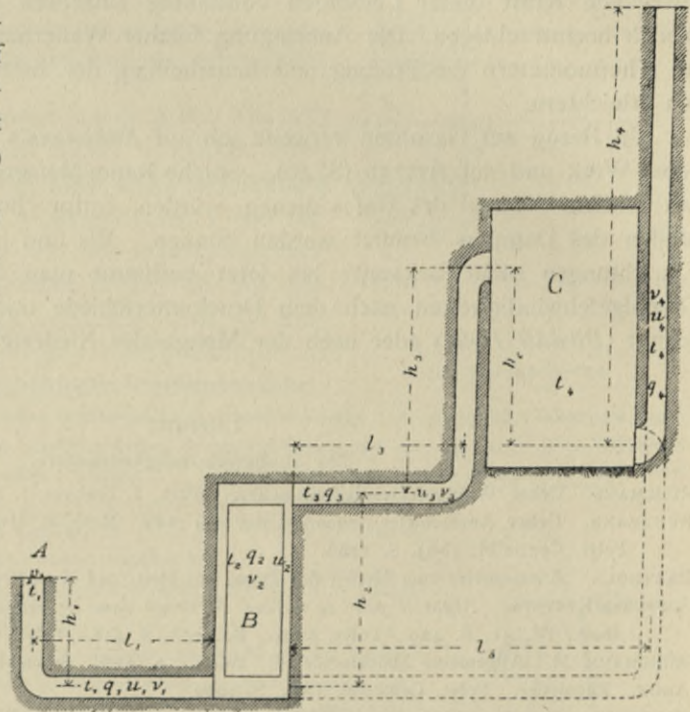
die mittlere Geschwindigkeit sei  $v_2$ , der freie Querschnitt  $q_2$  und der Umfang desselben  $u_2$ . Die erwärmte Luft durchströmt nunmehr den wagrechten Canal, welcher  $l_3$  lang ist, und den lothrechten  $h_3$  hohen Canal, dessen freier Querschnitt  $q_3$  mißt, und gelangt durch das Gitter in den Raum *C*. Der Einfachheit der Rechnung halber soll zwischen Heizkammer *B* und Zimmer *C* keine Temperatur-

änderung, auch keine Aenderung des Canalquerschnittes, also der Werthe  $q_3$ ,  $u_3$  und  $v_3$  stattfinden; nur das Ausströmungsgitter verlangt eine Querschnittserweiterung, welcher durch den Ausdruck für den durch diese veranlaßten Widerstand Rechnung getragen werden soll. Aus *C* soll die Luft mittels eines nahe über dem Fußboden mündenden lothrechten Canales, der  $h_4$  Meter hoch ist, abgeführt werden.

Es soll, um jeden Luftwechsel durch Thüren, Fenster und Wände so viel als möglich zu vermeiden, der Druck der Luft in der Mitte zwischen der Zuluft- und Abluftöffnung innerhalb des Zimmers *C* gleich demjenigen des Freien sein.

Der für die Zufuhr der Luft verfügbare Auftrieb ist nach Gleichung 80, bezw. 84, da in dem ersten lothrechten Theile der Leitung die Temperatur  $t_1$  der Luft gleich

Fig. 109.



derjenigen des Freien angenommen werden muß, und die Temperatur  $t_4$  des Zimmers angenähert innerhalb der Höhe  $h_c$  unveränderlich bleibt,

$$\mathfrak{A} = (h_2 + h_3) (1,3 - 0,004 t_1) - h_2 \left( 1,3 - 0,004 \frac{t_1 + t_3}{2} \right) - h_3 (1,3 - 0,004 t_3) - \frac{h_c}{2} (t_4 - t_1) 0,004$$

$$\mathfrak{A} = 0,004 \left[ \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2} h_c \right] \dots \dots \dots 117.$$

Diesem Auftrieb sind die folgenden Widerstände gegenüber zu stellen (vergl. die Gleichungen 72 bis 78 einschl.), wenn  $\alpha = 0,0006$ , die Werthziffer für Krümmungen = 0,4 und diejenige der Gitterwiderstände = 1 gesetzt und  $\frac{1}{v}$  gegen 20 vernachlässigt wird:

$$\mathfrak{B} = \gamma \left( 20 \alpha l \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 118.$$

Die genaue Rechnung erfordert nun, diese Widerstände in einzelnen Gruppen einzuführen, nämlich:

$$\mathfrak{B}_1 = \gamma_1 \left( 20 \alpha l_1 \frac{u_1}{q_1} + \Sigma \xi_1 \right) \frac{v_1^2}{2g}; \quad \mathfrak{B}_2 = \gamma_2 \left( 20 \alpha l_2 \frac{u_2}{q_2} + \Sigma \xi_2 \right) \frac{v_2^2}{2g} \dots \dots \dots 119.$$

u. f. w. Sind erhebliche Verschiedenheiten der Luftgeschwindigkeiten aus irgend welchen Gründen in Aussicht genommen, so wird man dem betreffenden umständlichen Verfahren nicht aus dem Wege gehen können. Man setzt alsdann jenes  $\mathfrak{A}$  (Gleichung 117) der Summe aller  $\mathfrak{B}_1$  (Gleichung 119) gleich und gelangt unter vorläufiger Annahme des  $\frac{u}{q}$  und  $v$  zu einem Urtheile darüber, ob die beiden letzt-erwähnten Ausdrücke zutreffend gewählt worden sind oder nicht.

In der Regel sind die  $v$  nicht sehr verschieden von einander, so daß man in sämmtliche Theile des  $\mathfrak{B}$  einen mittleren Werth für  $v$  einsetzen kann. Eben so kann man für  $\gamma$  einen mittleren Werth annehmen, da dasselbe nur in Verbindung mit den durch Schätzung bestimmten Werthziffern für den Widerstand auftritt. Als- dann wird

$$\mathfrak{A} = \mathfrak{B},$$

$$0,004 \left[ \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2} h_c \right] = \gamma \left( 20 \alpha l \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g},$$

oder

$$v = \sqrt{\frac{0,004 \cdot 19,6}{\gamma}} \sqrt{\frac{\left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - h_c \frac{t_4 - t_1}{2}}{20 \alpha l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \dots \dots \dots 120.$$

In dieser Gleichung soll für  $\gamma$  der Werth 1,254 eingesetzt werden, was einer mittleren Temperatur von 12 Grad entspricht;  $\alpha$  war zu 0,0006 fest gesetzt; also ist  $20 \alpha = 0,012$ , und es entsteht

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{\left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - h_c \frac{t_4 - t_1}{2}}{0,012 l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \dots \dots \dots 121.$$

Dies ist das  $v$ , welches erreicht werden kann. Ist nun die Aufgabe gestellt, stündlich eine bestimmte Luftmenge  $\mathcal{Q}$  (in Kilogr.) in das Zimmer zu fördern, so ist

$$\mathcal{Q} = 3600 v q (1,3 - 0,004 t) \dots \dots \dots 122.$$

oder

$$v_1 = \frac{\mathcal{Q}}{3600 q_1 (1,3 - 0,004 t_1)} \text{ u. s. w. } \dots \dots \dots 123.$$

Soll mittels der Luftmenge dem Zimmer  $C$  eine bestimmte Wärmemenge  $W$  geliefert werden, so ist

$$W = \mathcal{Q} \cdot 0,24 (t_3 - t_4)$$

oder

$$\mathcal{Q} = \frac{W}{0,24 (t_3 - t_4)} \dots \dots \dots 124.$$

in Rechnung zu setzen.

Man hat nun mit den so gewonnenen Werthen für  $v$ , welche die Aufgabe verlangt, diejenigen zu vergleichen, welche nach Gleichung 121 zu erreichen sind und, wenn eine Uebereinstimmung nicht stattfindet, für die Ausdrücke, welche zu letzteren führten, andere Werthe zu wählen.

Für den meistens vorliegenden Fall, daß man sich mit der Berechnung des Mittelwerthes von  $v$  begnügt, also im Einklang mit Gleichung 121, liegen für das verlangte  $v$  die Ausdrücke vor

$$v = \frac{\mathcal{Q}}{3600 q (1,3 - 0,004 t)}, \dots \dots \dots 125.$$

bezw.

$$v = \frac{W}{0,24 (t_3 - t_4) 3600 q (1,3 - 0,004 t)}, \dots \dots \dots 126.$$

in welche man für  $t$  denjenigen Werth einzusetzen hat, welcher dem betreffenden  $q$  entspricht.

Die in diesen Gleichungen vorhandenen Größen sind zum Theile durch örtliche Verhältnisse gegeben. Hierhin gehören die Höhen  $h_1$  bis  $h_c$ , so wie die Längen  $l_1$  und  $l_3$ . Andere müssen angenommen werden. Die Temperatur der freien Luft  $t_1$  ist wechselnd; für den Fall, daß man weniger Werth auf die Zuführung einer bestimmten Luftmenge, als auf das Heranschaffen einer verlangten Wärmemenge legt, wird man für  $t_1$  die niedrigste der vorkommenden Temperaturen einsetzen, weil, wenn diese herrscht, die größte und berechnete Wärmemenge  $W$  verlangt wird. Soll dagegen eine bestimmte Luftmenge  $\mathcal{Q}$  zugeführt werden, so hat man sich zu entscheiden, bis zu welcher Temperatur  $t_1$  des Freien die Leistung noch verlangt wird, und diese Temperatur für die Berechnung zu benutzen.

Die Temperatur  $t_3$  ist, wie früher erörtert wurde, behuf einer möglichst gleichmäßigen Temperatur des Zimmers nicht sehr hoch zu wählen; neuere vortrefflich arbeitende Heizungs-Anlagen benutzen selbst während der strengsten Kälte höchstens 40 Grad. Die Temperatur  $t_4$  ist selbstverständlich gegeben.

Die Factoren  $\frac{u}{q}$  sind nicht allgemein zu behandeln; der kreisförmige und der quadratische Querschnitt gewähren noch eine einfache Beziehung; die rechteckigen Querschnitte dagegen, welche meistens Verwendung finden, sind nur für jeden einzelnen Fall zu berechnen. Zur Erleichterung der Rechnung möge die neben stehende Tabelle dienen.

Werthe  $\frac{u}{q}$  für kreisförmige, quadratische und rechteckige Canal-Querchnitte.

Kreisförmiger Querchnitt.				Quadratischer Querchnitt.				Rechteckiger Querchnitt.							
Weite.	$u$	$q$	$\frac{u}{q}$	Weite.	$u$	$q$	$\frac{u}{q}$	Querchnitt.	$u$	$q$	$\frac{u}{q}$	Querchnitt.	$u$	$q$	$\frac{u}{q}$
0,150	0,471	0,0177	26,6	0,150	0,6	0,0225	26,6	0,14 × 0,14	0,56	0,0196	28,6	0,40 × 0,79	2,388	0,3160	7,53
0,175	0,549	0,0240	22,9	0,175	0,7	0,0306	22,9	» × 0,27	0,82	0,0378	21,7	» × 0,92	2,64	0,3680	7,17
0,200	0,628	0,0314	20,0	0,200	0,8	0,0400	20,0	» × 0,40	1,08	0,0560	19,3	» × 1,05	2,80	0,4200	6,90
0,25	0,785	0,0491	16,0	0,25	1,0	0,0625	16,0	» × 0,52	1,34	0,0742	18,0	0,53 × 0,83	2,12	0,3809	7,55
0,30	0,942	0,0707	13,3	0,30	1,2	0,0900	13,3	» × 0,66	1,60	0,0924	17,3	» × 0,86	2,38	0,3498	6,80
0,35	1,099	0,0962	11,4	0,35	1,4	0,1225	11,4	» × 0,79	1,86	0,1106	16,8	» × 0,79	2,64	0,4187	6,30
0,40	1,257	0,1256	10,0	0,40	1,6	0,1600	10,0	» × 0,92	2,12	0,1288	16,5	» × 0,92	2,90	0,4876	5,95
0,45	1,414	0,1590	8,89	0,45	1,8	0,2025	8,89	» × 1,05	2,38	0,1470	16,2	» × 1,05	3,16	0,5565	5,68
0,50	1,57	0,196	8,00	0,50	2,0	0,2500	8,00	0,37 × 0,27	1,08	0,0729	14,8	0,66 × 0,86	2,64	0,4356	6,06
0,55	1,73	0,237	7,27	0,55	2,2	0,3025	7,27	» × 0,40	1,34	0,1080	12,4	» × 0,79	2,90	0,5214	5,56
0,60	1,88	0,283	6,67	0,60	2,4	0,3600	6,67	» × 0,53	1,60	0,1431	11,2	» × 0,92	3,16	0,6072	5,20
0,65	2,04	0,332	6,15	0,65	2,6	0,4225	6,15	» × 0,66	1,86	0,1782	10,4	» × 1,05	3,42	0,6930	4,94
0,70	2,20	0,385	5,71	0,70	2,8	0,4900	5,71	» × 0,79	2,12	0,2133	9,94	0,79 × 0,79	3,16	0,6241	5,06
0,75	2,36	0,442	5,33	0,75	3,0	0,5625	5,33	» × 0,92	2,38	0,2484	9,58	» × 0,92	3,42	0,7268	4,70
0,80	2,51	0,503	5,00	0,80	3,2	0,6400	5,00	» × 1,05	2,64	0,2835	9,31	» × 1,05	3,68	0,8295	4,43
0,85	2,67	0,567	4,70	0,85	3,4	0,7225	4,70	0,40 × 0,40	1,60	0,1600	10,00	0,92 × 0,92	3,68	0,8464	4,34
0,90	2,83	0,636	4,44	0,90	3,6	0,8100	4,44	» × 0,83	1,86	0,2120	8,77	» × 1,05	3,94	0,9660	4,08
0,95	2,98	0,709	4,21	0,95	3,8	0,9025	4,21	» × 0,66	2,12	0,2640	8,03	1,05 × 1,05	4,20	1,1025	3,81
1,00	3,14	0,785	4,00	1,00	4,00	1,0000	4,00	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Quadr.- Meter.	
Meter.	Meter.	Quadr.- Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.- Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.- Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.- Meter.	

Beispiel. Es sei gegeben:  $v_1 = v_2 = v_3$ ;  $t_1 = -20$  Grad;  $\gamma_1 = 1,38$ ;  $h_1 = 1,5$  m;  $l_1 = 6,2$  m;  $t_3 = +40$  Grad;  $\gamma_3 = 1,14$ ;  $h_2 = 2,4$  m;  $h_3 = 2,2$  m;  $l_3 = 0$ ;  $t_4 = +20$  Grad;  $\gamma_4 = 1,22$ ;  $h_c = 1,9$  m;  $W = 12000$ , und  $\Sigma \xi = 1 + 0,4 + 1 + 1 + 0,4 + 1 = 4,8$ ; ferner werde angenommen:  $q_1 = 0,66$  m  $\times$   $0,66$  m  $= 0,44$  qm;  $\frac{u_1}{q_1} = 6$ ;  $q_2 = 0,5$  qm;  $u_2 = 7$  m;  $\frac{u_2}{q_2} = 14$ ;  $q_3 = 0,66$  m  $\times$   $0,79$  m  $= 0,52$  qm;  $\frac{u_3}{q_3} = 5,56$ .  
 Alsdann wird verlangt

$$v = \frac{12000}{0,24 (40 - 20) \cdot 3600 \cdot 0,52 \cdot 1,14} = 1,2 \text{ m.}$$

Nach der abgekürzten Gleichung 121 ist zu erreichen

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{(1,2 + 2,2) [40 - (-20)] - 1,9 \cdot 20}{0,012 [(1,5 + 6,2) 6 + 2,4 \cdot 14 + 2,2 \cdot 5,56] + 4,8}}$$

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{204 - 38}{1,1 + 4,8}} = 1,323 \text{ m.}$$

Nach dem genaueren Rechnungsverfahren ergibt sich

$$0,004 \left[ \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2} h_c \right] =$$

$$= \left[ \gamma_1 \left( 20 \times l_1 \frac{u_1}{q_1} + \Sigma \xi_1 \right) + \gamma_2 \left( 20 \times l_2 \frac{u_2}{q_2} + \Sigma \xi_2 \right) + \gamma_3 \left( 20 \times l_3 \frac{u_3}{q_3} + \Sigma \xi_3 \right) \right] \frac{v^2}{2g} +$$

$$0,004 [3,4 \cdot 60 - 20 \cdot 1,9] = \left\{ 1,38 [0,012 \cdot (1,5 + 6,2) 6 + 1 + 0,4 + 1] + \frac{1,14 + 1,38}{2} (0,012 \cdot 2,4 \cdot 14) \right.$$

$$\left. + 1,14 [0,012 \cdot 2,2 \cdot 5,56 + 1 + 0,4 + 1] \right\} \frac{v^2}{19,6},$$

$$v = \sqrt{\frac{0,004 \cdot 166 \cdot 19,6}{1,38 (0,012 \cdot 7,7 \cdot 6 + 2,4) + 1,26 (0,012 \cdot 2,4 \cdot 14) + 1,14 (0,012 \cdot 2,2 \cdot 5,56 + 2,4)}} = 1,323 \text{ m.}$$

Es stimmt also das Ergebnis der genaueren Rechnung im vorliegenden Falle vorzüglich mit demjenigen der abgekürzten Rechnungsweise.

Das zu erreichende  $v$  ist größer als das verlangte; legt man nun sehr großen Werth auf kleine Canalquerschnitte, so hat man versuchsweise für die  $q$  andere Werthe einzusetzen und die Rechnung zu wiederholen u. f. w.

210.  
Heizung  
mit Umlauf.

In vielen Fällen wird für Heizungszwecke von der Erneuerung der Luft abgesehen, vielmehr die Luft des zu beheizenden Raumes der Heizkammer behufs wiederholter Erwärmung zurückgeführt. Man nennt dieses Verfahren Heizung mit umlaufender Luft oder einfach Heizung mit Umlauf, Umlaufsheizung (Circulationsheizung), im Gegensatz zur bisher besprochenen Heizung mit Lüftung, Lüftungsheizung (Ventilationsheizung). In Fig. 109 ist durch punktirte Linien der Rücklauf-Canal angegeben. Der  $h_4$  Meter hohe Canal, so wie der Zuführungs-Canal der frischen Luft sind als abgesperrt zu betrachten oder überall hinweg zu denken.

Die Luft des Rücklauf-Canales ist leichter, als die Luft des Freien; es hat dieselbe daher, da sie nach unten bewegen muß, einen negativen Auftrieb. Um die Bewegung derselben hervorzubringen und zu unterhalten, muß an der in der Heizkammer befindlichen Mündung ein niedrigerer Druck herrschen, als an der im Zimmer  $C$  liegenden Mündung. Dies kann dadurch erreicht werden, daß der Druck im unteren Theile der Heizkammer niedriger, oder derjenige im unteren Theile des Zimmers  $C$  höher als derjenige der freien Luft ist; es kann auch der erforderliche Ueberdruck erzielt werden, indem sowohl der eine als auch der andere der obigen Fälle stattfindet. Jedenfalls muß der erforderliche Druckunterschied durch den positiven Auftrieb der von der Heizkammer zum Zimmer  $C$  emporsteigenden warmen Luft hervorgebracht werden. Man kann nun den positiven, wie den nega-

tiven Auftrieb auf Grund des Vergleiches der Luftgewichte mit dem Gewichte der freien Luft einzeln berechnen und durch Zusammenziehen den verfügbaren Rest des positiven Auftriebes gewinnen, welcher den Widerständen gegenüber zu stellen ist, oder man kann das Canalnetz einschliesslich Heizkammer und zu beheizendem Raume als ein geschlossenes Canalnetz betrachten, so dass der Auftrieb sofort aus dem Vergleich der Luftgewichte des steigenden und des zurückführenden Theiles der Canäle gewonnen wird. Letzteres Verfahren ist einfacher und soll deshalb hier verfolgt werden.

Es liegt hier der durch Fig. 82 (S. 173) verfinnlichte Fall, für den der Auftrieb durch die Gleichung 112 ausgedrückt wurde, vor, wenn die warme Luft durch die Decke des Zimmers oder doch unmittelbar an derselben eintritt, und es ist alsdann zur Bestimmung der Auftriebsgröfse die angezogene Gleichung zu benutzen. In der Regel befindet sich jedoch die Luft-Austrittsöffnung, wie auch in Fig. 109 angedeutet ist, in einiger Entfernung von der Decke, und dann ist Gleichung 112 nicht mehr zutreffend. Die in das Zimmer entweichende warme Luft erhebt sich aus bekannten Gründen sofort zur Decke, giebt dort und auf dem Rückwege bis in die Höhe der Luft-Zufuhröffnung einen Theil ihrer Wärme ab, so dass in dieser Höhe eine Temperatur herrscht, welche nennenswerth niedriger ist, als die Temperatur  $t_3$ . Genau genommen würde man diese Temperatur, wie diejenige  $t_4$  der abfließenden Luft, für jeden einzelnen Fall besonders bestimmen und den (negativen) Auftrieb innerhalb der Höhe  $h_c$  als Theil des ganzen Ausdrucks behandeln müssen. In einzelnen Fällen wird das angedeutete, umständliche Verfahren nicht zu vermeiden sein; für gewöhnlich kann man aber den betreffenden Werth vernachlässigen, da die Temperatur-Abnahme der Luft innerhalb der Höhe  $h_c$  eine geringe ist, und für die Temperatur  $t_4$  der abströmenden Luft die mittlere des Zimmers in Ansatz gebracht wird.

Der Auftrieb für die Umlaufsheizung wird daher für gewöhnlich, wie folgt, genau genug bestimmt.

$$\mathfrak{A} = (h_2 + h_3) (1,3 - 0,004 t_4) - h_2 \left( 1,3 - 0,004 \frac{t_4 + t_3}{2} \right) - h_3 (1,3 - 0,004 t_3),$$

$$\mathfrak{A} = 0,004 \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_4) \dots \dots \dots 127.$$

Die der Luftbewegung sich entgegenstellenden Widerstände betragen nach Gleichung 79 (S. 162)

$$\mathfrak{B} = \gamma \left( 20 \kappa l \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g};$$

sonach ist

$$0,004 \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_4) = \gamma \left( 20 \kappa l \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 128.$$

zu setzen, woraus sich

$$v = \sqrt{\frac{0,004 \cdot 19,6}{1,254}} \sqrt{\frac{\left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_4)}{0,012 l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \dots \dots \dots 129.$$

ergibt, wenn  $\kappa = 0,0006$  und  $\gamma = 1,254$  ( $t = 12$  Grad) gesetzt wird. Der Werth des ersten Wurzelausdruckes ist dann = 0,25. Angesichts der hierdurch gewonnenen Einfachheit darf man, zumal die Gröfse  $\gamma$  nur auf das Rechnungsergebnis der

Widerstände von Einfluss ist, für das wechselnde  $\gamma$  in der Regel den angegebenen festen Werth einsetzen. Es wird dadurch der Ausdruck für die zu erreichende Geschwindigkeit

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right) (t_3 - t_4)}{0,012 l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}}, \dots \dots \dots 130.$$

welcher der Gleichung 121 (S. 189) für Lüftungsheizung ganz ähnlich ist.

Der Werth des verlangten  $v$  ist selbstverständlich hier dem durch Gleichung 126 (S. 190) gegebenen gleich. Auch gilt für die Berechnung der Canäle einer Umlaufheizung dasselbe, was in Art. 209 (S. 188) über diejenige einer Lüftungsheizung gesagt wurde.

Beispiel. Das vorhin für Lüftungsheizung berechnete Beispiel mag nunmehr für Umlaufheizung berechnet werden. Es sei (Fig. 109)  $l_3 = 0$ , d. h. es soll der Rücklaufs-Canal neben dem Warmluft-Canal liegen; ferner sollen die Geschwindigkeiten  $v$  in der Heizkammer, dem Warmluft- und dem Rücklauf-Canal unter sich gleich sein.

Aus dem Vergleich der Gleichung 117 mit Gleichung 127 ergibt sich ohne Weiteres, daß der Auftrieb für die Umlaufheizung erheblich kleiner ist, als derjenige für die Lüftungsheizung. Deshalb möge angenommen werden:

$$q_2 = 0,6 \text{ qm}; \quad u_2 = 7,2 \text{ m}; \quad \frac{u_2}{q_2} = 12;$$

$$q_3 = 0,66 \times 0,92 = 0,6 \text{ qm}; \quad \frac{u_3}{q_3} = 5,2;$$

$$q_4 = 0,66 \times 0,79 = 0,52 \text{ qm}; \quad \frac{u_4}{q_4} = 5,56;$$

alsdann ist das zu erreichende

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{(1,2 + 2,2) (40 - 20)}{1 + 0,012 \cdot 2,4 \cdot 12 + 1 + 0,012 \cdot 2,2 \cdot 5,2 + 0,4 + 1 + 1 + 1 + 0,4 + (2,4 + 2,2 - 1,9) 0,012 \cdot 5,56}} = 0,75,$$

während

$$v = \frac{12000}{0,24 (40 - 20) 3600 \cdot 0,6 \cdot 1,14} = 1 \text{ m}$$

zur Erreichung des Zweckes erforderlich ist. Man muß daher die Canalquerchnitte vergrößern, wenn sonstige Aenderungen in den Vorlagen nicht zulässig sind.

Es werde deshalb angenommen:

$$q_2 = 0,83; \quad u_2 = 8,3; \quad \frac{u_2}{q_2} = 10;$$

$$q_3 = 0,79 \times 1,05 = 0,83; \quad \frac{u_3}{q_3} = 4,43;$$

$$q_4 = 0,79 \times 0,92 = 0,73; \quad \frac{u_4}{q_4} = 4,7,$$

so daß

$$v = \sqrt{\frac{(1,2 + 2,2) (40 - 20)}{0,012 (2,4 \cdot 10 + 2,2 \cdot 4,43 + 2,7 \cdot 4,7) + 5,8}} = 0,82 \text{ m}$$

zu erreichen ist, während beispielsweise für den Querschnitt  $q_3$

$$v = \frac{12000}{0,24 (40 - 20) \cdot 3600 \cdot 0,83 \cdot 1,14} = 0,74 \text{ m}$$

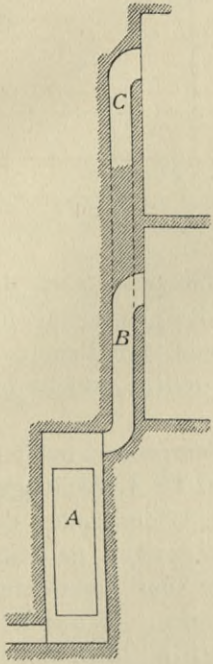
verlangt wird. Benutzt man einen der anderen Querschnitte zur Berechnung des erforderlichen  $v$ , so kommt man zu fast gleichen Ergebnissen; es sind daher die zuletzt gemachten Annahmen reichlich genügend.

Es möge darauf hingewiesen werden, daß für gewöhnlich die Aenderung der Querschnitte auf die zu erreichende Luftgeschwindigkeit von sehr geringem Einfluss ist, indem die Reibungswiderstände bei verhältnismäßig kurzen Canälen den übrigen Widerständen gegenüber eine fast verschwindende Rolle spielen.



Aus dem Ergebniss der Rechnung erfieht man, dafs die Heizungen mit Umlauf grössere Canalquerschnitte oder geringere Luftgeschwindigkeiten bedingen, als die Heizungen mit Lüftung. Vor allen Dingen dürfte aber Jeder, welcher die Rechnung sorgfältig verfolgt, einsehen, dafs mit fog. Faustrechnungen die vorliegende Aufgabe niemals befriedigend gelöst werden kann.

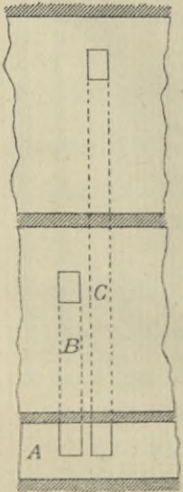
Fig. 110.



Wenn von einer Heizkammer aus mehrere Räume mit Wärme oder von einer Stelle aus durch Auftrieb mehrere Zimmer mit frischer Luft versorgt werden sollen, so wird die Rechnung zusammengesetzter. Man hat dann dafür zu sorgen, dafs an den Stellen, an denen mehrere Canäle in einen Raum, z. B. in die Heizkammer oder einen Hauptcanal, münden, gleiche Drücke herrschen. Soll z. B. die Heizkammer *A* (Fig. 110) zwei Zimmer in verschiedenen Geschossen mit Wärme, bezw. Luft versorgen, so ist offenbar der Auftrieb des Canales *B* geringer, als derjenige des Canales *C*; man mufs deshalb die Widerstände so bemessen, dafs der Auftrieb in *C* in entsprechendem Grade aufgezehrt wird, so dafs der eine Canal den anderen im Bezuge der Luft aus der Heizkammer nicht beeinträchtigt. Ist bei beabsichtigter Leistung der Auftrieb des Canales *C* nach Abzug des Widerstandes erheblich grösser, als der eben so bestimmte Rest des Auftriebes des Canales *B*, so erfährt der Druck in der Heizkammer durch ersteren eine solche Verringerung, dafs die Geschwindigkeit in *B* so weit vermindert wird, bis die erwähnten Auftriebsreste wieder gleich werden, d. h. die Leistungsfähigkeit von *B* verkleinert wird, unter gleichzeitiger Erhöhung der Leistung des Canales *C*. Geeignete Verhältnisse können auf diesem

Wege zum Stillstande der Luft in *B* führen oder gar zum fog. »falschen Gange«, d. h. zur absteigenden Bewegung im Canal *B*. Sobald letztere eingeleitet ist, erhält sie sich selbst, indem der Inhalt des Canales die Temperatur der kälteren Zimmerluft erhält. Dasselbe kann eintreten, wenn, wie Fig. 111 darstellt, die beiden lothrechten Canäle *B* und *C* von einem gemeinschaftlichen Hauptcanale aus mit Luft versorgt werden sollen.

Fig. 111.

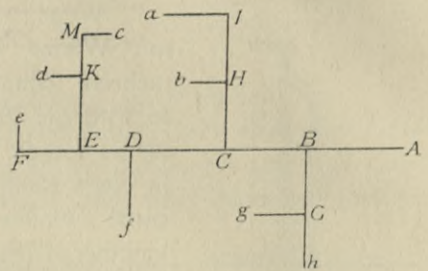


So fern ein anderes Mittel zur Bewegung der Luft verwendet wird, als der Auftrieb, so ist in derselben Weise zu rechnen, wie vorhin gezeigt wurde.

Von dem Punkte *A* (Fig. 112) aus soll nach den Punkten *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* und *h*, welche Punkte in verschiedener Höhe liegen, Luft gefandt werden. Die Luftmengen, so wie die Temperaturen derselben sind bekannt; die Lage des Röhrennetzes ist nach den örtlichen Verhältnissen so gewählt, wie Fig. 112 erkennen läßt. Man berechnet alsdann die Widerstände von einer der Canalmündungen aus rückwärts schreitend bis zu dem Punkte, an welchem der betreffende Canal abzweigt und fährt so schrittweise bis zum Punkte *A* fort. Man sorgt dafür, dafs an den Verzweigungspunkten gleiche Drücke verlangt werden, mufs also die Widerstände, welche bis hierher gefunden waren, nach Umständen entsprechend ver-

größern, bezw. verringern. Beispielsweise mag bei  $c$  begonnen werden. Die Widerstände von  $c$  über  $M$  bis  $K$  werden, nach schätzungsweise Feststellung der Canalquerschnitte und unter Berücksichtigung etwaigen Auftriebes, zu  $\mathfrak{B}_1$  berechnet. Alsdann bestimmt man die Querschnitte in derselben Weise für die Strecke  $dK$ , und zwar so, daß an der Mündungsstelle  $K$  derselbe Widerstand sich ergibt; nunmehr bestimmt man die Widerstände der Luftmengensumme, die bei  $c$  und  $d$  ausströmen soll, nach Wahl der Querschnitte u. s. w. bis  $E$  zu  $\mathfrak{B}_2$  und sorgt dafür, daß die Widerstände von  $e$  über  $F$  bis  $E$  auch gleich  $\mathfrak{B}_1 + \mathfrak{B}_2$  werden u. s. w. Fällt dann die Summe der Widerstände für den Punkt  $A$  größer aus, als die zur Verfügung stehende Kraft, so ist das ganze Verfahren, unter Aenderung der Querschnitte und nach Umständen auch der Lage der Canäle, bezw. der Temperaturen, zu wiederholen, bis das gewünschte Ergebnis vorliegt. Selbstverständlich verfährt man gerade so, wenn vom Punkte  $A$  aus bestimmte Luftmengen durch Oeffnungen abgefaugt werden sollen, welche bei  $a, b \dots h$  sich befinden.

Fig. 112.



212.  
Rauch-Canäle.

Die Bewegungswiderstände in den Rauch-Canälen und Feuerungen müßten, wollte man streng verfahren, eben so berechnet werden, wie hier für Luftleitungen im Allgemeinen auseinandergesetzt wurde. Die Berechnung des Widerstandes der Luft in der Brennstoffschicht ist jedoch fast unmöglich; jedenfalls gewährt sie keine brauchbaren Ergebnisse. Die Rauch-Canalwiderstände sind wegen der Unbekanntheit mit den Temperaturen auch nur sehr unsicher zu bestimmen. Man pflegt deshalb die Widerstände, welche die Luft im Feuer und der Rauch auf dem Wege, längs welchem er den nützlichen Theil der Wärme abgibt, erfährt, auf Grund von Erfahrungen zu schätzen. Weiter unten werden hierüber einige Angaben folgen.

213.  
Rauch-  
schornsteine.

Die Schornsteine, auch Rauchschlote oder Raucheffen genannt, haben die Rauchgase der Feuerungen abzuführen, bezw. den zur Ueberwindung der Widerstände nöthigen Auftrieb hervorzubringen; sie können auf folgende Weise berechnet werden.

Es sei Fig. 113 ein Schornstein, dessen Querschnitt auf der ganzen Höhe gleich bleibt, dessen Höhe  $h$  ist und in dem  $t_2$  Grad warmer,  $\gamma_2$  schwerer Rauch mit der Geschwindigkeit  $v$  sich bewegt. Die Temperatur der freien Luft sei  $t_1$  Grad, das Einheitsgewicht derselben  $\gamma_1$ , und die Bewegungshindernisse bis zum Fusse des Schornsteines seien  $p$ . Alsdann gewinnt man durch Gegenüberstellen des Auftriebes und der Widerstände

$$h(\gamma_1 - \gamma_2) = \gamma_2 \left( 1 + 20 \times h \frac{u}{q} \right) \frac{v^2}{2g} + p \dots 131.$$

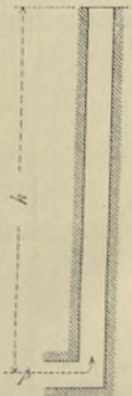
Es ist aber

$$v = \frac{\mathfrak{Q}}{3600 q \gamma_2} \dots 132.$$

wenn  $\mathfrak{Q}$  die stündlich zu fördernde Rauchmenge bezeichnet; sonach

$$h \left( \gamma_1 - \gamma_2 - \gamma_2 \cdot 20 \times \frac{u}{q} \frac{\mathfrak{Q}^2}{3600^2 q^2 \gamma_2^2} \frac{1}{2g} \right) = \gamma_2 \frac{\mathfrak{Q}^2}{3600^2 q^2 \gamma_2^2} \frac{1}{2g} + p,$$

Fig. 113.



und hieraus

$$h = \frac{\mathcal{Q}^2 + 3600^2 q^2 \gamma_2 \rho \cdot 2g}{(\gamma_1 - \gamma_2) (3600^2 q^2 \gamma_2 \cdot 2g) - 20 \kappa \frac{u}{q} \mathcal{Q}^2} \dots 133.$$

Ferner gewinnt man aus Gleichung 131 u. 132

oder  $[h(\gamma_1 - \gamma_2) - \rho] q^2 = \left(1 + 20 \kappa h \frac{u}{q}\right) \frac{\mathcal{Q}^2}{3600^2 \gamma_2} \cdot \frac{1}{2g},$

$$q = \sqrt{\frac{1 + 20 \kappa h \frac{u}{q}}{[h(\gamma_1 - \gamma_2) - \rho] 2g \gamma_2} \cdot \frac{\mathcal{Q}}{3600}} \dots 134.$$

Endlich ist aus den Gleichungen 131 u. 132 abzuleiten, wenn man allgemein die Länge des Rauchweges, von der Stelle anfangend, wo die Widerstände zur Größe  $\rho$  sich angefammelt haben, bis zur Mündung des Schornsteines  $l$  und die innerhalb dieser Länge auftretenden, von Ablenkungen herrührenden Widerstände (vergl. Art. 177, S. 160)  $\Sigma \xi$  nennt,

$$h(\gamma_1 - \gamma_2) = \gamma_2 \left( \Sigma \xi + 20 \kappa l \frac{u}{q} \right) \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{\gamma_2^2} \left( \frac{\mathcal{Q}}{3600 q} \right)^2 + \rho,$$

oder

$$\gamma_2^2 - \left( \gamma_1 - \frac{\rho}{h} \right) \gamma_2 + \frac{\Sigma \xi + 20 \kappa l \frac{u}{q}}{2gh} \left( \frac{\mathcal{Q}}{3600 q} \right)^2 = 0,$$

d. h.

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 - \frac{\rho}{h}}{2} \pm \sqrt{\left( \frac{\gamma_1 - \frac{\rho}{h}}{2} \right)^2 - \frac{\Sigma \xi + 20 \kappa l \frac{u}{q}}{2gh} \left( \frac{\mathcal{Q}}{3600 q} \right)^2} \dots 135.$$

Das Zeichen vor dem Wurzel Ausdruck dieser Gleichung muß unbedingt + sein, da das Einheitsgewicht  $\gamma_2$  des Rauches um so kleiner zu machen ist, je größer die Rauchmenge und die Widerstände, je kleiner  $h$  und  $q$  sind.

Das Einheitsgewicht des Rauches ist aber nach Gleichung 82 (S. 163)

$$\gamma_2 = 1,25 - 0,0027 t_2;$$

setzt man diesen Werth in Gleichung 135 ein, so gewinnt man

$$t_2 = 370 \left[ 1,25 - \frac{\rho}{h} - \sqrt{\left( \frac{\gamma_1 - \frac{\rho}{h}}{2} \right)^2 - \frac{\Sigma \xi + 20 \kappa l \frac{u}{q}}{2gh} \left( \frac{\mathcal{Q}}{3600 q} \right)^2} \right] \dots 136.$$

Für gewöhnlich wird man  $\gamma_1 = 1,2$ , also  $t_1 = 25$  Grad,  $\frac{20 \kappa}{2g} = \frac{20 \cdot 0,00098}{19,6} = 0,001$

setzen können, wodurch Gleichung 136 sich vereinfacht zu

$$t_2 = 185 \left[ 1,3 + \frac{\rho}{h} - \sqrt{\left( 1,2 - \frac{\rho}{h} \right)^2 - \frac{0,2 \Sigma \xi + 0,004 l \frac{u}{q}}{h} \left( \frac{\mathcal{Q}}{3600 q} \right)^2} \right] \dots 137.$$

Beispiele.  $\alpha$ ) Es sei gegeben:  $L = 1600$  kg;  $\rho = 8$  kg;  $q = 0,66 \times 0,66 = 0,44$ ;  $\frac{u}{q} = 6$ ;  $t_2 = 150$  Grad, also  $\gamma_2 = 1,25 - 0,0027 \cdot 150 = 0,85$ ;  $t_1 = 25$  Grad, also  $\gamma_1 = 1,3 - 0,004 \cdot 25 = 1,2$ ; die Länge des Schornsteines sei gleich seiner Höhe  $h$  und nur ein Ablenkungswiderstand  $= \gamma_2 \cdot 1 \cdot \frac{v^2}{2g}$  am Fuße des Schornsteines vorhanden. Alsdann ist nach Gleichung 133

$$h = \frac{1600^2 + 3600^2 \cdot 0,44^2 \cdot 0,85 \cdot 8 \cdot 19,6}{(1,2 - 0,85) 3600^2 \cdot 0,44^2 \cdot 0,85 \cdot 19,6 - 20 \cdot 0,001 \cdot 6 \cdot 1600^2} = 23,5 \text{ m},$$

und  $v$  berechnet sich zu etwa  $2,2$  m secundlich.

β) Statt der vorigen feien die folgenden Angaben gemacht:  $q = 0,5 \times 0,5 = 0,25$ ;  $\frac{u}{q} = 8$ ;  $h = 14$ .

Alsdann muß nach Gleichung 137

$$t_2 = 185 \left[ 1,3 + \frac{8}{14} - \sqrt{\left(1,2 - \frac{8}{14}\right)^2 - \frac{0,2 \cdot 1 + 0,004 \cdot 14 \cdot 8}{14} \left(\frac{1600}{3600 \cdot 0,25}\right)^2} \right] = 253 \text{ Grad}$$

fein. Um eine weniger hohe Temperatur des Rauches zu erhalten, bequemt man sich vielleicht, den Schornsteinquerschnitt auf  $q = 0,60 \times 0,60 = 0,44$ , also  $\frac{u}{q} = 6$  und die Schornsteinhöhe auf 16 m zu erhöhen. Dann wird

$$t_2 = 185 \left[ 1,3 + \frac{8}{16} - \sqrt{\left(1,2 - \frac{8}{16}\right)^2 - \frac{0,2 \cdot 1 + 0,004 \cdot 16 \cdot 6}{16} \left(\frac{1600}{3600 \cdot 0,44}\right)^2} \right] = 209 \text{ Grad.}$$

Die hier gegebene Berechnungsweise der Schornsteine ist in so fern ungenau, als sie den Wärmeverlust des Rauches innerhalb des Schornsteines unberücksichtigt läßt. Man kann denselben von vornherein in Rechnung stellen, macht dadurch aber die Ausdrücke verwickelter (vergl. weiter unten die Berechnung der Saugschornsteine) oder nachträglich den Wärmeverlust berechnen und demselben entsprechend die Temperatur des Rauches am Fusse des Schornsteines erhöhen. Im Beharrungszustande ist der Wärmeverlust gemauerter Schornsteine meistens klein genug, um vernachlässigt werden zu können; andererseits ist der Wärmeverlust bei Inbetriebsetzung überhaupt nicht zu berechnen, weshalb für gewöhnlich die Bestimmung der Schornstein-Abmessungen durch die Gleichungen 133, 134 u. 137 genügt.

214.  
Weite  
gewöhnlicher  
Schornsteine.

Die Schornsteine der Kamine und der gewöhnlichen Zimmeröfen pflegt man meistens nicht zu berechnen<sup>143)</sup>. Die Schornsteine der Kamine darf ich hier, da dieselben in Deutschland fast nur als fog. Kaminöfen, die ähnlich wie die erwähnten Zimmeröfen zu behandeln sind, Verwendung finden, unberücksichtigt lassen.

215.  
Ruffische  
Schornsteine.

Für Ofenheizung (und auch für Kochherdfeuerungen) werden gegenwärtig fast nur die fog. engen oder ruffischen Schornsteine angewendet; dieselben erhalten einen kreisrunden, quadratischen oder rechteckigen Querschnitt. Die lichte Weite solcher Schornsteine wählt man meist zwischen 12 und 25 cm; sie hängt ab von der Größe der Feuerung, deren Rauch abzuführen ist, bzw. von der Anzahl der Oefen, die an einen und denselben Schornstein angeschlossen werden. Für jeden einzuführenden Zimmerofen können hierbei ungefähr 70 qcm gerechnet werden; ein kleiner Küchenherd erfordert etwa den doppelten Schornsteinquerschnitt; für noch größere Feuerungen muß man den Querschnitt entsprechend vermehren<sup>144)</sup>.

Für Einzelöfen würde hiernach eine geringere Lichtweite (etwa 9 cm), als das kleinste der oben genannten Mafse genügen. Die in mehreren deutschen Bauordnungen geforderte Mindestweite von 12 cm entsteht, wenn man im Mauerwerk ein Quadrat von  $\frac{1}{2}$  Stein Seitenlänge auspart und die Innenflächen des so gebildeten Schornsteines besticht oder verputzt. Werden die Innenflächen nur ausgefugt, so ergibt sich eine lichte Weite von 14 cm.

An einen Schornstein von 12 bis 14 cm Weite können zwei, an einen solchen von 15 cm Weite und darüber drei, bzw. mehr gewöhnliche Oefen angeschlossen werden.

Selbstverständlich muß man, sobald man möglichst enge Schornsteine verwenden will (was zweckmäsig ist), auf die durch die Lage des Ofens, bzw. die Höhe des Gebäudes bedingte nutzbare Höhe des Schornsteines Rücksicht nehmen, da mit

<sup>143)</sup> Vergl. übrigens: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités*. Paris 1880. S. 149 u. ff.

<sup>144)</sup> Vergl.: BAUMEISTER, R. *Normale Bauordnung*. Wiesbaden 1881. §. 33, S. 48.

der Zunahme der nutzbaren Höhe die Leistungsfähigkeit desselben, wenn auch nicht in geradem Verhältniss, wächst.

Für grössere Feuerstellen, so wie für offene Feuerungen sind fog. weite oder besteigbare Schornsteine in Anwendung zu bringen. Der Querschnitt derselben soll ein Quadrat oder ein wenig davon abweichendes Rechteck bilden und  $0,2 \text{ qm}$  groß sein. Wird die lichte Weite über  $0,6 \text{ m}$  gewählt, so sind Steigeisen anzubringen.

Es wurde schon angedeutet, dass man mehrere Oefen an einen Schornstein lege. Dies ist, bei entsprechender Leistungsfähigkeit der Schornsteine, unbedenklich, so lange die Oefen in gleicher Höhe aufgestellt, gleichzeitig in Benutzung sind und dafür geforgt wird, dass die einzelnen Rauchfröme beim Eintreten in den Schornstein einander nicht stören. Letzteres erreicht man durch steigende Lage der einzelnen in den Schornstein mündenden Röhren oder durch verschiedene Höhenlage der gegenüber liegenden Mündungen. Die gleichzeitige Benutzung der Oefen ist nicht regelmässig durchzuführen. Sobald einer der Oefen nicht geheizt wird, tritt durch ihn vermöge der Saugkraft des Schornsteines kalte Luft in diesen und beeinträchtigt den Auftrieb desselben. Gute Oefen gestatten jedoch, wenn ihre Thüren geschlossen sind, nur geringen Luftmengen den Eintritt, so dass die entstehende Störung kaum merklich ist. So findet man, dass zuweilen vier Oefen an einen entsprechend hohen Schornstein, der 15 bis  $20 \text{ cm}$  weit ist, mit Erfolg gelegt sind.

Sobald die Oefen in verschiedenen Geschossen aufgestellt sind, können anderweitige, entschieden unangenehme Störungen auftreten, welche ich hier in Rücksicht auf den Raum nicht erörtern will, da sie aus der allgemeinen Besprechung der Bewegung der Luft in Canälen abgeleitet werden können <sup>145)</sup>.

Im Allgemeinen ist es sonach am zweckmässigsten, jeder Feuerstelle einen besonderen Schornstein zu geben, meistens aber unzulässig, in verschiedenen Geschossen befindliche Feuerungen an einen und denselben Schornstein zu legen.

Mit den Rauchschornsteinen sind die Saug- oder Lockschornsteine, welche bestimmt sind, Luft aus bestimmten Räumen zu saugen (vergl. Art. 191, S. 174), sehr nahe verwandt, weshalb ich die Berechnung derselben bis an diese Stelle aufgespart habe. Sie bestehen im Allgemeinen in einem Schornstein, in welchem die abzusaugende Luft erwärmt wird.

Fig. 114 zeigt den Durchschnitt des unteren Theiles eines solchen Lockschornsteines. Bei *A* befindet sich eine Feuerstelle, deren Rauch sich mit derjenigen Luft mischt, welche bei *B* aufsteigt. In Folge der Mischung dieser Luft mit den heissen Feuergasen gewinnt die Gemengtheil der Gase eine mittlere Temperatur, welche den Auftrieb hervorbringen hat.

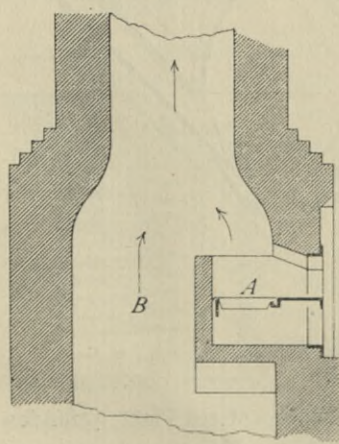
Die Anordnung in Fig. 115 ist für eine sichere Mischung des Rauches und der angesaugten Luft, also für sichere Erwärmung der letzteren günstiger. Zwei Canäle *B*, welche winkelrecht gegen die Bildfläche gerichtet sind (der eine derselben liegt vor der Bild-

216.  
Besteigbare  
Schornsteine.

217.  
Ein Schornstein  
für mehrere  
Oefen.

218.  
Lockschornsteine  
mit besonderer  
Feuerstelle.

Fig. 114.



Lockschornstein mit Lockfeuer.  
 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

145) Vergl.: MEIDINGER. Anleitung zu Versuchen mit dem Zugapparat. Badische Gwbztg. 1875, S. 1.

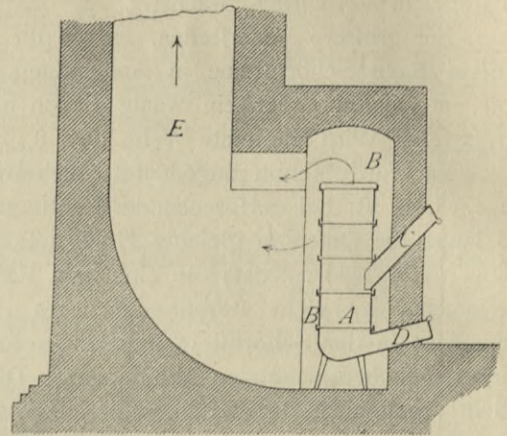
fläche und ist deshalb hinweggeschnitten), führen die zu fördernde Luft gegen den Ofen *A*. Dieser besteht aus einem lothrechten eisernen Schacht, in welchen der Brennstoff (Coke) mittels der Schlotte *C* eingeworfen wird, während das Reinigen des Feuers und das Speisen desselben mit Luft unter Benutzung des Halfes *D* stattfindet. Die zu fördernde Luft erwärmt sich theils an den sehr warmen Wänden des Ofens; theils erfährt sie ihre Erwärmung durch den aus dem oberen offenen Ende des Ofens entweichenden Rauch. Bei *E* ist das Gemisch hergestellt.

Die Anordnungen in Fig. 114 u. 115 bedingen die Zuführung der Luft für Unterhaltung des Feuers von aussen; es wird der Auftrieb des Lockschornsteines benutzt, um das Feuer anzufachen. Vielfach will man die abzufaugende Luft zur Speisung des Feuers benutzen. Alsdann ist durch einen besonderen Schornstein die Bewegung der Luft durch das Feuer zu vermitteln. Fig. 116 verfinnlicht eine derartige Einrichtung <sup>146)</sup>. Ein birnenförmiger gusseiserner Ofen, welcher mittels des Schütthalfes *C* mit Brennstoff verforgt wird, ist auf zwei im Mauerwerk des Schornsteines befestigte eiserne Träger *a* gestützt. Die zur Verbrennung dienende Luft tritt durch den Boden der Birne ein, wird also der abzufaugenden Luft entnommen; die Rauchgase steigen im eisernen Schornstein *D* empor und mischen sich schliesslich mit der Luft, welche der Schornstein *B* enthält und welche vorher schon durch die heissen Wänden des Ofens erwärmt wurde.

Den Rauch irgend einer Feuerungsanlage, welcher noch eine entsprechend hohe Temperatur besitzt, benutzt man ebenfalls zur Erwärmung der Lockschornsteine, indem man denselben in einem

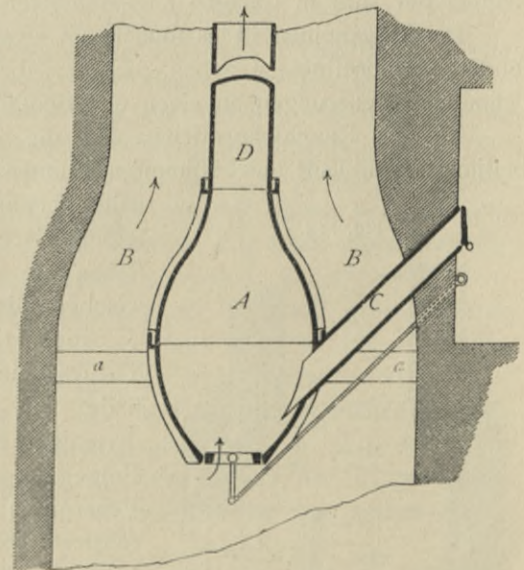
eisernen Schornstein aufsteigen lässt, welcher in dem Lockschornstein Platz gefunden hat, oder ihn mit der abzufaugenden Luft sich mischen lässt. Kann man nicht auf das Vorhandensein genügender Temperaturen rechnen, so oft der Zug- oder Lock-

Fig. 115.



Lockschornstein mit Lockofen. — 1/100 w. Gr.

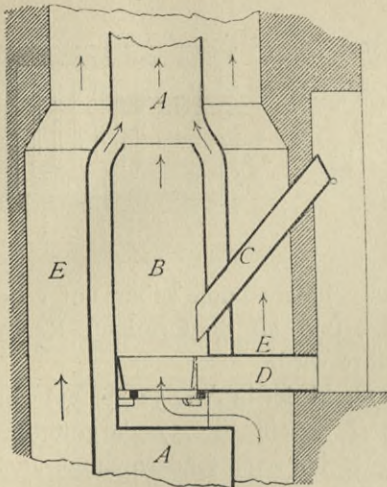
Fig. 116.

Lockschornstein mit Lockofen <sup>146)</sup>. — 1/50 w. Gr.

<sup>219.</sup>  
Erwärmung  
durch Rauch.  
Locköfen.

<sup>146)</sup> Nach: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 75.

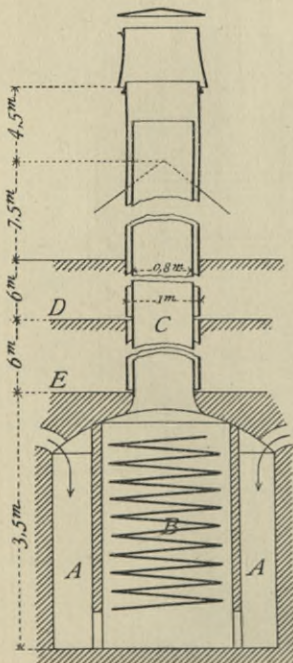
Fig. 117.

Lockschornstein mit Rauch-Lockofen  
in der Charité zu Berlin.

zuzufuhr durch mehrere frei stehende Oefen geliefert wird.

In manchen Fällen empfiehlt es sich, die Heizung der Lockschornsteine mittels Dampf vorzunehmen. Fig. 118 stellt eine entsprechende Anordnung, aus dem Krankenhause zu Amsterdam her-

Fig. 118.

Lockschornstein im Krankenhause zu  
Amsterdam. —  $\frac{1}{100}$  w. Gr.

schornstein thätig zu fein hat, so fügt man wohl einen besonders zu heizenden Lockofen hinzu. Fig. 117 verfinnlicht eine derartige Anordnung, wie sie in der Charité zu Berlin in Gebrauch ist.

A bezeichnet den Schornstein für den Rauch, welcher in der Regel allein die Beheizung des Lockschornsteines zu übernehmen hat oder doch eine erhebliche Wärmemenge zu diesem Zwecke abzugeben vermag. In einer Erweiterung des Schornsteines A ist der Lockofen B aufgestellt, welcher mit Hilfe der Schlotte C mit Brennstoff gespeist, dessen Feuer von D aus geschürt und dessen Verbrennungsluft der abzufaugenden Luft entzogen wird. Der Rauch des Schornsteines A mischt sich mit dem Rauche des Lockofens über dem letzteren und erfährt hierdurch die erforderliche Erwärmung, welche dazu dient, unter Vermittelung der Wände des Schornsteines A die in E sich bewegende, abzufaugende Luft zu erwärmen.

Ein hierher gehöriges, hübsches Beispiel bildet der Saugschornstein in der Entbindungs-Anstalt zu Dresden<sup>147)</sup>, welchem der erforderliche Wärme-

Die Abluft gelangt durch mehrere Canäle zunächst in den ringförmigen Sammelraum A, tritt unter dem unteren Rande einer trommelförmigen Wand hindurch zur Dampfchlange B, erwärmt sich dort und steigt sodann im eisernen Schlot C empor. Um eine Wärmezufuhr von der Außenfläche des Schornsteines C an die Krankenfäle D und E zu verhüten, ist C von einem Blechmantel so umgeben, daß der frei bleibende Zwischenraum von Luft durchströmt wird.

So fern Leuchtgas zur Verfügung steht, empfiehlt sich zuweilen, dieses im Schornstein zu verbrennen, um den geforderten Auftrieb zu schaffen. Man legt die mit Brennern versehenen Gasröhren in Schornsteine von kreisförmigem Querschnitt in Form eines Kreises oder einer Spirale (Fig. 119), in rechteckige Schornsteine in Gestalt eines Rechens (Fig. 120).

Bisweilen benutzt man, wie in Art. 52 (S. 50) u. Art. 137 (S. 131) bereits angedeutet wurde, die Beleuchtungs-Einrichtungen für den gleichen Zweck, indem man die Wärme der Verbrennungsgase zur Erzeugung des Auftriebes verwendet.

Es sollte der Rauch der Leuchtflammen in den zur Luft-Abführung dienenden Schlot, welcher dicht über dem Fußboden mündet, geführt werden, um diesen zu

220.  
Erwärmung  
durch  
Leuchtgas.

147) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 669.

148) Siehe: Gefundh.-Ing. 1884, S. 281.

erwärmen, so daß die Luft-Abführung möglichst zugfrei erfolgt (vergl. Art. 175, S. 158). Bei mäfsiger Luft-Abführung, guter Einrichtung und sorgfältiger Ueberwachung derselben ist jedoch eine theilweise Abfaugung durch die Decke, bezw. über den Beleuchtungsflammen zulässig.

Das in Fig. 35 (S. 50) dargestellte Kugel- oder Lüftungslicht von *Rickets* erfüllt, wenn auch in geringem Mafse, diesen Zweck, indem unmittelbar unter der Decke Luft aus dem erleuchteten Raume angefaugt und im ringförmigen Raume zwischen den gleichaxigen Röhren *D* und *E* abgeführt wird.

221.  
Erwärmung  
durch  
Sonnenbrenner.

Wirkfamer, aber auch leichter Zug verursachend, ist der in Art. 52 (S. 51) vorgesehrene Sonnenbrenner. Die innere Abzugsröhre *D* des in Fig. 37 dargestellten Sonnenbrenners führt nicht nur die Verbrennungsgase hinweg, sondern faugt auch einen nicht geringen Theil der im darunter befindlichen Raume enthaltenen Luft ab; fernere nicht unbeträchtliche Luftmengen fördert der die Röhre *D* gleichaxig umschliessende Schacht *F*. Aehnlich wirkt die Anordnung nach Fig. 121; die anzufaugende Luft tritt hierbei auch durch die Decken-Rofette *R* in die Abführungsröhre *D* ein. An Stelle der

Fig. 119.

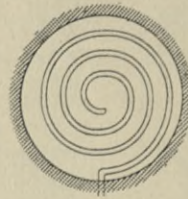


Fig. 120.

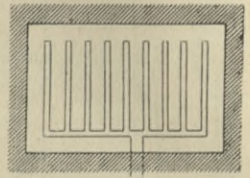
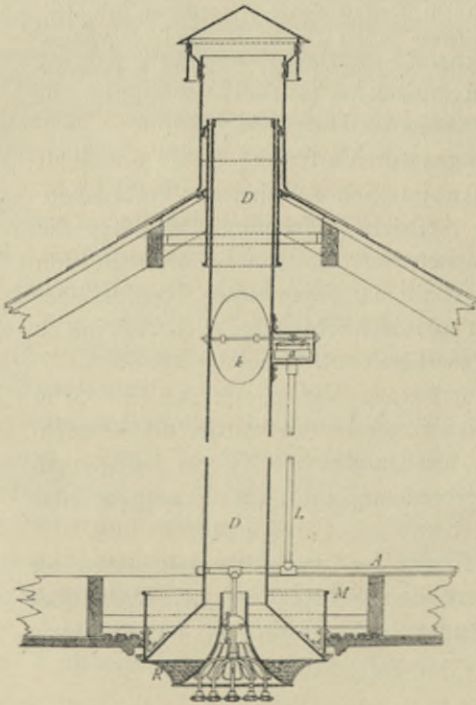
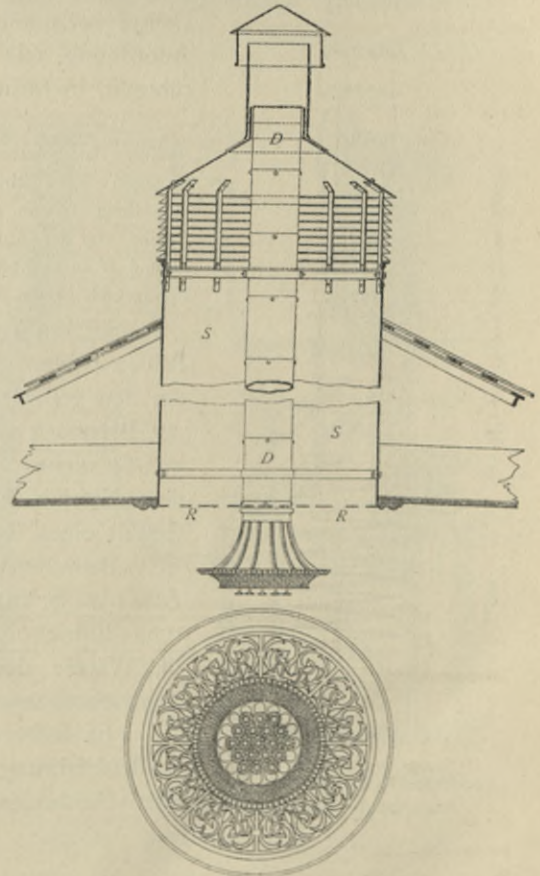


Fig. 121.



Lüftungs-Sonnenbrenner von *Strode & Co.* in London.  
 $\frac{1}{35}$  w. Gr.

Fig. 122.



Lüftungs-Sonnenbrenner von *Strode & Co.* in London.  
 $\frac{1}{35}$  w. Gr.



Röhre  $F$  tritt bei großen, vielflammigen Sonnenbrennern ein weiterer Schacht  $S$ , der zweckmäßig nach Fig. 122 eingerichtet werden kann; alsdann ist die Wirksamkeit die gleiche, wie bei den vorher gedachten Lockfchornsteinen mit innen gelegener Rauchröhre.

Einrichtungen, wie die eben erwähnten, können nur Anwendung finden, wenn es statthaft ist, durch den Raum, der über dem durch Sonnenbrenner erleuchteten Saale gelegen ist, Schlote u. f. w. zu führen. Geht dies nicht an, so werden die Verbrennungsgase und die angefaugte Luft zunächst in einem wagrechten Canal  $D$  (Fig. 123 u. 124), welcher innerhalb der Decken-Construction untergebracht ist, geführt und von hier aus in den feitlich gelegenen, lothrechten Saugschlot  $V$  geleitet.

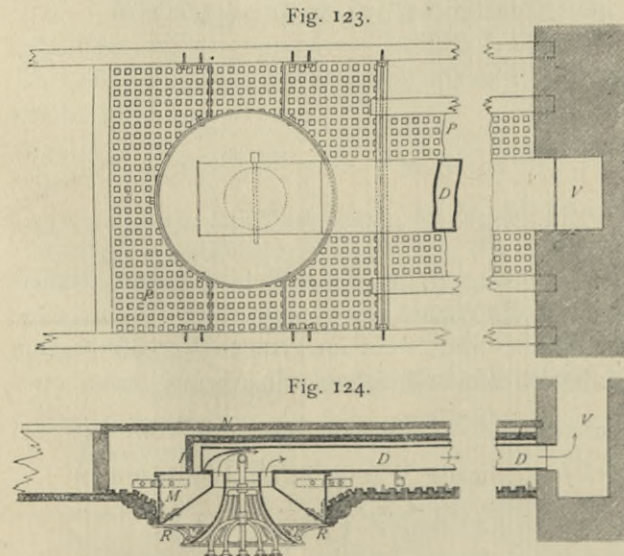
Solche Einrichtungen wirken natürlich nur, wenn die Beleuchtungsflammen in Thätigkeit sind. Brennen die letzteren nicht, so können durch die darüber gelegenen Abzugsröhren u. f. w. in unerwünschter Weise kalte Luftströmungen in dem darunter befindlichen Raume Eintritt finden. Um dies zu verhüten, hat man in den gedachten Röhren Drosselklappen oder Schieber angebracht, welche jedesmal zu schliessen sind, sobald die Sonnenbrenner ausgelöscht werden. Da indess bei solcher Anordnung in Folge der Nachlässigkeit der Bedienung leicht Störungen und Unfälle (selbst Explosionen) eintreten können, hat man auch selbstthätige Einrichtungen angewendet.

Fig. 121 zeigt eine solche, der Firma *Strode & Co.* in London patentirte selbstthätige Einrichtung. Von der Gas-Zuführungsröhre  $A$  zweigt eine lothrechte Röhre  $L$  ab, welche in die Büchse  $a$  mündet; in letzterer kann sich eine Glocke  $c$  auf- und abbewegen, und durch Quecksilber ist ein Abschluss des in dieser Glocke angefallenen Gases nach außen bewirkt. Die Glocke ist durch eine Hebelüberetzung mit der Drosselklappe  $k$  so verbunden, dass sich letztere öffnet, sobald erstere emporsteigt. Findet kein Gaszufluss statt, so nimmt die Glocke die tiefste Lage ein, und die Drosselklappe  $k$  sperrt die Abzugsröhre  $D$  ab. Soll der Sonnenbrenner benutzt werden und lässt man zu diesem Ende Gas zufließen, so hebt sich die Glocke und öffnet sich dadurch die Klappe.

Ist um die Röhre  $D$  ein weiterer Saugschlot  $S$  (Fig. 122) angeordnet, so können auch in diesem ringförmige Verschlussklappen angebracht und in gleicher Weise ein selbstthätiges Öffnen und Sperren derselben bewirkt werden.

In Folge der bedeutenden Wärmeentwicklung ist es erforderlich, Sicherheitsvorkehrungen gegen etwaiges Entzünden von Holzwerk oder sonstigen brennbaren Stoffen, welche sich in der Nähe der Sonnenbrenner vorfinden, zu treffen.

Das einfachste Mittel ist, den Sonnenbrenner und die von demselben ausgehende Abzugsröhre  $D$  (Fig. 121) durch einen genügend weiten Blechmantel  $M$  gegen das Holzwerk u. dergl. abzusperren; die angefaugte Luft, welche zwischen Röhre und Mantel emporströmt, bewirkt eine Abkühlung



Lüftungs-Sonnenbrenner von *Strode & Co.* in London. —  $\frac{1}{35}$  w. Gr.

der von ihr befüllten, durch den Sonnenbrenner stark erhitzten Flächen. Ist über dem letzteren ein weiter Saugschlot  $S$  (Fig. 122) vorhanden, so bewirkt dessen Wandung die erforderliche Absperrung. Wenn die Abzugsröhre innerhalb der Decke unterzubringen ist, so ist der Schutz der Holztheile vor zu hohen Temperaturen schwieriger. Fig. 123 u. 124 zeigen die von *Strode & Co.* in London angewandte Einrichtung. Der über dem Sonnenbrenner befindliche Theil  $N$  des Fußbodens ist durch eine Schiefer-

platte, der entsprechende Theil *P* der Deckenschalung durch eine durchlochte Eisenplatte ersetzt. Zunächst dient auch hier der Mantel *M* zur Sicherung, von dem aus ein wagrechter, aus verzinktem Eisenblech hergestellter Canal *D* nach jener Mauer führt, in der der Schlot *V* gelegen ist. Der Canal *D* hat doppelte Wandungen, die eine Luftschicht zwischen sich lassen; die äußere Wandung desselben ist überdies mit einer schlecht leitenden Cementschicht *I* bedeckt<sup>149)</sup>.

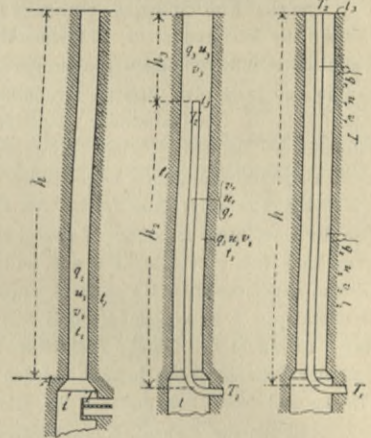
Findet die Erwärmung der Lockschornsteine mittels solcher Heizkörper statt, welche mit heißem Wasser oder Dampf gefüllt sind, so kann man die Lockschornsteine aus Holz machen.

222.  
Lockschornstein  
ohne  
Rauchröhre.

Wie auch die Anordnung der Lockschornsteine fein mag, so findet die Erwärmung der abzufaugenden Luft statt: an einer Stelle oder längs eines Theiles der nutzbaren Höhe oder längs der ganzen nutzbaren Höhe des Schornsteines. Es lassen sich daher sämtliche Lockschornsteine durch die drei Figuren 125, 126 u. 127 verfinnlichen.

Die erforderliche Saugkraft *p* ist als bekannt vorauszusetzen; sie wurde auf Grund der früheren Erörterungen (Art. 211, S. 195) berechnet. In Fig. 125 tritt bei *A* zu der Luftmenge  $\mathcal{L}$ , deren Temperatur *t* und deren Druck um *p* geringer ist, als derjenige der äußeren Atmosphäre, der Rauch, dessen Gewicht *Q* Kilogr. und dessen Temperatur *T* Grad beträgt. Die Einheitswärme *c* werde für beide zu 0,24 angenommen.

Fig. 125. Fig. 126. Fig. 127.



Alsdann ist die zu fördernde Gasmenge  $\mathcal{L} + Q$ ,  
sonach die Temperatur derselben bei *A*, da  $(\mathcal{L} + Q) ct_2 = \mathcal{L} ct + Q c T$  ist,

$$t_2 = \frac{\mathcal{L} t + Q T}{\mathcal{L} + Q}; \dots \dots \dots 138.$$

ferner erhält man

$$Q = \mathcal{L} \frac{t_2 - t}{T - t_2}, \dots \dots \dots 139.$$

so wie

$$\mathcal{L} + Q = \mathcal{L} \left( 1 + \frac{t_2 - t}{T - t_2} \right) \text{ oder } \mathcal{L} + Q = \mathcal{L} \frac{T - t}{T - t_2} \dots \dots 140.$$

Während das Gemisch bis zur Mündung *B* des Schornsteines strömt, verliert dasselbe einen Theil seiner Wärme durch die Wände des Schornsteines, so daß seine Temperatur auf *t*<sub>3</sub> Grad sinkt. Der Wärmeverlust steht im geraden Verhältniß zum Temperatur-Unterschied des Schornsteininneren und Schornsteinäußeren, ferner etwa der inneren Oberfläche des Schornsteines  $\frac{u_2 + u_3}{2} h$ ; die stündlich von 1qm bei 1 Grad Temperatur-Unterschied verloren gehende Wärme heiße *k*; alsdann ist

$$(\mathcal{L} + Q) ct_2 - (\mathcal{L} + Q) ct_3 = k h \frac{u_2 + u_3}{2} \left( \frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right),$$

woraus die Gleichung entsteht:

$$\frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{2 (\mathcal{L} + Q) ct_2 + k h \frac{u_2 + u_3}{2} t_1}{2 (\mathcal{L} + Q) c + k h \frac{u_2 + u_3}{2}} \dots \dots \dots 141.$$

<sup>149)</sup> Siehe auch: Ventilation mit Gas beleuchteter Wohnungen und Gebäude. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1889, S. 274, 303.

Die Geschwindigkeit  $v_2$  bei  $A$  berechnet sich zu

$$v_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_2 \cdot 3600 \gamma_2} \dots \dots \dots 142.$$

und diejenige an der Mündung des Schornsteines zu

$$v_3 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_3 \cdot 3600 \gamma_3} \dots \dots \dots 143.$$

Der Auftrieb beträgt

$$\mathfrak{A} = h \left( \gamma_1 - \frac{\gamma_2 + \gamma_3}{2} \right) = 0,004 h \left( \frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right); \dots \dots 144.$$

er ist den Widerständen  $p + \mathfrak{B}$  gleich zu setzen, um Werthe für  $h$ ,  $q$  oder  $T$  u. f. w. zu gewinnen.

Bei solchem Verfahren entstehen jedoch sehr verwickelte Ausdrücke, weshalb es vorzuziehen ist, in folgender Weise vorzugehen.

Aus

$$0,004 h \left( \frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right) = p + \mathfrak{B} \dots \dots \dots 145.$$

ergibt sich

$$\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 = \frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h} \dots \dots \dots 146.$$

Man setzt den Temperaturverlust  $t_2 - t_3 = \Delta$ , so dass

$$t_2 = \frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h} + t_1 + \frac{\Delta}{2} \dots \dots \dots 147.$$

wird. Ist  $h$  durch örtliche Verhältnisse gegeben, so schätzt man  $\mathfrak{B}$  und  $\Delta$ , so dass  $t_2$  aus Gleichung 147 leicht zu finden ist, setzt  $t_2$  in Gleichung 140 ein, in welcher außerdem nur die bekannten Größen  $\mathfrak{L}$ ,  $T$  und  $t$  vorkommen. Man schätzt ferner die Geschwindigkeit  $v$  (zwischen 1 und 4 m), um mit Hilfe der Gleichung 142, welche in

$$q_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{v_2 \cdot 3600 \gamma_2} \dots \dots \dots 148.$$

umgesetzt wird, den Querschnitt des Schornsteines zu gewinnen, und prüft nunmehr mittels der Gleichung 141 und nach Umständen der Gleichung 145 die Richtigkeit der Schätzungen. Der Wärmeverlust kann indessen eben so bequem, wie mittels der Gleichung 141, aber genauer nach Berechnung der Schornstein-Abmessungen gewonnen werden.

Ist  $h$  nicht durch örtliche Umstände bestimmt, so kann man  $t_2$  annehmen; im Uebrigen ändert sich das Verfahren nicht.

Die Gleichung 146 gewährt einen raschen Ueberblick über die geringste Größe von  $h$ , bzw.  $t_2$ , da das Glied  $\frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h}$  den wesentlichsten Einfluss übt.

Beispiel. Es sei  $\mathfrak{L} = 12000$  kg stündlich zu fördernde Luft,  $p = 6$  kg Gesamtwiderstand bis zum Fusse des Schornsteines,  $t_1 = 25$  Grad = höchste in Rechnung zu stellende Temperatur des Freien,  $t = 20$  Grad = Temperatur der Abluft. Ferner sei  $h = 30$  m und  $T = 1200$  Grad = Temperatur des Rauches gegeben, so wie  $\mathfrak{B}$  zu 1,2 kg und  $\Delta$  zu 12 Grad geschätzt. Alsdann ist nach Gleichung 147

$$t_2 = \frac{6 + 1,2}{0,004 \cdot 30} + 25 + 6 = 60 + 31 = 91 \text{ Grad,}$$

und hieraus  $\gamma_2 = 0,94$ .

Ferner ergibt sich nach Gleichung 140 (S. 204)

$$\mathfrak{Q} + Q = 12000 \frac{1200 - 20}{1200 - 91} = 12768 \text{ oder rund } = 12770.$$

$v$  werde zu  $3^m$  geschätzt; es ist alsdann nach Gleichung 148

$$q_2 = \frac{12770}{3 \cdot 3600 \cdot 0,94} = 1,258 \text{ qm.}$$

Der Schornstein soll quadratisch mit  $a$  Meter Seite ausgeführt werden; dann ist

$$a^2 = 1,258 \text{ und } a = 1,12 \text{ m,}$$

wofür  $a = 4^{1/2}$  Stein =  $1,175^m$  gesetzt werden soll.

Es wird sonach  $\frac{u_2}{q_2} = \frac{4}{a} = 3,4$  und  $q_2 = 1,38 \text{ qm}$ ; daher

$$v_2 = \frac{12770}{1,38 \cdot 3600 \cdot 0,94} = 2,73^m.$$

Der Widerstand  $\mathfrak{B}$  beträgt, wenn am Fusse des Schornsteines eine rechtwinkelige, nicht abgerundete Ablenkung stattfindet, oben aber die Luft frei abströmt,

$$\mathfrak{B} = 0,94 (1 + 0,001 \cdot 30 \cdot 3,4 \cdot 20) \frac{2,73^2}{19,6} = 1,07 \text{ kg,}$$

also etwas weniger als geschätzt wurde. Wird nun die Wandstärke des Schornsteines im Mittel  $51^m$ , so ist die Seite der mittleren Quadratfläche  $1,685$ , die wärmeübertragende Fläche =  $1,685 \cdot 4 \cdot 30 = 202,2 \text{ qm}$ . Jedes Quadr.-Meter Backsteinmauer von  $51^m$  Dicke überträgt für  $1$  Grad Temperatur-Unterschied (siehe Art. 125, S. 123)  $1,1$  Wärmeeinheiten; folglich beträgt der gefamte Wärmeverlust

$$202,2 \cdot 1,1 (91 - 25) = 16870 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

welcher die Abkühlung des Schornsteininhaltes um

$$\Delta = \frac{16870}{12770 \cdot 0,24} = 5,5 \text{ Grad}$$

veranlaßt, also wesentlich weniger, als oben schätzungsweise angenommen wurde.

Nach den weiter unten folgenden Angaben liefert  $1^m$  Kohle bei doppelter Luft-Zufuhr  $22,3^m$  Rauchgase; der Betrieb des Schornsteines erfordert sonach, da stündlich  $Q = 770^m$  Rauch gebraucht werden,  $\frac{770}{22,3} = 34^m$  Kohlen.

Die Berechnung eines Saugschornsteines, bei welchem der Abluft keine Rauchgase beigemischt werden (niedriger Ofen mit besonderem Schornstein, Dampf- oder Wasserheizung), wird eben so durchgeführt, gestaltet sich aber in so fern einfacher, als dem Gewicht der zu fördernden Luft das zunächst unbekannte  $Q$  nicht hinzuzufügen ist.

Verwandt hiermit ist die Berechnung des Saugschornsteines mit ganzer Rauchröhre (Fig. 127). Um die Art derselben darzulegen, möge sie für die Unterlagen des vorigen Beispiels ( $\mathfrak{Q} = 12000^m$ ,  $p = 6$ ,  $h = 30^m$ ,  $t_1 = 25$  Grad,  $t = 20$  Grad,  $T_1 = 1200$  Grad = Anfangs-Temperatur des Rauches,  $T_2 = 200$  Grad = Austritts-Temperatur des Rauches) durchgeführt werden.

Die Abluft wird durch die von der Rauchröhre abgegebene Wärme von  $t$  auf  $t_3$  Grad erwärmt; es ist somit der Auftrieb nach Art. 188 (S. 171)

$$\mathfrak{A} = 0,004 h \left( \frac{t + t_3}{2} - t_1 \right),$$

welcher Werth  $p + \mathfrak{B}$  gleich zu setzen ist, so daß

$$\frac{t + t_3}{2} = \frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h} + t_1,$$

$$t_3 = 2 \frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h} + 2t_1 - t$$

wird.  $\mathfrak{B}$  sei zu  $1^m$  geschätzt; der Wärmeverlust der Abluft sei vernachlässigt.

Dann wird

$$t_3 = 2 \frac{6 + 1}{0,004 \cdot 30} + 2 \cdot 25 - 20 = 147 \text{ Grad,}$$

woraus  $\frac{\gamma + \gamma_3}{2} = 0,97$  entfteht.

Zur Befimmung der erforderlichen Rauchmenge dient die Gleichung

$$\mathfrak{L} c (t_3 - t) = Q c (T_1 - T_2)$$

oder

$$Q = \frac{12000 \cdot 127}{1000} = 1524 \text{ kg.}$$

Die erforderliche Heizfläche  $F$  der Rauchröhre berechnet fich aus

$$\mathfrak{L} c (t_3 - t) = F \left( \frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t + t_3}{2} \right) k,$$

oder

$$F = \frac{1}{k} \frac{2 \cdot \mathfrak{L} \cdot c (t_3 - t)}{T_1 + T_2 - t - t_3},$$

in welcher Gleichung  $k = 8$  (siehe Art. 125, S. 124) eingefetzt werden foll.

Es wird dann

$$F = \frac{1}{8} \cdot \frac{2 \cdot 12000 \cdot 0,24 (147 - 20)}{1200 + 200 - 147 - 20} = \text{rund } 74 \text{ qm.}$$

Der eiferne Rauchfchornfteine möge einen runden Querschnitt mit dem Durchmesser  $d$  erhalten, fo dafs

$$F = d \pi h \quad \text{oder} \quad d = \frac{74}{30 \cdot 3,14} = 0,785 \text{ m wird.}$$

So weit darf man, mit Rückficht auf die geringe Rauchmenge, den Rauchfchornfteine nicht machen, wefshalb derfelbe, um die nöthige Heizfläche bei geringerer Weite zu erhalten (nach Fig. 128, obere Hälfte), mit Rippen ausgerüftet werden foll. Es betrage der Durchmesser  $0,40$  m, die Höhe der  $30$  Rippen  $0,05$  m; die Fläche der letzteren liefert etwa  $0,4$ -mal fo viel, als die Mantelfläche. Sonach ift die derart gerippte Rauchröhrenfläche gleichwerthig mit  $(0,4 \cdot 3,14 + 0,05 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 0,4) 30 = 73,68$  qm Mantelfläche, genügt also der vorliegenden Aufgabe.

Der Luftquerschnitt ift, wenn  $v = 2,5$  m angenommen wird,

$$q = \frac{12000}{2,5 \cdot 3600 \cdot 0,97} = 1,368 \text{ qm.}$$

Hierzu kommt der Querschnitt der Rauchröhre mit  $0,19$  qm. Die Seitenlänge  $a$  des quadratischen Schornfteines beträgt fonach

$$a = \sqrt{1,368 + 0,19} = 1,25 \text{ m,}$$

wofür  $5$  Stein =  $1,31$  m gefetzt werden follen, fo dafs

$$v = \frac{12000}{3600 (1,31^2 - 0,19) \cdot 0,97} = 2,24 \text{ m wird.}$$

Das Verhältnifs  $\frac{u}{q}$  wird =  $6,3$ , also

$$\mathfrak{B} = 0,97 [1 + 0,001 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 6,3] \frac{2,24^2}{19,6} = 1,18 \text{ kg;}$$

es ift fomit  $\mathfrak{B}$  gröfser, als gefchätzt wurde, wefshalb man entweder den Schornfteine noch weiter macht, um  $v$  zu verringern, oder die rechtwinkelige Ablenkung am

Fuße des Schornsteines gut abrundet, um statt  $\gamma \cdot 1 \cdot \frac{v^2}{2g}$  vielleicht  $\gamma \cdot 0,4 \cdot \frac{v^2}{2g}$  einsetzen zu können.

Die erforderliche Rauchmenge  $Q = 1524 \text{ kg}$  liefern  $1524 : 22,3 = \text{rund } 70 \text{ kg}$  Kohlen.

In dem soeben durchgeführten Beispiele wurde, aus angegebenen Gründen, die Rauchröhre nach der oberen Hälfte der Fig. 128 gerippt angenommen, auch, entsprechend dieser Figur, der Querschnitt des Saugschornsteines quadratisch gemacht. Es bedarf kaum des Hinweises, daß der letztere eben sowohl vieleckig oder kreisförmig gemacht werden kann; die Berechnungsweise ändert sich hierdurch nicht. Nicht selten empfiehlt es sich, wenn der Querschnitt des Saugschornsteines ein längeres Rechteck bildet, den Rauchschornstein durch Einfsetzen eiserner Platten, nach Fig. 129, zu bilden, wodurch der Lüftungschornstein in zwei Theile zerlegt wird. Die Platten werden sodann, je nach Umständen, mit Rippen versehen oder glatt gelassen.

Fig. 128.

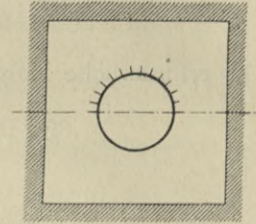
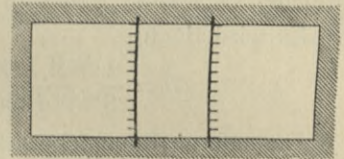


Fig. 129.



224.  
Lockschornstein  
mit kurzer  
Rauchröhre.

Was nun endlich den Lockschornstein mit kurzer Rauchröhre (Fig. 126) betrifft, so kann ich mich hier mit allgemeinen Anführungen begnügen. Man berechnet den oberen Theil  $h_3$  zunächst nach den zum ersten Schornstein (Fig. 125) gegebenen Regeln, indem man einen Theil des  $p$  schätzungsweise der Höhe  $h_2$  zu bewältigen überläßt. Hierdurch gewinnt man einen Anhalt für die erforderliche Rauchmenge, so wie die Temperaturen des Rauches. Nunmehr berechnet man den Theil  $h_2$  und vergleicht, ob die gemachten Annahmen zulässig waren oder nicht, und wiederholt nach Umständen das Verfahren so oft, bis befriedigende Uebereinstimmung erzielt wird. Zu vergessen ist nicht, daß häufig die zur Verbrennung dienende Luft der Luftmenge  $Q$  entnommen wird (vergl. Fig. 116 u. 117), so daß sich  $Q$  um Einiges verringert.

Wenn Rauch, welcher bereits zu anderen Zwecken verwendet wurde, bestimmt ist, einen Theil seiner Wärme zur Erwärmung der abzufaugenden Luft herzugeben, so kennt man sowohl die Rauchmenge, als auch die Rauch-Temperatur und hat hier-nach zu berechnen, was mit der verfügbaren Wärmemenge zu erreichen ist.

225.  
Vergleich der  
drei  
Anordnungen.

Der Betrieb der Lockschornsteine mit Rauchröhre ist, wie durch ein Beispiel erörtert wurde, bei weitem kostspieliger, als der Betrieb solcher, in denen die Erwärmung der Luft sofort bei ihrem Eintritte in den Schornstein nahezu an einem Punkte erfolgt. Die Betriebskosten des Lockschornsteines mit kurzer Rauchröhre fallen zwischen diejenigen der beiden vorher genannten Schornsteinarten.

Eigenthümlicher Weise finden trotzdem Lockschornsteine mit ganzer Rauchröhre sehr häufig Verwendung. Wenn man für dieselben geltend macht, daß sie gegen das Zurücktreten des Rauches in die zu lüftenden Räume Sicherheit bieten, so ist dem gegenüber zu bemerken, daß man in fast allen Fällen durch zweckmäßige Anlage des Schornsteines und der Canalmündungen in demselben, so wie durch Verwendung eines Auffatzes, welcher die Einflüsse der Windströmungen unschädlich macht, dieselbe Sicherheit gewinnen kann. Sollten aber in besonderen Fällen Bedenken übrig

bleiben, so bleibt unter allen Umständen die Möglichkeit, die gefamnte Heizfläche am Fusse des Schornsteines zusammen zu drängen, indem man durch die Rauchgafe unmittelbar erwärmte Oefen aufstellt, denen dann ein gefonderter gemauerter Schornstein gegeben wird, oder mittels Wasser oder Dampf erwärmte Heizkörper verwendet. Die erforderlichen Brennstoffmengen werden hierdurch erheblich vermindert. Die Berechnung derartiger Anlagen findet nach dem Verfahren statt, welches für an einem Punkte erwärmte Schornsteine besprochen wurde; die Höhenlage dieses Punktes, der zwischen dem oberen und unteren Ende des oder der Heizkörper liegt, ist nach Art. 188 (S. 171) zu bestimmen, bezw. zu schätzen.

Aus den gegebenen Formeln, so wie aus den berechneten Beispielen geht ferner hervor, dafs die Höhe  $h$  des Schornsteines eine hervorragende Rolle spielt. Will man mit niedrigen Lockschornsteinen eine nennenswerthe Wirkung hervorbringen, so mufs die Temperatur der abgeführten Luft eine grofse werden, d. h. es wird sehr viel Brennstoff gebraucht. Daher ist es allein zweckmäfsig — da die Höhenlage der Schornsteinmündung gegenüber den übrigen Bauwerken ein gewisses, von baulichen Rücksichten abhängendes Mafs nicht überschreiten darf — die Luft-Abführungs-Canäle möglichst tief im Lockschornstein münden zu lassen, so wie an diesem tief liegenden Orte die Erwärmungs-Einrichtung anzubringen.

In Bezug auf die Berechnung der Mafse der Flügelgebläse verweise ich auf das in Art. 200 (S. 183) Gefagte.

Die Betriebskosten der stündlichen Förderung jener 12000 kg Luft betragen täglich oder in 24 Stunden:

1) Bei Verwendung eines mittels Gasmaschine betriebenen Flügelgebläses, da die erforderliche Kraft nach Gleichung 116 mindestens

$$N = \frac{12000 \text{ p}}{100000} = \text{rund 1 Pferdestärke beträgt:}$$

für Brennstoff . . . . .	6,12	Mark
» Schmieröl und Kühlwasser . . . . .	2,00	»
» Bedienung . . . . .	2,20	»
» Abschreibung und Zinsen . . . . .	1,68	»
	<hr/>	
	Zusammen	12,00 Mark.

2) Bei Verwendung des Lockschornsteines nach Fig. 125, wenn 100 kg Kohle 1,7 Mark kosten:

für Brennstoff . . . . .	13,87	Mark
» Bedienung . . . . .	2,50	»
» Abschreibung und Zinsen . . . . .	2,23	»
	<hr/>	
	Zusammen	18,60 Mark.

3) Bei Verwendung des Lockschornsteines nach Fig. 127:

für Brennstoff . . . . .	28,56	Mark
» Bedienung . . . . .	2,50	»
» Abschreibung und Zinsen . . . . .	2,24	»
	<hr/>	
	Zusammen	33,30 Mark.

Die Verwendung des Leuchtgases als Brennstoff würde noch theurer sein.

Um jedoch hiernach die Preiswürdigkeit der vier angezogenen Luftbewegungsverfahren richtig zu beurtheilen, sind folgende Umstände mit zu berücksichtigen.

Je geringer die zu fördernden Luftmengen sind, um so günstiger stellen sich die Lockschornsteine im Allgemeinen gegenüber den Gebläsen. Eben so nimmt der Kostenunterschied der mit Gas geheizten Lockschornsteine gegenüber den mit festen Brennstoffen geheizten zu Gunsten der ersteren mit der Menge der zu fördernden Luftmenge ab, und zwar derart, dafs bei einer gewissen Kleinheit der Anlage die

226.  
Höhe  
der  
Schornsteine.

227.  
Betriebs-  
kosten.

Gasheizung billiger ist, als irgend ein anderer Betrieb. Die Gründe hierfür liegen darin, daß der Kraftbedarf, wie die sonstigen Betriebskosten eines Gebläses viel langsamer abnehmen, als die Luftmenge, und eben so die Bedienungskosten der mit festen Brennstoffen geheizten Lockschornsteine mit der Kleinheit an Bedeutung gewinnen.

Die Bedienung einer Gasmaschine erfordert einen fachverständigen Mann; diejenige der Lockschornsteine kann von gewöhnlichen Arbeitern, bezw. Mägden ausgeführt werden, und bei Gasheizung beschränkt sich die Bedienung auf die Regelung des Gas-Zuflusses. Dies entscheidet nicht selten gegen das Gebläse.

Endlich liegt bei letzterem die Gefahr des Verfallens näher, während die Lockschornsteine, Angesichts ihrer Einfachheit, fast unbedingte Sicherheit für die jederzeitige Diensttüchtigkeit bieten.

Bei ganz großen Anlagen empfiehlt sich in vielen Fällen der Dampfmaschinenbetrieb.

### b) Lage und Längenprofil.

228.  
Schutz  
gegen Wärme-  
verluste.

Wiederholt wurde darauf hingewiesen, daß die Canäle möglichst gegen Wärmeverluste zu schützen seien. Dies hat allgemeine Giltigkeit für warme Luft und Rauch. Man wird daher die betreffenden Canäle trocken halten, da die anderenfalls eintretende Wasserverdunstung große Wärmemengen binden würde, und wird sie möglichst aus schlechten Wärmeleitern und mit dicken Wänden ausstatten. Eben so wichtig ist, die Canäle thunlichst geschützt gegen die Einflüsse der Temperatur des Freien, gegen Netzung ihrer Außenflächen und gegen das Bestreichen derselben Seitens des Windes zu schützen, d. h. die Canäle im Inneren der Häuser unterzubringen.

Hohe Schornsteine lassen sich jedoch, weil sie sich anders setzen und anders ausdehnen, als die Mauern, nur dann in das Innere der Häuser legen, wenn man sie durch die Gebäudemauern schachtförmig einschließen läßt, so daß, so weit als möglich, keine Verbindungen zwischen den höher liegenden Theilen des Gebäudes und dem Schornsteingemäuer bestehen. In der Regel stellt man daher große und hohe Schornsteine frei auf.

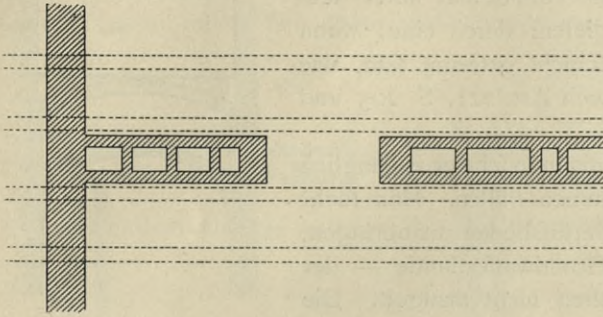
Während der Wintermonate ist es ebenfalls von Vortheil, die Canäle, welche die gebrauchte Luft aus den zu lüftenden Räumen führen, so fern diese Luftförderung nach oben gerichtet ist, in die Innenwände der Häuser zu legen. Im Sommer sind jedoch die in einer freien, von der Sonne beschienenen Außenwand liegenden Canäle wirksamer. Wird die hinwegzuschaffende Luft nach unten abgeführt, so ist das Gegentheil des oben Gefagten der Fall. Die aufsteigenden Abzugs-Canäle, welche besonders erwärmt werden (zum Zweck der Erzeugung entsprechenden Auftriebes), verhalten sich gerade so, wie die Schornsteine.

Canäle für Zuführung kalter frischer Luft bedürfen keiner Rücksichtnahme auf den Wärmeaustausch ihrer Wände, es sei denn, daß man in die Lage kommt, sie vor den Einwirkungen der Sommerfonne zu schützen. Eine Rücksichtnahme gegen die Räume, welche an die Wandungen dieser Luft-Zuführungs-Canäle grenzen, ist jedoch nothwendig, indem innerhalb der kalten Canäle unter Umständen nahezu dieselbe Temperatur herrscht, wie im Freien.

Die Canäle sind nach dem Gefagten regelmäsig in die Innenwände zu legen; nur in besonderen Fällen empfehlen sich hierfür die Außenwände des Gebäudes.



Fig. 130.

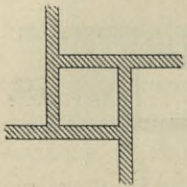


Die lothrechten Canäle lassen sich verhältnißmäfsig leicht in den Wänden unterbringen. Genügt die Dicke der gegebenen Wände nicht, um in ihnen die Canäle auszufparen, so werden einzelne derselben dicker gemacht oder auch wohl nischenartige Ausfüllungen der Zimmerecken hierfür verwendet. Manche Bauordnungen schreiben vor,

229.  
Lage der  
Canäle.

dafs die lothrechten Canäle eben so weit von hölzernen Balken entfernt liegen müssen, wie Rauchschornsteine. In diesem Falle ist die Balkenanordnung besonders nach der Lage der in Rede stehenden Canäle zu treffen: man legt die Balken, um das Auswechselfn derselben zu sparen, nach Fig. 130 gleichlaufend zu den Wänden, in welchen die Canäle sich befinden, bzw. wählt zur Unterbringung der letzteren solche Wände, welche zwischen den Balken sich befinden und verstärkt sie nach Umständen entsprechend. In einigen Fällen lassen sich gröfsere Canalquererschnitte, bzw. Räume für Canalbündel ohne Schädigung des Aussehens der Zimmer nach Art der Fig. 131 schaffen.

Fig. 131.



Weniger leicht ist die Unterbringung wagrechter, bzw. geneigter Canäle. Diese müssen in, bzw. unter den Decken Platz finden. Die fog. Zwickel der Deckengewölbe geben, wie Fig. 132 andeutet, hierzu oft willkommene Gelegenheit; der Canal ist, um ihm einen möglichst grossen

Fig. 132.

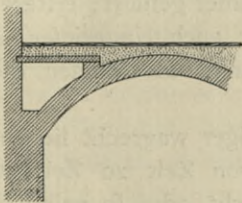
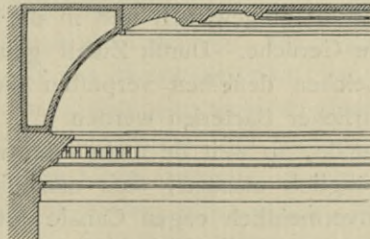


Fig. 133.



Querschnitt zu geben, mittels Steinplatten abgedeckt, über welchen nach Umständen der Fliesenbelag oder der Holzfußboden mit feinen Lagern sich befindet. Die Deckenvouten sind, wenn sie z. B.

aus Thonstücken zusammengesetzt werden, wie Fig. 133 erkennen läßt, in derselben Weise zu verwenden. Größere wagrechte Luft-Canäle bildet man häufig, indem man über den Gängen — die des besseren Ansehens halber niedriger gehalten werden können, als die anstossenden Räume — doppelte Decken anbringt, die entweder gewölbt sein können, wie Fig. 134 angiebt, oder aus mit Steinplatten belegten eisernen Trägern gebildet sind, oder auch aus zwei gewöhnlichen geputzten Holzdecken bestehen können. Ich sah ein Gebäude, in dem man den so gebildeten Raum nicht allein für die wagrechten Luftleitungen, sondern auch für die Aufstellung der Heizkörper u. s. w. verwendet hat.

Kleinere Canäle finden zwischen den Balken einerseits und Fußboden und Schalung andererseits Platz. Es ist gut — so fern die Canäle kalte Luft zu leiten haben, fogar nothwendig — dieselben aus verlöthetem Blech herzustellen, um das

Ausströmen der Luft an unerwünschter Stelle zu hindern. Kaltluft-Canäle sollten auch niemals unmittelbar unter dem Fußboden liegen, sondern von diesem durch eine, wenn auch dünne Sand- und Strohlehmschicht getrennt sein, wie Fig. 135 erkennen läßt. (Vergl. auch Art. 221, S. 203 und die beigelegten Fig. 123 u. 124.)

Die erwähnten Orte sind häufig nur schwer zugänglich zu machen, befahrbar sogar in seltenen Fällen. Man fucht daher die Canäle unter dem Kellerfußboden anzubringen, wofelbst — bei genügend tiefem Grundwasserstande — der Raum für größere lichte Canalhöhen nicht mangelt. Die wagrechten Canäle für die Abführung der Luft aus den Räumen lassen sich hier immer unterbringen. Dienen sie dazu, die Luft behuf neuer Erwärmung den Heizkammern zuzuführen, so ist selbstverständlich, daß sie am Boden der Heizkammer münden müssen, also eine tiefe Lage derselben nicht stört. Sollen sie die Luft einem Lockschornstein zuleiten, so ist ihre tiefe Lage ebenfalls erwünscht. Die Canäle für frische Luft können eben so unbedenklich in dieser tiefen Lage angebracht werden; nur die Canäle für warme Luft müssen aus weiter unten zu erörternden Gründen in höheren Lagen Platz finden.

Alle Canäle, die zur Führung derjenigen Luft dienen, welche in die Zimmer gelangen soll, also diejenigen sowohl, welche frische Luft zuführen, als auch diejenigen, welche die Luft der Zimmer zu wiederholter Erwärmung in die Heizkammern geleiten, sind in Rücksicht auf Reinhaltung anzulegen. In denselben lagert sich Staub thierischen, pflanzlichen und mineralischen Ursprunges ab; derselbe wird von der bewegten Luft wiederholt aufgewirbelt und in die Zimmer geführt; ersterer zersetzt sich und erzeugt üble Gerüche. Durch Zufall gelangt auch Ungeziefer in die Canäle; die faulenden Leichen desselben verpesten die Luft. Es können die Canäle sogar Brutherde gefährlicherer Bakterien werden.

Man muß daher die Canäle, so weit sie mehr oder weniger wagrecht liegen, befahrbar oder doch so zugänglich machen, daß man sie von Zeit zu Zeit zu reinigen vermag, und die unvermeidlich engen Canäle lothrecht oder so anlegen, daß man dieselben durchblicken und nach Umständen mit einer Bürste säubern kann.

In Bezug auf Feuersicherheit der Schornsteine bestehen in verschiedenen Ländern verschiedene baupolizeiliche Vorschriften, weshalb an diesem Orte nicht auf dieselben einzugehen ist. Verständig angelegte Luft-Canäle werden niemals bis zur Entzündungs-Temperatur des Holzes erwärmt; jedoch haben die Luft-Canäle für die Feuersicherheit eines Gebäudes die große Bedeutung, daß sie zur Fortleitung eines Brandes, unter Umständen sogar zur Anfachung desselben dienen können, indem sie zu Schornsteinen werden.

Was das Längenprofil eines Luft-Canals betrifft, so kann dasselbe gleichsam beliebig gewählt werden, wenn die Luft mittels einer äußeren, drückend oder saugend wirkenden Kraft (Flügelbläser, Strahlbläser, Lockschornstein) bewegt wird. Soll dagegen der eigene Auftrieb die Luft bewegen, so sind bestimmte Rücksichtnahmen beim Entwerfen des Längenprofils erforderlich. Im Beharrungszustande

Fig. 134.

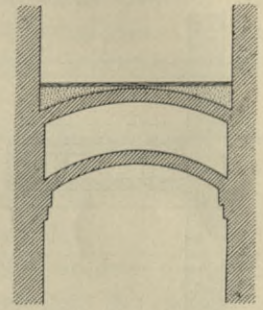
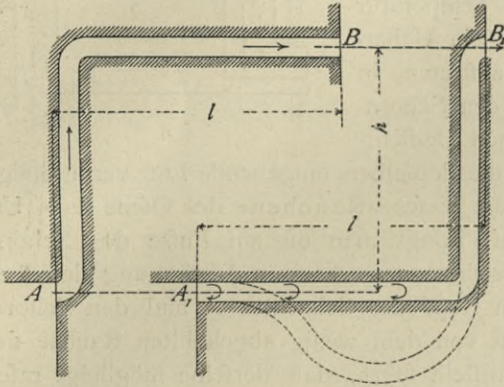


Fig. 135.



werden die beiden Canäle  $AB$  und  $A_1B_1$  (Fig. 136), welche die Luft auf dieselbe Höhe  $h$  und Länge  $l$  von  $A$ , bzw.  $A_1$  nach  $B$ , bzw.  $B_1$  mittels des Auftriebes derselben fördern sollen, sich genau gleich verhalten. Nicht so bei der Inbetriebsetzung.

Fig. 136.



Die Wärme der bei  $A$  einmündenden Luft wird zunächst zur Erwärmung des steigenden Theiles des Canales  $AB$  verwendet, so dass der gewünschte Auftrieb sehr bald vorhanden ist; die bei  $A_1$  eintretende Luft muss dagegen zunächst den liegenden Theil des Canales  $A_1B_1$  erwärmen, bevor die Bildung des Auftriebes im lothrechten Theile erfolgen kann. Im Canal  $AB$  tritt ein geringer Auftrieb sehr bald ein; derselbe erzeugt eine entsprechende Luftbewegung in steigender Richtung und führt neue Mengen warmer Luft herbei, welche die Wände mehr und

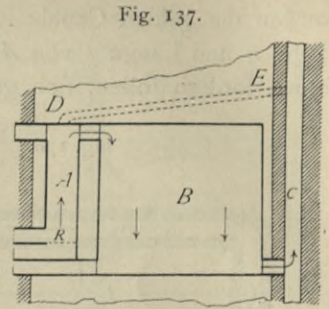
mehr erwärmen. Im Canal  $A_1B_1$  dagegen muss die zur Erwärmung des liegenden Theiles erforderliche warme Luft entweder durch einen vor  $A_1$  schon vorhandenen Auftrieb (z. B. der Heizkammer) oder durch Nebenströmungen herangeführt werden. Die warme Luft tritt an die Decke des liegenden Theiles, kühlt sich, diese erwärmend, ab und sinkt zu Boden, um nach  $A_1$  zurückzuzuliefern. So setzen sich die Nebenströmungen allmählig fort, bis die Erwärmung am Fusse des steigenden Canaltheiles angelangt ist. Hierzu ist oft eine sehr lange Zeit erforderlich; ich selbst beobachtete eine Heizungs-Anlage, bei welcher der Vorgang fast eine Woche währte. Treten noch die früher genannten Einflüsse des Temperaturwechsels hinzu, oder münden beide Canäle in einer und derselben Heizkammer, so ist es möglich, dass die Inbetriebsetzung des Canales  $A_1B_1$  überhaupt nicht gelingt. Noch ärger verhält sich die punktirte Canalanlage  $A_1B_1$ , indem bei dieser natürlich von einem Fortschreiten der die Länge  $l$  erwärmenden Nebenströmungen nicht die Rede sein kann.

Man wird daher, um Luft mittels ihres eigenen Auftriebes von einem Punkte zum anderen zu führen, den Canal zunächst steigen zu lassen suchen und erst alsdann in wagrechter Richtung weiter gehen lassen; ist eine solche Anordnung aus örtlichen Gründen unmöglich, so soll wenigstens das Längenprofil bis zum steigenden Theile nicht der punktirten Form  $A_1B_1$  (Fig. 136) ähnlich sein, sondern auch hier eine stetige, wenn auch geringe Steigung stattfinden.

Der Auftrieb, welcher in der Heizkammer selbst erzeugt wird, wirkt in gleicher Richtung; hier ist die Bewegungsrichtung der erwärmten Luft ebenfalls zunächst eine lothrecht aufsteigende, weshalb sie die nöthige Anregung zur Luftbewegung sofort nach der Lufterwärmung zu geben vermag.

Die Rauch-Canäle, in denen die Wärme des Rauches abgegeben werden soll, verhalten sich ähnlich. Fig. 137 stelle einen solchen Rauch-Canal schematisch dar. Bei  $R$  finde die Wärmeentwicklung statt; der Rauch strömt im Schacht  $A$  lothrecht nach oben und verliert in demselben, weil  $A$  verhältnismässig kleine Oberflächen besitzt, wenig Wärme; er sinkt in  $B$  nieder, weil hier eine der grossen Oberfläche von  $B$  entsprechende starke Abkühlung erfolgt, und entweicht

schliesslich in den Schornstein *C*. Der Inhalt von *B* ist hier immer kälter, als der Inhalt von *A*; sonach ist ein Auftrieb zwischen *A* und *B* vorhanden, welcher die Bewegung einleitet, namentlich auch Rauch in den Schornstein *C*, behuf dessen allmählicher Anwärmung, führt. Hierbei kann jedoch — wenn die Temperatur in *C* gleich ist der des Freien — in *B* ein Ueberdruck der Umgebung von *B* gegenüber auftreten, in Folge dessen der Rauch nicht allein in den Schornstein *C*, sondern auch durch alle etwaigen Undichtigkeiten des Ofenkastens *B* entweicht und die denselben umgebende Luft verunreinigt. Sobald der Schornstein *C* erwärmt ist, hört dieses »Rauchen« des Ofens auf. Um den genannten Uebelstand zu vermeiden, bringt man oft am Fusse des Schornsteines *C* ein besonderes Lockfeuer an, welches zur vorherigen Anwärmung desselben benutzt wird, oder schaltet zwischen den Kopf des Schachtes *A* und den Schornstein eine Röhre *DE* ein, welche zunächst von dem wenig abgekühlten Rauche des Schachtes *A* einen Theil so in den Schornstein führt, dass derselbe möglichst rasch erwärmt wird. Nachdem dieses geschehen, sperrt man den Rauchweg *DE*, um sämmtlichen Rauch in die vorhin genannte Bahn zu zwingen. Die Röhre *DE* hat jedoch, wegen der hohen, in ihr auftretenden Temperaturen, nur geringe Dauer.



### c) Construction.

Canäle und Luft-, bezw. Rauchröhren werden, wenn von den Rauchröhren der Zimmeröfen abgesehen wird, selten aus Eisenblech hergestellt. Die Verwendung des Zinkbleches beschränkt sich auf die Fälle, in denen man Canäle in das Gebälke legt. Gufseisen wird namentlich zu den Rauchröhren der Lockschornsteine gebraucht. Einige Techniker stützen die einzelnen Theile dieser Rauchröhren unmittelbar auf einander; die Folge hiervon ist, dass die Rauchröhre gegenüber dem umgebenden Mauerwerk erhebliche Dehnungen erleidet, die nicht allein das seitliche Stützen, sondern auch die Herstellung des oberen Abchlusses, der meistens mit dem Abschluss des gemauerten Schornsteines im Einklange stehen muss, erschwert. Bei Lockschornsteinen, deren Querschnitt der Fig. 116 (S. 200) entspricht, ist ein unmittelbares Aufeinandersetzen der einzelnen Gufseisentheile überhaupt unmöglich. Zweckmässig ist die Verbindung der wagrechten Fugen der in Rede stehenden Eisentheile nach Fig. 138. Der obere Rand jeder Platte oder jedes Ringes *A* trägt eine Rille *B*, in welche der untere Rand *C* des nächstfolgenden Stückes eintaucht. Der Spielraum zwischen den Innenflächen der Rille und dem Rande *C* wird mit Sand ausgefüllt und jedes Eisentück für sich aufgehängt, so dass sowohl eine genügende Dichtung der Fuge erzielt, als auch — da die untere Fläche von *C* nicht auf den Boden der Rille *B* stößt — jedem Ringstück oder jeder Platte Raum für die eigene Ausdehnung gegeben wird. Die Rille *B* kann sowohl mitten auf der Wand *A* stehen, als auch seitwärts von derselben angebracht werden; in letzterem Falle muss selbstverständlich der untere Theil von *C* verkröpft sein.

Fig. 138.

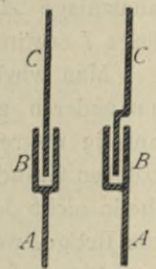
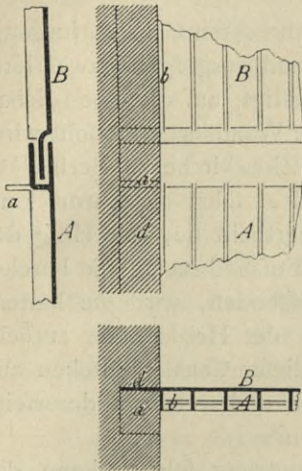


Fig. 139 stellt die Einzelheiten des Querschnittes in Fig. 129 (S. 208) in zwei lothrechten und einem wagrechten Schnitt dar. Die hier gerippten Eisenplatten

Fig. 139.



*A* und *B* greifen längs ihrer wagrechten Ränder so in einander, wie vorhin angegeben. Behuf Aufhängung der Platte *A* befinden sich an dieser zu beiden Seiten des oberen Randes Lappen *a*, welche in den Fugen des Mauerwerkes ihre Stütze finden. Die äußeren Rippen *b* erhöhen den feiltlichen dichten Abschluß der Platten, der schon durch den in das Mauerwerk ragenden Rand *d* hervorgebracht ist.

Thönerne Röhren, namentlich innen glafirte, finden Verwendung für in verhältnißmäßig dünnen Wänden unterzubringende lothrechte Canäle und wenn Leitungen unter einer Decke aufgehängt werden müssen.

Fig. 140 ist ein wagrechter Schnitt eines lothrechten Canals, wenn eine runde Röhre benutzt wird; Fig. 143 läßt erkennen, daß Röhren von rechteckigem Querschnitt den zur Verfügung stehenden Raum besser ausnutzen. Das äußere Maß der Röhren muß so gewählt werden, daß der Wandputz über die Außenflächen derselben hinweggeht. Man kann alsdann die Röhrenstücke stumpf auf einander stellen, indem der Wandputz die betreffende Fuge

233-  
Canäle  
aus  
Thonröhren.

genügend dichtet. Die Röhren dürfen erst aufgestellt werden, nachdem die Wände sich nicht mehr »setzen«, weil anderenfalls Risse entstehen, ja vielleicht die Röhren bersten würden. Hierdurch ist die Verwendung derartiger Canäle sehr eingeschränkt.

Die aufzuhängenden Röhren werden mittels Muffen gedichtet. Zum Schutze gegen Wärmeverluste schiebt man

Fig. 140.



Fig. 141.

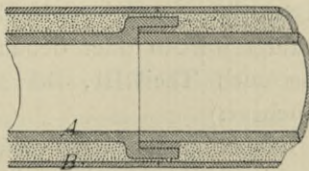


Fig. 142.

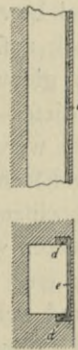


Fig. 143.

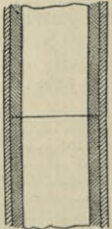


Fig. 144.

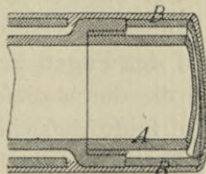
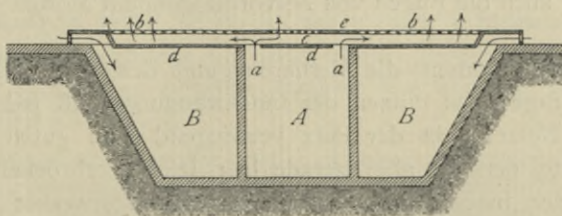


Fig. 145.



muffenlose Röhren *B* (Fig. 141) über die Leitungsröhren *A* und füllt den Hohlraum zwischen beiden mit einem schlechten Wärmeleiter, vielleicht Sand oder Infuforienerde. Behuf Erspärung an Raum und Gewinnung eines guten Aussehens werden die Schutzröhren *B* (Fig. 144) auch zwischen die Muffen der Leitungsröhren gesteckt; sodann überzieht man das Ganze mit Putz.

Die aufzuhängenden Röhren werden mittels Muffen gedichtet. Zum Schutze gegen Wärmeverluste schiebt man

234.  
Hölzerne  
Canäle.

Hölzerne Canäle finden nur selten Verwendung; jedoch gebraucht man zuweilen Holz in Verbindung mit Mauerwerk.

Fig. 142 zeigt beispielsweise die Construction eines lothrechten Canales im wagrechten und lothrechten Schnitt. Derselbe ist in einer Wand ausgespart; zwei lothrechte Hölzer *d, d* sind an den Seiten des Mauerwerkes befestigt, auf dieselben Schalbretter *e* genagelt und diese gerohrt und geputzt, so daß die Wandfläche schlicht wird.

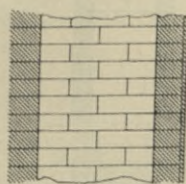
Fig. 145 ist der Querschnitt der Luft-Canäle in der Zionskirche zu Berlin<sup>150)</sup>. Dieselben liegen im Boden der Kirche; der mittlere Canal *A* führt die warme Luft von der unter dem Thurme liegenden Heizkammer und vertheilt sie, mit Hilfe der Schlitzre *a, a* und demnächst der engen Schlitzre *b, b* des Fußbodens, in die Kirche. Seitwärts, dicht über dem hier etwas tiefer liegenden Fußboden, wird die kältere Luft abgefaugt und gelangt mit Hilfe der Canäle *B* nach der Heizkammer zurück, um dort wiederholt erwärmt zu werden. Die Holztheile dieser Canäle bestehen aus den Querbalken *c*, unter welche die Bretter *d* genagelt sind und welche andererseits den aus schmalen Brettchen gebildeten Fußboden *e* tragen.

Bei fehlerhaften Anlagen, bezw. unverständiger Benutzung solcher kann die Temperatur der Heizluft über 120 Grad (bei welcher Temperatur das Holz sich schon bräunt) steigen, so daß bei größerer Dauer solchen Betriebes das von der Luft berührte Holzwerk sich entzündet. Man sieht deshalb meistens davon ab, für Heizluft-Canäle Holz zu verwenden. Ein bequemer und zweckmäßiger Ersatz der Holzbretter bietet sich nun in den sog. *Rabitz'schen* Platten; dies sind bekanntlich von beiden Seiten mit Mörtel beworfene Drahtgitter, welche wie Bretter (unter Dichtung der Fugen mittels Mörtel) zusammengefügt werden oder denen man von vornherein die Gestalt der Canäle giebt. (Siehe auch Theil III, Bd. 2, Heft 1, Abth. III, Abschn. 1, A, Kap. 10 dieses »Handbuches«.)

235.  
Gemauerte  
Canäle.

Die meisten Canäle werden aus Backsteinmauerwerk gefertigt. Man putzt alsdann wohl die inneren Flächen, um eine größere Glätte derselben zu gewinnen, wogegen an sich nichts einzuwenden ist. Bei engeren Canälen muß man jedoch das Putzen während des Aufmauerns ausführen; hiernach tritt das Setzen ein, so daß der auf den Fugen liegende Putz zerbröckelt und den Canal, auch die durch diesen geleitete Luft, verunreinigt. Für engere Canäle sollte deshalb stets Rohbau angewendet werden, d. h. (vergl. Fig. 146) die Fläche des Mauerwerkes, welche dem Canal zugewendet ist, möglichst sorgfältig gemauert, auch die Fugen von hervordringendem Mörtel gereinigt werden.

Fig. 146.



236.  
Gewöhnliche  
Schornsteine.

Bei Schornsteinen kommt die Verunreinigung des durch dieselben geleiteten Rauches nicht in Frage; das Putzen der Innenwandungen ist jedoch auch für diese von zweifelhaftem Nutzen, da der Putz vorwiegend zum guten Verschließen der Fugen dienen könnte, derselbe aber gerade hier leicht zerbröckelt wird. Ein sorgfältiges Ausfugen der Innenflächen des Schornsteinmauerwerkes ist deshalb auch hier dem in einer Dicke von 1 bis 1½ cm aufzutragenden Putze vorzuziehen. Das Schornsteinmauerwerk soll auch an den Außenseiten gut verputzt oder sorgfältig ausgefugt werden.

Enge (russische, vergl. Art. 215, S. 198) Schornsteine von quadratischem und von rechteckigem Querschnitt, und zwar sowohl diejenigen, welche in vollen Mauern

<sup>150)</sup> Siehe: Zeitschr. f. Bauw. 1873, S. 431.

ausgepart, als auch solche, welche in Fachwerkwände eingefchaltet<sup>151)</sup>, bezw. vor dieselben gefetzt oder welche ganz frei stehend errichtet werden, können mit Backsteinen der gebräuchlichen Abmessungen, bezw. des Normal-Formats (vergl. Theil I, Band 1, erste Hälfte, S. 68) im Verband ausgeführt werden, sobald die lichten Weiten der Querschnitte, den Mauerstärken entsprechend, in Abstufungen von  $\frac{1}{2}$  Stein, die lichten Längen der Querschnitte in Abstufungen von  $\frac{1}{4}$  Stein gewählt werden. (Vergl. die umstehenden Fig. 147 bis 150 mit Schornsteinquerschnitten von  $\frac{1}{2}$  auf  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$  auf  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  auf 1, 1 auf 1 Stein; ferner das über »Schornsteinverbände« in Theil III, Band 1, Abth. I, Abschn. 1, Kap. 2, unter a, 5 Gefagte.) Rechteckige Schornsteine mit anderen Lichtweiten sind daher nur schwer, kreisrunde Schornsteine (für Zimmeröfen) mit den gewöhnlichen Backsteinen gar nicht auszuführen, sobald man das häufige Zerfchlagen und Zuhauen der Steine, wodurch schlechter Verband, unschöne Flächen und kostspielige Arbeit verursacht werden, vermeiden will.

Aus diesem Grunde ist auch das in manchen Gegenden übliche Verfahren der Herstellung runder Schornsteine in der Weise, daß ein mit Handgriff versehener, walzenförmiger Holzkern mit Steinbrocken und Mörtel ummauert und die Putzflächen der Innenwandung durch Heraufziehen und Drehen dieses Kernes hergestellt werden, keineswegs zu empfehlen. In Folge dessen sollen enge kreisrunde Schornsteine, die in den Mauern selbst herzustellen, bezw. auszufparen sind, nur mit Röhren aus gebranntem Thon (was jedoch nur bei lothrechten Schornsteinen statthaft ist) ausgefüttert werden, oder sie sind aus besonderen Formsteinen herzustellen<sup>152)</sup>.

Solcher Formsteine, welche im Handel auch den Namen »Kaminsteine« führen, ist schon in Theil I, Band 1, erste Hälfte (Art. 19, S. 76) Erwähnung gefchehen.

Bei Gestaltung derartiger Formsteine sind folgende Rücksichten zu beobachten:

- a) Spitzwinkelige Ausläufe der Formsteine sind zu vermeiden.
- β) Deshalb sind die Stosfugen winkelrecht zur inneren Schornsteinwandung oder doch nur wenig hiervon abweichend anzuordnen.
- γ) Zur Herstellung eines Schornsteines soll eine möglichst geringe Zahl von Formstücken erforderlich sein.
- δ) Für Schornsteine, die in vollen Mauern auszuführen sind, ist darauf zu achten, daß die Formsteine dem gewöhnlichen Mauerverbände sich regelmäsig anschließen.
- ε) Eine solche Uebereinstimmung muß auch in den Abmessungen stattfinden; die Wanddicke, die der Schornstein bei Verwendung solcher Formsteine erhält, soll an der schwächsten Stelle nicht weniger als 9 cm betragen.

Obwohl es ausführbar, hie und da wohl auch schon ausgeführt worden ist, die Schornsteinhöhlung in jeder Schar aus nur 2 oder 3 Steinen zusammenzusetzen, werden in der Regel je 4 Steine in jeder Schar verwendet. Die Gestalt dieser Steine ist ziemlich verschieden gewählt worden, wie aus den in Fig. 151 bis 156 enthaltenen Beispielen hervorgeht.

Die in Fig. 155 dargestellten Formsteine sind zweckmäßiger gestaltet, als jene der Fig. 156, weil bei ersteren nur wenig spitzwinkelige, daher auch nur wenig zerbrechliche Kanten in den mittleren Theil der Mauerung gelegt sind, während in Fig. 156 sehr spitze Kantenwinkel (45 Grad) vorkommen, diese Kanten also auch leicht zerstört werden und überdies nach außen zu liegen kommen. Auch ist als Vortheil der erstgedachten Anordnung hervorzuheben, daß dieselbe nur eine Formsteinorte erfordert, während

<sup>151)</sup> Ueber die Anordnung dieser Einschaltung siehe: Theil III, Band 2, Heft 1 (Abth. III, Abschn. 1, A, Kap. 7) dieses »Handbuches«.

<sup>152)</sup> In Frankreich werden auch die engen Schornsteine von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt (mit abgerundeten Ecken) aus Formsteinen hergestellt.

Fig. 147.



Quadratförmige Schornsteine von  $14 \times 14$  cm (=  $\frac{1}{2}$  auf  $\frac{1}{2}$  Stein) Querschnitt.



Fig. 148.



Rechteckige Schornsteine von  $14 \times 20,5$  cm (=  $\frac{1}{2}$  auf  $\frac{3}{4}$  Stein) Querschnitt.



Fig. 149.



Rechteckige Schornsteine von  $14 \times 27$  cm (=  $\frac{1}{2}$  auf 1 Stein) Querschnitt.



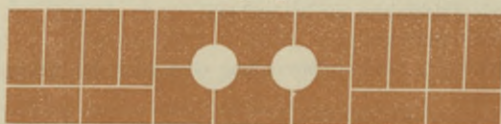
Fig. 150.



Rechteckige Schornsteine von  $27 \times 27$  cm (= 1 auf 1 Stein) Querschnitt.



Fig. 151.



Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. in  $1\frac{1}{2}$  Stein starker Mauer.



Fig. 152.



Runde Schornsteine von 14 cm 20 cm Durchm. in  $1\frac{1}{2}$  Stein starker Mauer.



Fig. 153.

Fig. 154.



Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. in 2 Stein starker Mauer.

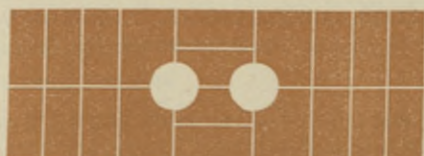


Fig. 155.



Fig. 156.



Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. und 32 cm äußerer Dicke.



Masstab:  $\frac{1}{25}$  w. Gr.



bei der zweiten 2 verschiedene Sorten notwendig sind. Beide Anordnungen sind nicht geeignet, Schornsteine mit dem Mauerwerk im Verband herzustellen, sonach nur für einzelne frei stehende oder in Fachwerkwände eingefaltete Schornsteine zu verwenden. Wollte man die in Fig. 155 dargestellten Formsteine auch für im Verband zu mauernde Schornsteine verwenden, so hätte man nach Fig. 152 u. 153 noch eine weitere Formsteinforte hinzuzufügen.

Die durch die Fig. 151 veranschaulichten Steine gestatten die Herstellung von Schornsteinen in  $1\frac{1}{2}$  Stein starken Mauern anschliessend an den Verband der letzteren; indess sind 4, bei gekuppelten Schornsteinen sogar 5 verschiedene Steinforten erforderlich. Die Formsteine in Fig. 154 werden sich kaum in schwächeren als 2 Stein starken Mauern ausführen lassen; es sind dabei 2 verschiedene Steinforten ausreichend, wenn die neben einander gelegenen Schornsteine in Abständen von mehr als 25 cm (von Mitte zu Mitte) angeordnet werden dürfen. Soll dieser Abstand geringer sein, so sind, wie aus Fig. 154 hervorgeht, 2 weitere (im Ganzen also 4) Formsteinforten erforderlich.

Aus den hier vorgeführten Beispielen geht hervor, dass die zur Zeit üblichen Formsteine noch zu wünschen übrig lassen und nicht in allen Fällen mit Vortheil zu verwenden sind. Abgesehen davon, dass die einen für Ausführungen im Verband gar nicht, die anderen fast nur für solche Ausführungen geeignet sind, erfordern die in Fig. 154 unter Umständen zu grosse Mauerdicken<sup>153</sup>).

Die runden Schornsteine werden auch aus hohlen Formstücken von ganz geschlossener Gestalt hergestellt; dieselben müssen, um zu verhindern, dass sie in Folge einseitiger Belastung bersten, höher sein, als die benachbarten Steine. Bisweilen

werden sie sogar so hoch hergestellt, dass im Schornstein nur  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{4}$  der wagrechten Fugen vorhanden sind, welche das angrenzende Mauerwerk enthält.

Als Beispiel für derartige Formstücke mögen die in Fig. 157 u. 158 dargestellten dienen; sie werden aus demselben Stoff, wie die in Theil I, Band I, erste Hälfte (Art. 81, S. 135) beschriebenen Schwemmsteine erzeugt und finden in manchen

Gegenden häufige Verwendung<sup>154</sup>). Indess ist hierbei mit Vorsicht zu verfahren, da sie sowohl in constructiver, als auch, wenn der verwendete Stoff nicht ein durchweg vorzüglicher ist, in feuerpolizeilicher Beziehung nicht ganz unbedenklich sind. Wird bei der Ausführung nicht sehr sorgfältig verfahren, so tritt häufig ein ungleichförmiges Setzen und hierdurch ein Abtrennen der Schornsteine von den benachbarten Wänden oder dem sich anschliessenden Mauerwerk ein. Auch ist es bei der in Fig. 159 veranschaulichten Isolirung der Schornsteine *a*, *a* von der Fachwerkwand *W* dringend geboten, die Rauchröhre *r* des Ofens von vornherein einzumauern und zum Schutze gegen Feuersgefahr den hohlen Raum *C* mit Asche zu verfüllen<sup>155</sup>).

Anstatt solcher Formstücke werden auch Schornsteintrommeln aus gebranntem Thon verwendet, die mittels Verfalzung auf einander gesetzt werden; ihre Aussenwandung wird mit Riefen versehen, damit der Putz besser daran haften. Diese Construction ist in Frankreich vielfach üblich; der Schornsteinquerschnitt wird dort rechteckig mit ausgerundeten Ecken gewählt; die lichte Weite beträgt in der Regel 17, bezw. 24 cm, die Höhe

der Trommeln 30 bis 50 cm und die Wanddicke 3 bis 4 cm. Damit die Innenwandungen der Schornsteine möglichst glatt sind, werden die thönernen Formstücke wohl auch innen glazirt<sup>156</sup>).

<sup>153</sup>) Die in Frankreich unter dem Namen *égierre*, *plat à barbe*, *violon* und *chapeau de commisaire* üblichen Formsteine, ferner die von *Gourlier* eingeführten I-förmigen Formsteine, endlich die von *Courtois* herrührenden Formsteine für Schornsteine von elliptischem Querschnitt sind in: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités* (Paris 1880. S. 254–256) zu sehen.

<sup>154</sup>) Die an der angezogenen Stelle in der Fussnote 81 genannte Firma *Hubaleck & Co.* in Neuwied-Weiffenthurm erzeugt solche Kaminsteine für Schornsteine von 15 bis 31,5 cm lichte Weite; die Wandstärke beträgt 8 bis 9 cm, die Höhe der einzelnen Stücke 32 cm.

<sup>155</sup>) Vergl. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1880, S. 117.

<sup>156</sup>) Ueber die von *Fourouge* u. A. herrührenden derartigen Formstücke siehe: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités*. Paris 1880. S. 253, 256 u. 257.

Fig. 157.

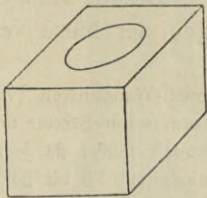


Fig. 158.

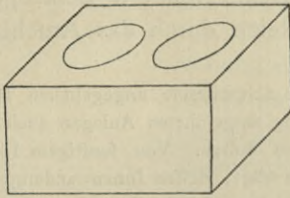
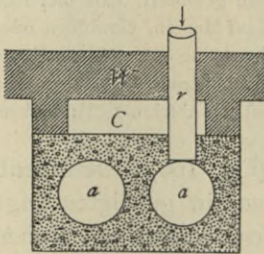


Fig. 159.



239.  
Sonst. conflu.  
Einzelheiten  
der  
Schornsteine.

Ueber die Abmessungen der Schornsteine wurde bereits in Art. 215 (S. 198) das Erforderliche gefagt. Die Wanddicke hat bei runden Schornsteinen mindestens 9 cm, bei Schornsteinen von rechteckigem Querschnitt mindestens 12 cm (=  $\frac{1}{2}$  Stein) zu betragen, vorausgesetzt, dafs diese Schornsteine im Inneren der Gebäude gelegen sind. In  $1\frac{1}{2}$  Stein starken Backsteinmauern können deshalb bei Anwendung von Formsteinen runde Schornsteine bis zu 20 cm (ohne Putz) lichter Weite (siehe Fig. 153) ausgeführt werden; einzelne frei stehende Schornsteine von 14 bis 20 cm lichtem Durchmesser erfordern im Aeufseren bezw. 32 bis 38 cm Quadratseite. (Vergl. auch Fig. 155 u. 156.)

Ist eine Schornsteinmauer nach dem Freien zu gelegen, so ist an dieser Seite, um eine zu grofse Abkühlung der Rauchgase zu verhüten, die Mindest-Wanddicke der Schornsteine auf 25 cm (= 1 Stein) zu erhöhen.

Liegen in einer Mauer mehrere Schornsteine nahe neben einander, so sind die sie trennenden Scheidungen oder Zungen mindestens 9 cm dick zu machen; indess wird man bis auf dieses Mindestmafs nur bei Formsteinen herabgehen können; bei Anwendung gewöhnlicher Backsteine wird dasselbe 12 cm (=  $\frac{1}{2}$  Stein) betragen. Die hie und da übliche Herstellung der Schornsteinzungen aus hochkantig gestellten Backsteinen (also in einer Stärke von nur 6,5 cm) ist unzulässig; es wird hierdurch nicht nur ein guter Verband unmöglich gemacht; sondern derartige schwache Zungen können auch beim Reinigen der Schornsteine durch das Anschlagen der hiezu verwendeten Kugeln beschädigt werden.

Die für im Inneren der Gebäude gelegene Schornsteine angegebenen Mindest-Wanddicken (von 9, bezw. 12 cm) genügen bei gut und ordnungsmässig ausgeführten Anlagen auch dann, wenn Bretter und Latten in Decken, Wänden und Fußböden dagegen stofsen. Von sonstigem Holzwerk mufs, da jeder Schornstein die Gefahr der Rußentzündung in sich trägt, dessen Innenwandung mindestens 20 bis 25 cm entfernt bleiben; werden die betreffenden Holztheile durch Blechbekleidung oder durch Ausmauerung des zwischen ihnen und dem Schornstein gelegenen Zwischenraumes geschützt, so kann der erwähnte Mindestabstand um etwa 5 cm vermindert werden.

Sowohl rechteckige, wie kreisrunde Schornsteine sollen auf ihre ganze Länge in gleicher Lichtweite hergestellt und durch keinerlei in sie hineinragende Gegenstände stellenweise verengt werden. Wie später noch beim Reinigen der Schornsteine (Art. 255, S. 232) gezeigt werden wird, empfiehlt es sich, dieselben bis in das Kellergeschofs hinabzuführen. Es wird ferner von den Schornsteinen gefordert, dafs dieselben entweder auf sicherem Baugrund errichtet seien oder sicher und ausschliesslich auf Mauern, Gewölben oder geeigneten Eisen-Constructionen aufrufen. Das Auffetzen derselben auf Holzgebälke oder deren Unterstützung durch Fachwerkwände ist unstatthaft. Die durch Schornsteine durchschnittenen Gebälke müssen in der Weise ausgewechselt werden, wie dies bereits in Theil III, Band 2, Heft 2 (Abschn. 2, B: Balken-Decken) gezeigt wurde<sup>157)</sup>.

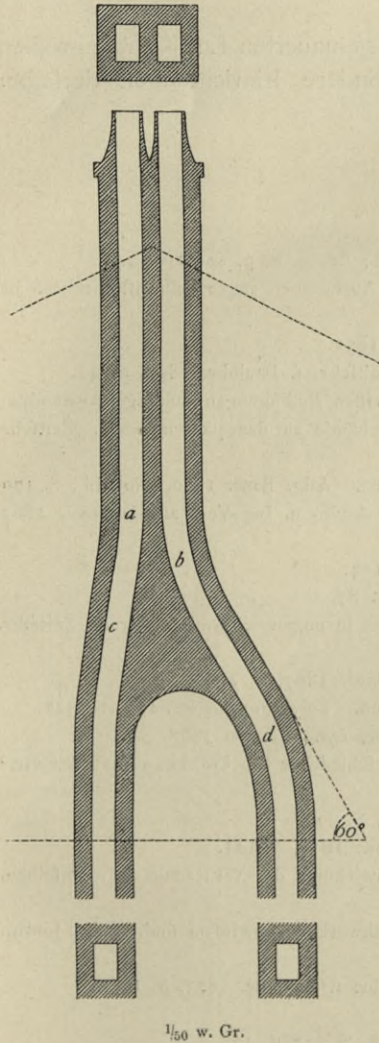
240.  
Schleifen  
der  
Schornsteine.

Das sog. Schleifen oder Ziehen der Schornsteine (Fig. 160) besteht entweder darin, dafs man einen Schornstein den Dachbodenraum in geneigter Lage durchziehen läfst, um ihn in der Nähe des Dachfirftes ausmünden lassen zu können (vergl. den nächsten Artikel), oder das Schleifen entsteht durch Vereinigung zweier oder mehrerer, nicht zu weit von einander entfernten Schornsteine zu einem einzigen Mauerkörper, in welchem Falle man den Vortheil erzielt, dafs die Dachfläche statt an zwei oder mehreren Stellen nur an einem Punkte durchschnitten wird. Der geschleifte Schornstein darf nicht mehr als 30 Grad von der lothrechten Lage abweichen und soll entweder ganz in vollen Mauern liegen oder von steinernen Gewölben getragen werden. Das Schleifen der Schornsteine auf hölzernen Brücken oder sonstigen Holzunterlagen, eben so flachere Neigungen als 60 Grad zur Wag-

<sup>157)</sup> Art. 236 bis 239: Zufätze der Herausgeber.

rechten sind zu verwerfen. Dergleichen ist das Ineinanderschleifen oder Zusammenleiten zweier oder noch mehrerer Schornsteinquerschnitte in einen einzigen nicht statthaft, da durch das Weglassen der Zungen die Reinigung und die Rauchabführung beeinträchtigt werden. Richtungswechsel (siehe die Stellen *a, b, d* in Fig. 160) sind abzurunden<sup>158)</sup>.

Fig. 160.



gemauerte Schornstein-Endigungen durch eiserne Anker, die auf den Dachsparren befestigt sind, fest zu halten.

Wenn gemauerte Canäle für Luftleitungen verwendet werden, deren Druck erheblich von demjenigen der sie umgebenden Luft verschieden ist, so findet ein nicht unbedeutendes Durchströmen der Poren des Mauerwerkes Seitens der Luft statt. In ein Canalnetz liefs ich verfuchshalber während einer Stunde 108 000 cbm Luft blasen. Obgleich alle regelmässigen Ausgänge gesperrt waren, stieg der Druck nur unbedeutend. Die Verschlüsse, Klappen und Schieber waren nicht ganz dicht; trotzdem war nur anzunehmen, dass der grösste Theil der Luft den Weg durch die

Die Schornsteine durchbrechen die betreffende Dachfläche und ragen über derselben noch ein Stück lothrecht empor. Die Länge dieses frei emporstehenden Theiles ist hauptsächlich von zwei Umständen abhängig. Zunächst ist es die Rücksicht auf Feuersgefahr, welche eine bestimmte Mindestentfernung allen Holzwerkes von der Schornsteinmündung erfordert. Nach *Baumeister* soll die letztere von der Dachfläche in lothrechttem Sinne mindestens 50 cm, im wagrechten Sinne mindestens 1 m, von höher gelegenen hölzernen Bautheilen wagrecht mindestens 1,5 m entfernt sein; bei unsicherer Bedachung muss der Schornstein 1 m über die Höhe des Dachfirfts emporgeführt werden<sup>158)</sup>.

Das letztgedachte Emporführen der Schornsteinmündung über den Dachfirft empfiehlt sich indess nicht nur der Feuersgefahr wegen, sondern auch des Einflusses halber, welchen die Windströmungen auf den Abzug der Rauchgase ausüben. Von diesen Einflüssen und der dadurch bedingten Höhe des über der Dachfläche hervorragenden Schornsteintheiles wird noch im Folgenden (unter *d*) die Rede sein; an dieser Stelle sei nur erwähnt, dass man mit Rücksicht auf diese Zugstörungen häufig sämmtliche Schornsteine, auch bei grösserer Entfernung vom Dachfirft, so weit emporführt, dass sie denselben überragen.

Solche nahe am Dachfaume aus den Dachflächen austretende, sehr hohe Schornsteinenden haben, da ihre wagrechten Abmessungen geringe sind, häufig keine genügende Widerstandsfähigkeit gegen die herrschenden Winde. Man setzt deshalb auf die gemauerten Schornsteine bisweilen Röhren aus Eisen oder Thon auf; immerhin sind solche Röhren, wie auch höhere ge-

241.  
Schornstein-  
Ausmündungen.

242.  
Construccion  
gemauerter  
Luft-Canäle.

<sup>158)</sup> Vergl.: BAUMEISTER, R. Normale Bauordnung. Wiesbaden 1881. §. 33, S. 48.

Wände gefunden habe. Thatfächlich wurde der Zustand in hohem Grade gebessert, nachdem die Innenflächen des befahrbaren Theiles des Canalnetzes wiederholt mit Wasserglas geftrichen waren. Bei größeren Anlagen wird man von vornherein auf möglichste Dichtheit der Wände zu sehen haben und deshalb durch Aus- oder Bekleiden mit Cementputz, einer Asphaltfchicht oder durch ähnliche Mittel die Luftdurchlässigkeit beseitigen oder doch vermindern.

Im Uebrigen gilt bezüglich der Construction der gemauerten Luft-Canäle grolsentheils das über Schornsteine Gefagte; einige besondere Einrichtungen derselben werden noch unter d und e beschrieben werden.

### Literatur

über »Schornsteine«.

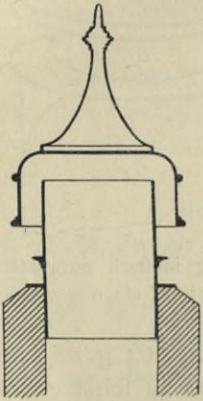
- Cause and cure of smoky chimneys.* *Builder*, Bd. 8, S. 529, 578; Bd. 9, S. 3, 68, 212, 243.  
 Preussische Verfügung vom 22. Dec. 1851, die Anlage und das Ausbrennen enger Schornsteinröhren betreffend. *Zeitschr. f. Bauw.* 1852, S. 3.  
 ECKSTEIN, G. F. *A practical treatise on chimneys etc.* London 1852.  
 Theorie der Schornsteine und Feuerungsanlagen. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1858, S. 41.  
 Preussischer Erlafs vom 15. Sept. 1860, betreffend die unter gewissen Bedingungen zulässige Anwendung von Luftsteinen zu befahrbaren Schornsteinen einstöckiger Gebäude auf dem platten Lande. *Zeitschr. f. Bauw.* 1861, S. 1.  
 JOHANNY. Praktische Vorschläge zur Verbesserung der Schornsteine. *Allg. Bauz.* 1862, *Notizbl.*, S. 170.  
 Neue Methode der Rauchabführung aus Gebäuden. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1862, S. 198.  
 Ueber Schornsteine. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1864, S. 154.  
 SCHÄVEN. Ueber Schornsteinanlagen. *Zeitschr. f. Bauw.* 1867, S. 87.  
 Preussischer Circular-Erlafs vom 4. Jan. 1867, betreffend den Glanzruß in engen Schornsteinröhren. *Zeitschr. f. Bauw.* 1867, S. 105.  
 Einführung mehrerer Oefen in denselben Schornstein. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 232.  
 Ueber die Verminderung des Glanzrußes in engen Schornsteinröhren. *Polyt. Journ.*, Bd. 185, S. 322.  
 EDWARDS, F. *A treatise on smoky chimneys; their cure and prevention.* London 1868.  
 SCHWATLO. Kann ein russisches Schornsteinrohr auch Oefen verschiedener Stockwerke aufnehmen etc.? *Zeitschr. f. Bauw.* 1868, S. 127.  
 Schornsteine aus hohlen fog. Kaminsteinen. *Deutsche Bauz.* 1868, S. 69.  
 Ueber die Ursachen der Bildung des Glanzrußes. *Zeitschr. f. Bauw.* 1870, S. 121.  
 HUBER, C. Ueber den Zug in den Schornsteinen und die Einwirkung der Witterung auf denselben. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1870, S. 383.  
 MEIDINGER. Zugstörungen in Schornsteinen, welche mehreren Stockwerken gemeinfam find. *Polyt. Journ.*, Bd. 203, S. 185. *Polyt. Centralbl.* 1872, S. 715.  
 MEIDINGER. Ueber Zugstörung in Kaminen. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1873, S. 6.  
*Des tuyaux de cheminées.* *Gaz. des arch. et du bât.* 1874, S. 83.  
 Feuergefährlichkeit von Schornstein-Anlagen. *Deutsche Bauz.* 1878, S. 132 u. 175.  
 Empfehlenswerthe Vorsicht bei der Anlage und Benutzung von fog. »einläufigen« engen Kaminen. *Baugwks.-Ztg.* 1880, S. 40.  
 AUMONT, H. *Wagons et tuyaux de fumée dans l'épaisseur des murs.* *La semaine des constr.*, Jahrg. 9, S. 332.  
 Die Literatur über die in Art. 250 u. 251 (S. 229) noch zu besprechenden »Schornstein-Kappen, -Auffätze etc.« siehe auf S. 180.

#### d) Sicherungen gegen atmosphärische Einflüsse, gegen Staub, Ungeziefer etc.; Schornsteinauffätze und sonstige Einrichtungen.

Von den atmosphärischen Einflüssen ist zunächst die Wirkung der kälteren, fonach schwereren atmosphärischen Luft an den Mündungen der Schornsteine und Luft-Abführungschächte zu nennen.

Würde man einen mit warmer Luft gefüllten Schacht unten abschließen, so würde gleichwohl ein Theil derselben emporsteigen, während die kältere, über der Schachtmündung befindliche Luft nach unten strömt. Deshalb ist derselbe Vorgang, nur gemildert, bezw. gehemmt durch die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft, vorauszusetzen, während der Schacht unten geöffnet, bezw. in Thätigkeit ist. Mit der Zunahme der Ausströmungsgeschwindigkeit nimmt offenbar das Einströmen der kalten Luft ab, weshalb man dieses unschädlich macht — die Schädlichkeit besteht in der unmittelbaren Störung des Luftausflusses und der Abkühlung der im Schornsteine befindlichen Luft — durch entsprechende Ausströmungsgeschwindigkeit. Man pflegt nicht unter 1 m Ausströmungsgeschwindigkeit herabzugehen, verwendet aber, namentlich bei Rauch, der mittels Schornsteine größeren Querschnittes abgeführt wird, nicht selten viel größere Geschwindigkeiten. Deshalb werden die Schornsteine häufig nach oben verengt; man will an der Mündung derselben eine größere, weiter unten, der Verringerung der Widerstände halber, eine kleinere Geschwindigkeit haben. (Vergl. auch Art. 251, S. 229.)

Fig. 161.



Schornsteinhaube.

Das Ausströmen warmer und das Niederfallen kalter Luft ist bei außer Betrieb befindlichen Schornsteinen, wie Lüftungschloten noch in anderer Richtung beachtenswerth. Selbst wenn dieselben unten geschlossen sind, so führt die in Rede stehende Spülung verhältnißmäßig rasch deren Abkühlung herbei, wodurch auch dann die Wiederinbetriebsetzung erschwert wird, wenn die Unterbrechung des Betriebes nur kürzere Zeit stattfindet. Man kann diesem Uebelstande durch Aufsetzen einer nach Fig. 161 eingerichteten Haube einigermaßen vorbeugen; diese läßt nur in so weit kalte Luft an die eigentliche Schornsteinmündung gelangen, als solche durch den Wind unter dem Rande der Haube hindurch getrieben wird.

Der Wind kann, da derselbe bei etwa 7 m Geschwindigkeit einen Druck von etwa 6 kg, heftiger Wind bei etwa 12 m Geschwindigkeit einen Druck von 18 kg, Sturm bei etwa 25 m Geschwindigkeit einen Druck von 74 kg für 1 qm ausübt, die Luftströmungen der Canäle außerordentlich beeinflussen.

Zunächst an den Mündungen der Abzugs-Canäle und Schornsteine. Indem der Wind über benachbarte höhere Gegenstände, Hügel, Dächer u. f. w. hinwegströmt, nimmt derselbe eine nach unten geneigte Bewegungsrichtung an, so daß ein Zweig seiner Geschwindigkeit in die Schornsteinmündung stößt. Das glatte prismatische Ende einer dünnwandigen Röhre (Fig. 162), der zugespitzte Kopf eines gemauerten Schachtes (Fig. 163) und ähnliche Formen (vergl. Fig. 172 bis 175 auf S. 229) bringen eine solche Ablenkung des wenig geneigten Windstromes hervor, daß die Seitenströmung die Hauptströmung über der Mündung nach oben abzulenken vermag. An den Enden derartiger Schächte angebrachte Gefimse hemmen die nützliche, nach oben gerichtete Seitenströmung und sollten deshalb nicht vorkommen.

Fig. 162.

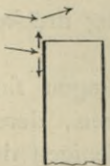
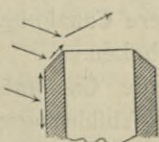


Fig. 163.



Die Saugköpfe in Fig. 87, 88, 96, 97 u. 98 (S. 176 u. 179) heben selbstverständlich den bisher in Rede stehenden Einfluß, indem der Wind unter ihrer Hilfe, statt

244.  
Einfluß  
des  
Windes.

245.  
Luftfauger.

in die Canalmündung zu drücken, in derselben eine Luftverdünnung hervorruft. Diefes ist jedoch auch nicht immer angenehm, indem durch sie stofsweise eine zu starke Luft-Abführung herbeigeführt wird.

Ein Windkopf, welcher ebenfalls etwas faugend wirkt, vor Allem aber im vorliegenden Sinne nutzt, ist in Fig. 164 im lothrechten Durchschnitte und in einer Seitenansicht dargestellt.

Auf einer Spitze *a*, die entweder von drei Beinen *b* oder einer im Steg *d* steckenden Spindel *c* getragen wird, schwingt der kegelförmige Hut *A*. Wenn jeglicher Wind mangelt, so befindet sich die Axe des kegelförmigen Hutes in lothrechter Lage, und Luft oder Rauch vermögen, nach Ueberwindung eines geringen Widerstandes (etwa  $1,2 \gamma \frac{v^2}{2g}$ ),

aus der zwischen Kegelmantel *A* und Schornsteinröhre *B* befindlichen ringförmigen Oeffnung zu entweichen. Sobald jedoch eine nennenswerthe Geschwindigkeit des Windes eintritt, so legt sich der Rand des Kegels vor dem Winde an den Rand der Röhre *B*, während auf der entgegengesetzten Seite ein um so größerer Spalt für das Abströmen der Luft oder des Rauches frei wird. Damit das Neigen des Kegels schon bei mäßigem Winde eintritt, muß das Gegengewicht *e* angebracht werden; hierdurch wird der Schwerpunkt des Hutes nach oben gerückt und die Arbeit für das Heben desselben geringer. Die Schornsteinröhre *B* ist mit einem breiten Rande *f* versehen, welcher das Abheben des Kegels durch zufällig in stark aufwärts geneigter Richtung stofsenden Wind verhütet. Dieser Rand dient, wenn der Windhut auf einen gemauerten Schacht *g* gefetzt wird, gleichzeitig zur Abdeckung des Mauerwerkes.

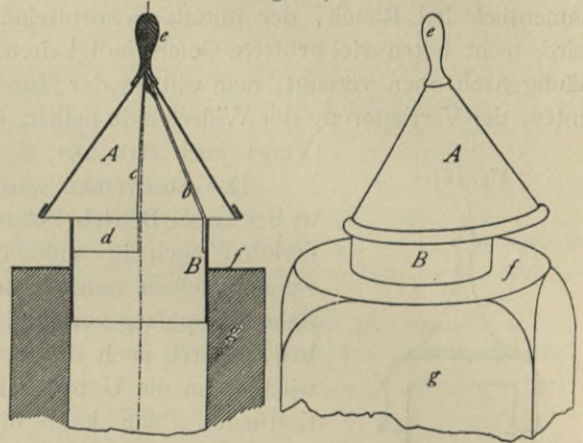


Fig. 164.

246.  
Ausmündung  
der Luft-  
Ableitungen.

Weder die früher beschriebenen Saugköpfe, noch der in Fig. 164 gezeichnete Windhut vermögen den freien Austritt der Luft oder des Rauches zu schützen, sobald durch Wind der Druck der Luft in der Umgebung der Canalmündung vergrößert wird. Dieser Fall tritt z. B. ein, sobald der Wind gegen eine lothrechte oder steile Fläche stößt, vor welcher, und zwar in geringer Entfernung von derselben, die Canalmündung sich befindet. Noch gefährlicher ist der Ort der Schornsteinmündung an der lothrechten Wand eines Dachausbaues, der vom Dach des letzteren überragt wird, so daß der gegen die Wand stossende Wind so zwischen dem Hauptdach und dem überstehenden Theil des Ausbaudaches sich fängt, daß der Rauch unweigerlich nach unten gestossen wird. Vermag man den auf die obere Canalmündung drückenden Wind gleichzeitig auf die untere Canalmündung drücken zu lassen, so ist natürlich der besprochene Uebelstand gehoben.

Die schädlichen Einwirkungen des Windes auf die Canalmündungen sind weniger fühlbar bei den Schornsteinen, als bei den Luft-Abführungsröhren, deren Temperatur und deren Auftrieb fast immer weit geringer sind, als diejenigen der Rauchschornsteine. Namentlich wird auch das zu starke, stofsweise Saugen der Luft-Abführungsröhren recht unangenehm, da man sich gegen dasselbe durch irgend welche Regelung nicht zu schützen vermag. Man läßt in Folge dessen häufig diese Röhren unter Dach, in den unbefchränkten und vermöge der zahllosen Oeffnungen der Dachdeckung oder mittels besonders angebrachter Röhren überall mit der freien Luft in Verbindung stehenden Dachraum münden. Hier sind sie gegen die Einflüsse

des Windes in denkbar bester Art geschützt. Leider hat dieses Verfahren nicht unbedeutende Nachtheile im Gefolge. Im Winter kühlt sich die warme, in den Dachraum tretende Luft, namentlich an der unteren Fläche der Bedachung, ab und verliert dadurch die Fähigkeit, fämmtlichen in sich aufgenommenen Wasserdampf fest zu halten. Die Verdichtung des letzteren veranlaßt eine Netzung der Bedachung, so wie des Holzwerkes und führt hierdurch die Fäulniß desselben herbei. Auf dem in vorliegender Weise benutzten Dachboden eines viel benutzten Ballhauses fand ich das Holzwerk mit Schimmel überzogen.

Aehnlich unangenehm kann eine andere Folge der in Rede stehenden Einrichtung sein. Durch die große, in den Dachraum geführte Wärmemenge thaut der Schnee auf der von unten erwärmten Dachfläche früher, als in der Dachrinne. Das niederfickernde Wasser gefriert in der Rinne und wenn die Umstände ungünstig zusammentreffen, so bilden sich an den gesperrten Dachrinnen schwere Eiszapfen, welche die Dachrinnen beschädigen oder gar abbrechen.

Man wird daher die Canalmündungen nur mit aller Rücksicht auf die soeben besprochenen Vorgänge unter Dach legen.

Ein Lockschornstein, welcher die Luft einer Zahl von Räumen abführt und der so hoch gemacht wird, daß die Luftströmungen seine Mündung nahezu wagrecht treffen und ein Anstauen der Luft in deren Nähe unmöglich ist, leidet fast nicht unter den Einflüssen des Windes, weshalb — zumal in den tiefer liegenden Geschossen die Canäle besser unterzubringen sind und die Temperatur der Lockschornsteine durch ergänzendes Heizen der Temperatur des Freien angepaßt werden kann — es sich in sehr vielen Fällen empfiehlt, die Luft nach unten in einen gemeinschaftlichen Sammel-Canal und mit Hilfe dessen einem Lockschornsteine zuzuführen.

Die Mündungen der Luft-Einleitungs-Canäle leiden nicht weniger unter den Einflüssen des Windes, als diejenigen, welche die Luft abzuführen bestimmt sind.

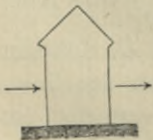
Sie befinden sich entweder in der Nähe des Erdbodens oder über dem Dache oder zwischen diesen beiden Orten, in den lothrechten Wänden des Gebäudes.

Die Erörterung der Vorgänge an über Dach befindlichen Zuführungs-Canalmündungen kann ich hier unterlassen, da sie vorwiegend Wiederholungen des über die Abführungs-Canalmündungen Gefagten bringen würde.

Canalmündungen in den lothrechten Außenwänden der Gebäude werden durch den Wind weit unmittelbarer getroffen, als die vorhin genannten.

Schuttmittel vermögen die Einflüsse auf die Mündungen nicht zu brechen, da, wenn z. B. gegen das Haus (Fig. 165) der Wind in der Richtung des Pfeiles die vor dem Winde liegende Hausfläche trifft, hier eine Anstauung, eine Vermehrung des Luftdruckes erfolgt, während an der vom Winde abliegenden Fläche eine Luftverdünnung, eine Verminderung des Druckes eintritt. Je nach der wechselnden Windrichtung unterstützt daher der Wind die Mittel, welche zur Bewegung der Luft im zugehörigen Canalnetz dienen, oder wirkt ihnen entgegen. Angesichts der wiederholt hervorgehobenen Kraft des Windes werden nicht selten die schwächeren Mittel (z. B. der Auftrieb) überwunden, aber auch die Leistung der kräftigeren Mittel (Gebläse) in erheblichem Mafse herabgedrückt. Andererseits wird zuweilen die Luft mit großer Heftigkeit eingeblasen, und zwar stoßweise, so daß der Aufenthalt im gelüfteten Raume recht unbehaglich werden kann.

Fig. 165.



247.  
Ausmündung  
der Luft-  
Zuleitungen.

Das zu kräftige stofsweise Einblasen läßt sich durch eine Klappenanordnung, welche Fig. 166 verfinnlicht, verhindern.

Innerhalb des Canales befindet sich ein Rahmenwerk  $AB$ , welches mittels Querläbe in einzelne Oeffnungen so zerlegt ist, das Leinwandstreifen  $C$ , die, mit ihrem oberen Rande befestigt, an ihrem unteren Rande durch einen eingelegten Draht belafet sind, die einzelnen Oeffnungen verschliessen, sobald die Windgeschwindigkeit eine zu grose wird. Bei geringerer Luftgeschwindigkeit fallen die Klappen in eine nahezu lothrechte Lage zuruck, so das die Luft durch die frei gelegten Oeffnungen des Rahmenwerkes  $AB$  hindurch zu fliesen vermag.

Der hinter dem Winde, also in Bezug auf Fig. 165 rechts mündende, der Luft-Einführung gewidmete Canal kann gegen stofsweises Abfaugen in ähnlicher Weise geschützt werden; jedoch hat dies geringen Werth, da, so lange die betreffende Windrichtung dauert, das Einströmen der Luft mindestens beschränkt wird, also die Anlage das Erwartete nicht leistet.

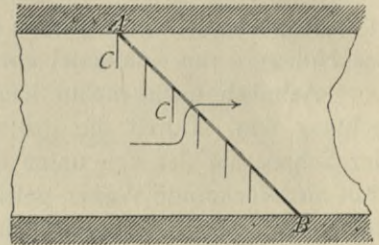


Fig. 166.

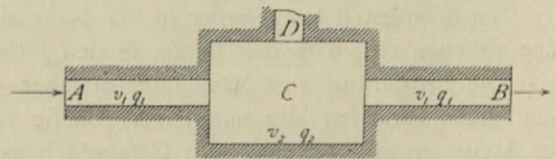
Alle in den lothrechten Wänden der Gebäude oder im Bereich der durch sie veranlafsten Luftstauungen, bezw. Luftverdünnungen gelegenen Eintrittsoeffnungen für die frische Luft werden sonach in erheblichem Grade vom Winde beeinflusst. Die Wirkung dieser Beeinflussung auf die Luftbewegung in den Canälen des Gebäudes kann nur dadurch gebrochen werden, das man zweiseitige Luft-Zufuhr anwendet, d. h. der an einer Seite des Gebäudes gelegenen Eintrittsoeffnung eine solche an der anderen Seite gegenüber legt und beide in geeigneter Weise mit einander verbindet.

Am wirksamsten ist folgende Einrichtung.

Zwei Luft-Schöpföffnungen  $A$  und  $B$  (Fig. 167), welche an entgegengesetzten Seiten des Gebäudes liegen, sind mittels eines Canales unter sich verbunden, dessen Querschnitt bei  $C$  eine bedeutende Erweiterung enthält.

Wenn nun die Querschnitte  $q_1$ , wie auch die Widerstände diesseits und jenseits der Erweiterung als gleich angenommen werden dürfen und  $q_2$ , d. i. der Querschnitt der Erweiterung, gegenüber  $q_1$  grofs genug ist, um die Geschwindigkeit  $v_2$  gegenüber  $v_1$  zu vernachlässigen, so musz der Druck in  $C$  etwa mitten zwischen denjenigen Drücken liegen, die vor, bezw. hinter dem Winde herrschen, d. h. etwa gleich demjenigen in der freien Luft sein. Die aus  $C$  mittels des Canales  $D$  abgeleitete Luft ist demnach den Einflüssen der Windströmungen im

Fig. 167.



Wesentlichen entzogen. Dies gelingt um so vollständiger, je grösser  $\frac{q_2}{q_1}$  ist. Aber auch das Verhältnisz des Querschnittes  $q_1$  zum Querschnitt des Canales  $D$ , richtiger zu der durch  $D$  entnommenen Luftmenge, ist von Einfluss, indem durch den linksseitigen Canaltheil diejenige Luft strömt, welche rechtsseitig entweicht, vermehrt um die durch  $D$  abgeleitete. Die Widerstände sind demnach von  $A$  bis  $C$  grösser, als von  $C$  bis  $B$ . Je grösser  $q_1$  gegenüber der verlangten Luftmenge ist, desto mehr verschwindet dieser Unterschied.

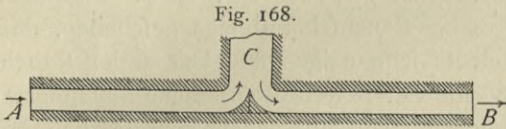
Man benutzt diese Regeln, indem man erhebliche Canalerweiterungen oder geradezu Luftkammern auf dem Dachboden oder im Keller anbringt, diese einerseits



mit zwei oder mehreren einander entgegengesetzten Mündungen, die zur Zuführung der Luft dienen, andererseits mit den Heizkammern oder Vertheilungs-Canälen in Verbindung bringt. Diese Querschnittserweiterungen verbinden mit ihrem eigentlichen Zweck den Nebenvortheil, daß ein großer Theil des mit der frischen Luft eingeführten Staubes in denselben sich ablagert.

Diejenigen Luft-Zuführungs-Canäle, welche zwischen den Balken liegen, können Raummangels halber nicht mit genügenden Querschnittserweiterungen versehen werden; man schützt sie vor den Einflüssen des Windes durch entsprechende Hebung der Canalföhle.

*A* und *B* (Fig. 168) seien zwei in entgegengesetzten Wandflächen liegende Canal-mündungen. Dieselben sind mittels eines quer durch das Gebäude führenden Canales mit einander verbunden. Am Orte *C*, wofolbst Luftentnahme stattfinden soll, ist die Sohle des genannten Canales um mindestens die halbe lichte Canalhöhe gehoben, entweder nach der Form zweier zusammenstoßender Bogen, wie in Fig. 168 durch ausgezogene Linien angegeben ist, oder durch eine lothrechte, in Fig. 168 punktirt gezeichnete Wand. Drückt nun der



Wind auf *A*, während bei *B* eine Luftverdünnung eintritt, so strömt die Luft bei *C* von *A* aus nach oben, auf der anderen Seite nach unten; beide Strömungen reiben sich an einander und zerstören ihre Geschwindigkeiten gegenseitig. Sobald in der Richtung nach *C* Luft abgeleitet wird, muß, unter Voraussetzung gleicher Querschnitte der Canäle, die Geschwindigkeit der Luft in der Strecke *AC* größer sein, als diejenige der Strecke *CB*, so daß bei *C* ein entsprechender Unterdruck nothwendig ist, der von dem betreffenden Mittel zur Bewegung der Luft von *C* ab überwunden werden muß.

Früher wurde bereits erwähnt, daß die Poren der Wände zwar vielfach gebogene und unregelmäßige, jedoch zusammenhängende Canälchen bilden, welche die Luft hindurchströmen lassen, sobald dieselbe an einer Seite der Wand einen größeren Druck ausübt, als an der entgegengesetzten Seite derselben. Die Undichtigkeiten der Fenster und Thüren verhalten sich eben so. Der auf die vordere Außenwand eines Gebäudes drückende Wind durchströmt zunächst diese Außenwand, erzeugt in den von dieser begrenzten Räumen eine Drucksteigerung, strömt in Folge dessen durch die Scheidewände und schließlich durch die hintere Außenwand. Je größer der Druckunterschied der vor und hinter dem Gebäude befindlichen Luft ist, um so entschiedener findet dieses Durchströmen des Gebäudes statt. Wegen der Bewegungswiderstände innerhalb der genannten Canälchen muß dem zufolge in den Räumen, die zunächst vom Winde getroffen werden, eine Drucksteigerung eintreten gegenüber denjenigen Zimmern, welche den ersteren gegenüber vom Winde ab liegen; d. h. die Luft-Einströmungs-, wie auch die Abströmungsöffnungen einer künstlichen Lüftungs- oder Heizungs-Anlage der ersteren Räume sind mit einem höheren Druck belastet, als diejenigen der letztgenannten. Die hierdurch entstehenden Störungen sind oft sehr unangenehm und machen zuweilen die an der Windseite befindlichen Räume sogar unheizbar. Man kann sie durch geschickte Anordnung der Canal-mündungen mindern, welche die frische Luft dem Freien entnehmen, bezw. die benutzte Luft ausstoßen; regelmäßig ist jedoch durch möglichst dichte Wände und Fenster den in Rede stehenden Erscheinungen entgegen zu treten.

Regen und Schnee üben auf Luft-Canäle und Rauchschornsteine mehrfachen schädlichen Einfluß aus, weshalb häufig Schutzvorkehrungen dagegen getroffen werden

Zunächst sind solche Canal-, bezw. Schornsteinwandungen, welche durch atmosphärische Niederschläge zerstört werden können, in geeigneter Weise abzudecken.

248.  
Einfluß der  
Wände-  
Durchlässigkeit  
u. f. w.

249.  
Einfluß von  
Regen u. Schnee.

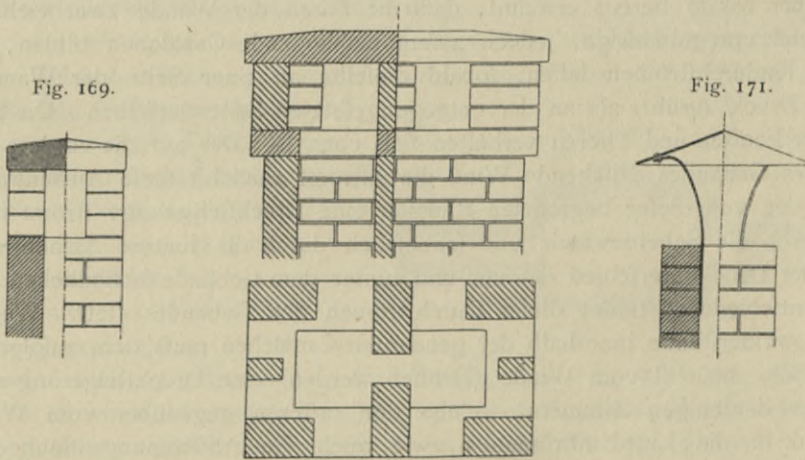
Bei Schloten oder Schlotendigungen, die aus Thonröhren bestehen, bedarf es keiner weiteren Vorkehrung; bei Eisenröhren genügt ein geeigneter Anstrich (Oelfarbe, besser Asphalt). Gemauerte Luft-Canäle und Schornsteine jedoch erfordern eine Abdeckung; die letztere erfolgt meistens durch wetter- und frostbeständige Platten von etwa 8 cm Dicke, in denen die Querschnitte der Schlote ausgehauen sind und deren Oberfläche Gefälle nach außen erhält. Mit Rücksicht auf den störenden Einfluss der Luftströmungen (siehe Art. 244, S. 223) würde es sich empfehlen, eine starke Abschrägung dieser Platten eintreten zu lassen.

Nicht selten lässt man indess diese Platten über die Außenwandungen des Schornsteinmauerwerkes vorspringen, oder man ordnet, um einen noch entschiedeneren architektonischen Abschluss des Schornsteines zu erzielen, an seiner Mündung Gefimse u. f. w. (Schornsteinkränze) an. Da hierdurch die dem Rauchabzug günstigen (nach oben gerichteten) Luftströmungen abgehalten werden, so ist eine solche Anordnung nicht vortheilhaft: man sollte ihren ungünstigen Einfluss stets durch die in Art. 251 zu besprechenden Schornsteinauffätze mildern.

Regen und Schnee, welche in das Innere der Luft-Canäle und Schornsteine eindringen, kühlen diese ab und schwächen dadurch den Auftrieb, bezw. veranlassen eine Umkehrung des Zuges. Auch kann es bei Rauchschornsteinen geschehen, dass die durch Vermengung mit dem Ruß gebildete schmutzige Flüssigkeit zu den Rauchröhren der Zimmeröfen gelangt und die Wände der betreffenden Räume beschmutzt; endlich wird die Bildung des feuergefährlichen Glanzrußes nicht unwesentlich begünstigt.

Rauchschornsteine für umfangreichere Feuerungs-Anlagen besitzen meistens einen größeren Auftrieb-Ueberschuss, weshalb bei diesen von einem schützenden Dach abgesehen werden kann. Bei gewöhnlichen Rauchschornsteinen jedoch und bei Luft-

Fig. 170.

Schornsteinkappen. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

Canälen empfiehlt es sich, kleine Schutzdächer aufzusetzen; bei ersteren heißen dieselben wohl auch Schornsteinkappen, Schornsteinhüte oder Schornsteinhauben.

250.  
Schornstein-  
kappen.

In der einfachsten Gestalt wird eine Schornsteinkappe aus zwei gegen einander gelehnten Backsteinen hergestellt. Besser ist es, niedrige Pfeiler aus Backsteinen zu errichten und über diese die Deckplatte aus natürlichem oder künstlichem Stein oder aus Gusseisen zu legen (Fig. 169 u. 170).

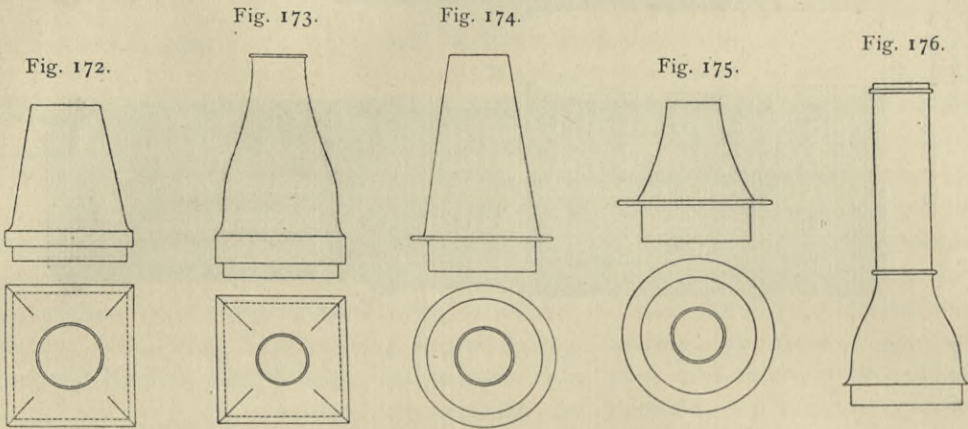
Einfacher und auch zweckmäßiger, weil dadurch der Rauchabzug weniger behindert wird, ist es, wenn man die Schornsteinkappe als kleines kugel-, kegel- oder pyramidenförmiges Blechdach gestaltet (Fig. 171), welches auf 3 bis 4 in den Schornsteinwandungen befestigten Eisenfläben aufruhet. Die wagrechten Maße dieses Daches betragen das  $1\frac{1}{2}$ - bis 2-fache der Außenabmessungen des Schornsteines; fein

Abstand von der Oberkante des letzteren wird mindestens dem  $1\frac{1}{2}$ -fachen Schornsteindurchmesser gleich gemacht; besser ist es, das  $1\frac{3}{4}$ - bis 2-fache desselben zu wählen.

Verschiedene Thonwarenfabriken halten Schornsteinhauben vorrätig, bei denen Stützen und Schutzdach vereinigt sind.

Schließlich ist noch der nicht selten angewendeten Schornsteinköpfe oder Schornsteinaufsätze zu gedenken, welche im Wesentlichen eine Verjüngung des Schornsteinquerschnittes bezwecken und sonach der in Art. 243 (S. 223) angedeuteten Aufgabe zu entsprechen haben. Gibt man solchen Aufsätzen auch nach außen eine zugespitzte (kegel- oder pyramidenförmige oder ähnliche) Gestalt, so wird über-

251.  
Schornstein-  
aufsätze.



Schornsteinaufsätze. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

dies der Rücksicht auf die schon erwähnten aufwärts gerichteten, den Rauchabzug begünstigenden Luftströmungen (siehe Art. 244, S. 223) Rechnung getragen. (Vergl. auch Art. 249.)

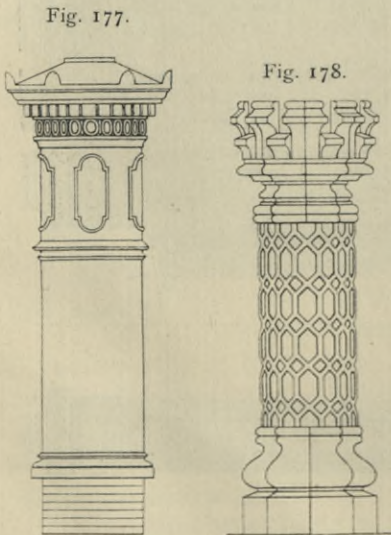
Solche Schornsteinaufsätze werden meist aus Thon, aus Eisenguss, aus Eisen- oder Zinkblech (Fig. 172 bis 176) hergestellt.

Häufig vereinigt man Aufsatz und Kappe. Bisweilen wird der durch den Aufsatz verengte Schornsteinquerschnitt durch eine besonders aufgesetzte Röhre noch ein Stück fortgesetzt (Fig. 176).

Die über den Dachflächen emporsteigenden Theile der Schornsteine mit ihren Kappen, Aufsätzen u. s. w. sind häufig Gegenstand reizvoller künstlerischer Ausstattung, die sowohl in Terracotta (Fig. 177 u. 178), als auch in Mauerwerk zur Ausführung kommen kann.

Eine reichere Ausstattung findet insbesondere bei Anwendung steiler Dächer statt, welche selbst bei geringer Entfernung des Beschauers die Dachtraufe noch sichtbar überragen und daher eine angemessene künstlerische Behandlung aller krönenden, gewissermaßen den Hauptschmuck des Werkes bildenden Theile beanspruchen.

Neben den Giebeln und Lucarnen sind gerade die Schornsteinköpfe für eine charakteristische, oft reich gegliederte und ornamentirte Gestaltung geeignet; sie fordern geradezu dazu heraus, wenn sie in größerem Abstände vom First, nahe dem Hauptgesimse oder der Traufe, die Dachfläche durch-

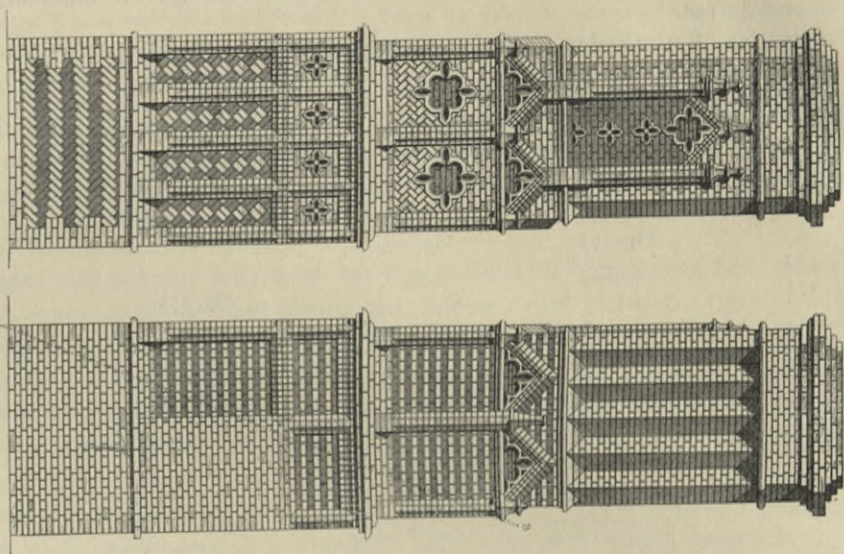


Schornsteinaufsatz von

J. F. Espenschied  
in Friedrichsfeld.

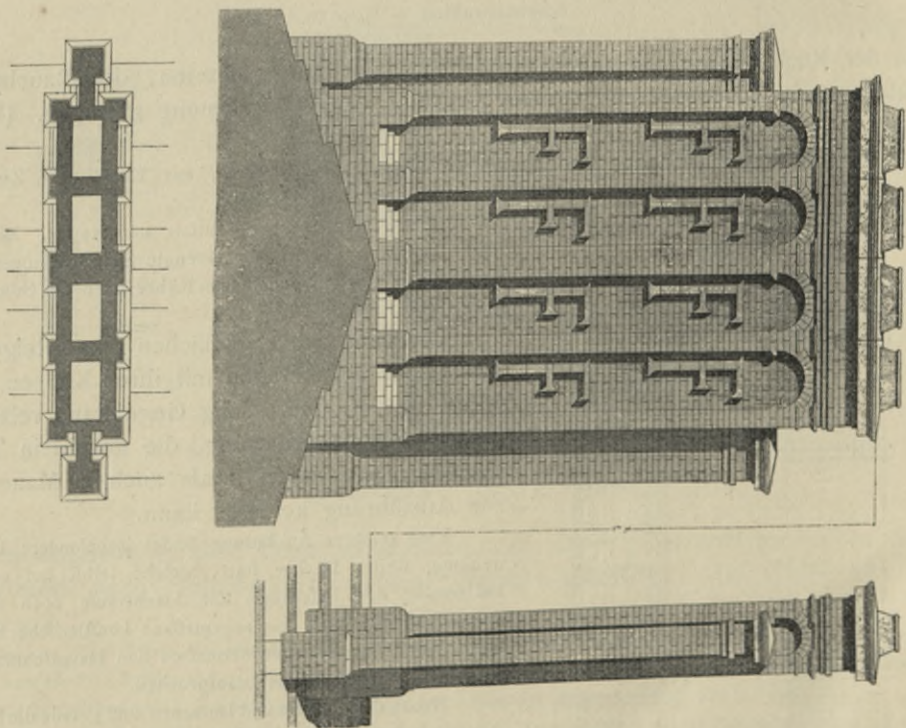
Doulton & Co.  
in London.

Fig. 179.



Schornsteinkopf vom Schloß zu Martainville.  
XV. Jahrhundert.  
(Facit.-Repr. nach: SAUVAGEOT, C. *Palais, châteaux, hôtels et maisons de France du XIVe au XVIIIe siècle*, Paris 1867.)

Fig. 180.

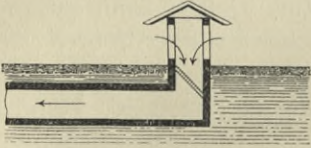


Schornsteinkopf vom Schloß zu St. Germain-en-Laye.  
XVI. Jahrhundert.  
(Facit.-Repr. nach: SAUVAGEOT, C. *Palais, châteaux, hôtels et maisons de France du XIVe au XVIIIe siècle*, Paris 1867.)

dringen und in Folge ihrer beträchtlichen Höhe von Weitem in das Auge fallen. Mit Recht wird daher in neuerer Zeit, welche die hohen Dächer der Renaissance-Zeit wieder zu Ehren gebracht hat, der Ausbildung der Schornsteinköpfe als geeignetes architektonisches Motiv die nöthige Aufmerksamkeit zugewendet. Reizende Vorbilder hierfür bieten die Bauwerke der Früh-Renaissance, insbesondere die Schlösser und Paläste Frankreichs aus der Zeit *Franz I.* und *Heinrich II.* (Vergl. die Beispiele in Fig. 179 u. 180 auf der neben stehenden Seite <sup>159</sup>).

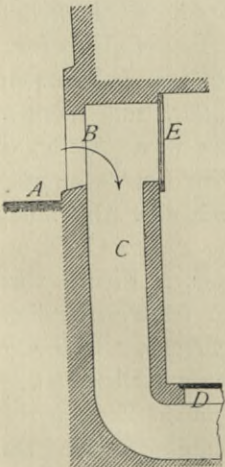
Bei der Anordnung aller Schornsteinauffätze ist auch noch darauf zu achten, daß, sobald die Reinigung des Schornsteines vom Dache aus vorgenommen werden soll, dieselbe durch die Auffätze nicht gehindert werden darf. Von der Reinigung der Schornsteine selbst und den dazu erforderlichen Einrichtungen wird im Folgenden (in Art. 255 u. 256, S. 232) noch die Rede sein.

Fig. 181.



Das Eindringen von Staub in die Luft-Canäle kann zunächst durch gut gewählte Lage der Luft-Entnahmestellen (vergl. Art. 176, S. 159) verhindert werden. Man errichtet an geeignetem Orte einen mehr oder weniger hohen Thurm (Fig. 181), welcher durch vergitterte Fenster die frische Luft eintreten läßt. Kann man diesen Thurm genügend weit von Gebäuden entfernt anlegen, so daß seine unmittelbare Umgebung unter dem mittleren Atmosphärendruck steht, so schützt derselbe, wenn dafür geforgt wird, daß der Wind keine Saugwirkung hervorzubringen vermag, gleichzeitig gegen die störenden Einflüsse des Windes; im anderen Falle muß man einen zweiten Thurm errichten, auf welchen die Einflüsse des Windes entgegengesetzt, als diejenigen, welchen der erste Thurm ausgesetzt ist, sind.

Fig. 182.



1/100 w. Gr.

Häufiger muß man, örtlicher Umstände halber, die Luft-Entnahmeöffnungen in die Außenwände legen. Man benutzt hierzu nicht selten die Kellerfenster-Oeffnungen. Fig. 182 ist ein lothrechter Schnitt einer derartigen Anordnung. *A* bezeichnet die Fläche des Bürgersteiges oder des Hofes, *B* die vergitterte, nicht verglaste Kellerfenster-Oeffnung, *C* den Canal, welcher die Luft in das Gebäude führt, *D* eine Thür zur Befichtigung und Reinigung des Canales, *E* das eigentliche Kellerfenster.

Bei Anwendung derartigen Entnahmestellen ist die Luft selbstverständlich reichlich mit Staub vermisch; aber auch die bestgelegene Entnahmestelle führt Staub in das zu lüftende Gebäude, weshalb die künstliche Ausscheidung desselben bei besseren Anlagen regelmäsig vorgesehen wird. Die betreffenden Einrichtungen, deren Wesen bereits in Art. 154 bis 159 (S. 144 bis 149) erörtert wurde, werden — je nach örtlichen Verhältnissen — der Luft-Eintrittsöffnung nahe gelegt oder in einiger Entfernung von derselben dem Canalnetz eingefügt. Letzteres empfiehlt sich namentlich dann, wenn eine erheblichere Canalerweiterung (siehe Art. 154, S. 144) vorhanden ist, in welcher der gröbere Staub sich abgelagert.

Der Schutz der Canäle gegen das Hineingelangen des Ungeziefers wird durch metallene Gitter erreicht, welche dem abzuwehrenden Ungeziefer entsprechende

252.  
Abhalten  
des Staubes  
von den  
Luft-Canälen.

253-  
Staub-  
ausscheidung.

254.  
Schutz gegen  
Ungeziefer.

Maschenweiten erhalten. Meistens betrachtet man als kleinstes abzuweisendes Thier die Maus, zumal wenn Filter vorhanden sind, welche Fliegen und dergl. zurückhalten.

<sup>255.</sup>  
Zugänglichkeit;  
Reinigung.

Die Zugänglichkeit der Luft-Canäle wird durch den örtlichen Verhältnissen anzupassende Klappen und Thüren erreicht, deren Befprechung überflüssig sein dürfte. Dagegen erfordern die Oeffnungen, welche zur Reinigung der Rauchschornsteine benutzt werden, noch einige Erörterungen. Die eisernen Rauchröhren der Lockschornsteine verzieht man an ihrem unteren Ende mit zu öffnenden Erweiterungen, in welchen niederfallende Flugasche und Rufs sich zu sammeln vermögen, ohne den Querschnitt der Rauchwege zu stören. Der lothrechte Theil dieser Rauchröhren bedarf keiner Reinigung, da der an den Wänden anhaftende Rufs gelegentlich abfällt oder unter geeigneten Umständen verbrennt. Eine Gefahr kann aus dem Ausbrennen solcher in Lockschornsteinen aufgestellten eisernen Rauchröhren nicht entstehen. Die wagrechten und geneigten Rauchwege müssen jedoch durchweg, die lothrechten Schornsteine dann, wenn sie aus dünnwandigem Mauerwerk bestehen, regelmäsig gereinigt werden, da in ersteren Flugasche und Rufs sich ablagern, in letzteren die Entzündung grösserer Rufsmengen durch die entstehende hohe Temperatur für das Mauerwerk und seine Umgebung gefährlich werden kann.

<sup>256.</sup>  
Reinigungs-  
öffnungen.

Da der Rufs schon in Folge geringer Bewegungen der Luft mit dieser sich mischt und durch sie auf weite Entfernungen getragen wird, so gilt als erste Regel, die Reinigungsöffnungen aller Rauchwege an solche Orte zu legen, die durch den aufgewirbelten Rufs nicht oder doch wenig geschädigt werden. Lothrechte Schornsteine, welche meistens mittels eines an eine Kugel gebundenen Besens gereinigt werden, erhalten hiernach eine Oeffnung im Kellergeschofs, und zwar möglichst in einem solchen Raume desselben, dem einiger Schmutz nicht schadet, z. B. dem Kohlenkeller, oder einem solchen, der verhältnismäsig leicht zu reinigen ist, z. B. dem Kellervorplatz. Diese Oeffnung dient zum Entfernen des niedergestofsenen Rufses. In manchen Fällen dürfte es sich empfehlen, die Schornsteine in den Schmutzwasser-Canal münden zu lassen, so dafs der niederfallende Rufs vom Wasser fortgespült wird. Dabei ist jedoch nicht zu übersehen, dafs der Schornstein die Luft aus dem Canale ansaugt — was in einer Richtung allerdings sehr angenehm ist — wodurch eine Abkühlung des Rauches, also Schwächung des Zuges herbeigeführt wird. Eine zweite Oeffnung, welche zum Einbringen der Putzgeräthe und zum Lenken derselben dient, wird unter oder über dem Dach angebracht. Beide Oeffnungen sind selbstverständlich mit guten eisernen Verschlüssen versehen, die zweckmäsig aus lothrechten Schiebern bestehen, welche sich nicht zufällig zu öffnen vermögen. Ist kein Kellergeschofs vorhanden, so ist man gezwungen, die unteren Reinigungsöffnungen im Erdgeschofs anzubringen; hier werden sie am zweckmäsigsten in Vorräumen untergebracht. Die Höhenlage der unteren Reinigungsöffnungen soll eine solche sein, dafs man bequem zu denselben gelangen, auch den Rufs ohne Schwierigkeit in ein vorzuhaltendes Gefäfs schieben kann, um die Staubaufwirbelung möglichst zu mindern. Eine zweckmäsig gestaltete untere Reinigungsoeffnung vermag in derselben Richtung günstig zu wirken. Weichen Theile der Schornsteine von der lothrechten Richtung ab, jedoch nicht um mehr als etwa 30 Grad, so hindern sie das erwähnte Reinigungsverfahren nicht, kommen also nicht weiter in Betracht. Flacher liegende Schornsteine, bezw. Rauchwege sind verschieden zu behandeln, je nachdem sie in ihrer Längenrichtung zugänglich gemacht werden können oder nicht. Im ersteren Falle kann man sehr lange, gerade Rauchwege durch eine Krücke reinigen;

mittels welcher der Rufs zurückgehoben wird, so dafs derselbe schliesslich in eine zu entleerende Vertiefung fällt. Ist man gezwungen, den Rufs heranzuziehen, so darf der Canal, wegen der Biegsamkeit des Krückenstieles, mittels dessen man die Krücke zunächst über den Rufs hinwegheben mufs, selten länger als 4 m sein. Die in ihrer Längenrichtung nicht zugänglichen und die krummen Rauch-Canäle müssen mit 2 bis 3 m von einander entfernten Putzöffnungen versehen sein, deren Gestalt das Einbringen eines Rohrstockes oder anderen biegsamen Stabes gestattet, durch welchen ein Befen oder eine Krücke zu bewegen ist. Kurze Rauchwege säubert man mittels der geeignet bewaffneten Hand; man vermag vom Rande der Putzöffnung ab etwa 60 bis 80 cm weit zu reichen; die betreffenden Putzöffnungen werden etwa 12 cm weit gemacht.

Behuf regelmässiger und sicherer Bedienung umfangreicherer Heizungs- und Lüftungs-Anlagen ist es erwünscht, dem Wärter die Möglichkeit bequemer Beobachtung sowohl der Temperatur, als auch der Luftgeschwindigkeit innerhalb der Canäle zu geben. Die Temperaturen erkennt man leicht und sicher an Quecksilber-Thermometern, die entweder durch geeignete kleine Oeffnungen bei jeder einzelnen Beobachtung in die Canäle geschoben werden oder in den Canalwänden so befestigt sind, dafs ihre Kugel Seitens der Luft gut gespült wird und der Wärter den Quecksilberfaden gut erkennen kann. Die Luftgeschwindigkeit wird am zweckmässigsten mit Hilfe fog. Anemofkope beobachtet. (Vergl. Art. 204 bis 206, S. 185 u. 186.)

257.  
Beobachtungen.

#### e) Schieber, Klappen u. f. w.

Aus den bisherigen Erörterungen geht zur Genüge hervor, dafs die sorgfältigste Bemessung und Construction der Canäle und die vorsichtigste Ueberwachung der Mittel, welche zur Bewegung der Luft benutzt werden, nicht im Stande sind, den Betrieb ohne Weiteres zu allen Zeiten zu einem befriedigenden zu machen. Man mufs vielmehr die Anlage so einrichten, dafs sie unter den ungünstigsten Verhältnissen die geforderte Luftmenge oder die zu beseitigende Rauchmenge fördert, und dann Vorrichtungen einschalten, mit Hilfe deren man nach Willkür grössere Bewegungshindernisse hervorzubringen vermag, um hierdurch die Leistungsfähigkeit den Verhältnissen entsprechend herabzudrücken.

258.  
Rauch-  
schieber.

Diese Vorrichtungen sind Schieber, Klappen und Ventile.

Der gewöhnliche Rauchschieber besteht aus dem eigentlichen, in Rücksicht auf das Verrosten durch den schweflige Säure enthaltenden Rauch aus Gusseisen hergestellten Schieber *A* (Fig. 183), dem ebenfalls gegossenen, gefalzten Rahmenstück *B* und dem mit letzterem vernieteten Deckelstück *C*. Das Ganze ist im Rauchcanal vermauert. Der Schieber hängt an einer Kette *D*, die über Rollen *E* gelegt ist und an einem Ende ein Gegengewicht *F* trägt. Die auftretenden Reibungswiderstände halten den Schieber in jeder Lage, welche man ihm gegeben, fest.

Aehnliche Schieber werden aus Gusseisen, Blech, Holz verfertigt und, mit verzierten Rahmen versehen, vor die in den Zimmern liegenden Canalöffnungen gelegt und dienen dort zu beliebiger Verengung des Querschnittes.

259.  
Luft-  
schieber.

Häufiger wird für diesen Zweck der durch Fig. 184 wiedergegebene Schieber verwendet.

Die viereckige Canalöffnung ist vergittert; hinter dem Gitter ist der eigentliche Schieber *A* mit Hilfe eines Knopfes, der sich in einem Schlitz der Vergitterung zu bewegen vermag, verschiebbar. Die nach rechts — in Bezug auf unsere Figur — geschobene Platte verbirgt sich in einem Blechkasten, welcher in die Oberfläche der Wand versenkt ist, so dafs der Wand schmuck über denselben hinweggeht.

Auch der Schieber, welchen Fig. 185 in theilweiser Ansicht und lothrechttem Schnitt darstellt, ist manchen Ortes beliebt.

Eine Platte mit Rahmen enthält eine Zahl lothrechter Schlitze, welche etwas schmaler sind, als die zwischen ihnen bleibenden Stege. Vor dieser Platte vermag man die Platte *A*, die in Nuthen des Rahmens *B* geführt wird und die eben so gefchlitzt ist, wie die erste Platte, zu verschieben. Treffen die Schlitze

Fig. 183.

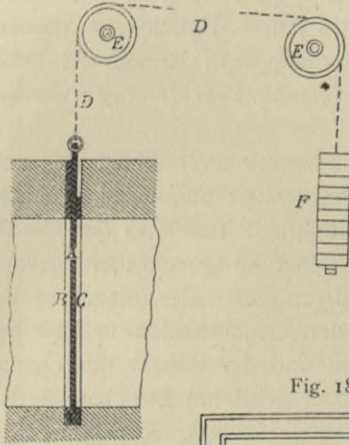
 $\frac{1}{30}$  w. Gr.

Fig. 184.

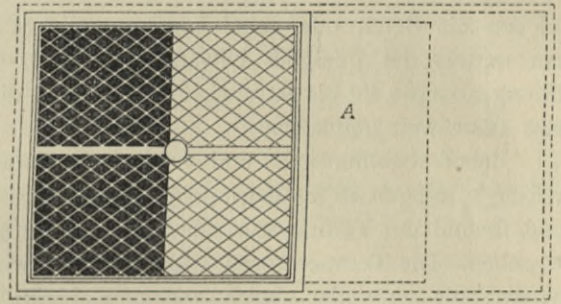
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 185.

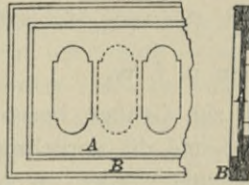
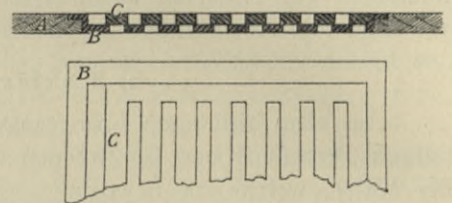


Fig. 186.

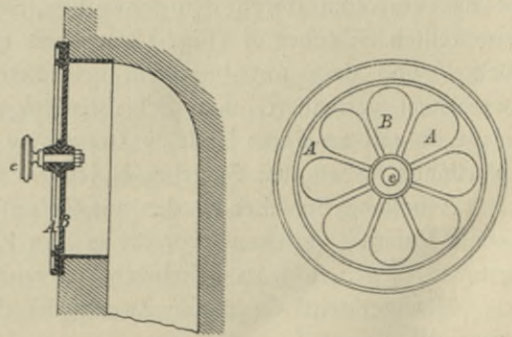
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

vollständig auf einander, so ist der größte Durchgangsquerchnitt, also die geringste Behinderung des Luftstromes vorhanden; deckt aber je ein Steg einen Schlitz der anderen Platte, so ist der Querschnitt vollständig abgeschlossen.

Fig. 186 zeigt in lothrechttem Schnitt und Grundrifs denselben Gedanken für einen Schieber durchgeföhrt, der über einen im Fußboden mündenden Canal gelegt ist.

*A* bezeichnet den Fußboden; in diesen ist eine gußeiserne gefchlitzte Platte *B* mit Hilfe eines ringsum laufenden Randes gelegt. Die Vertiefung der Platte dient zur Aufnahme des gefchlitzten Schiebers *C*, so daß dessen Oberfläche mit derjenigen des Fußbodens zusammenfällt. Die Einstellung des beweglichen Theiles *C* erfolgt mit Hilfe des Fußes. Der Schieber kann natürlich nur an solchen Stellen des Fußbodens angebracht werden, welche nicht für den Verkehr dienen. Als Mangel, der allen im Fußboden liegenden Mündungen eigen ist, muß noch hervorgehoben werden, daß der Schieber die das Zimmer reinigenden Mägde versucht, den Kehricht ohne Weiteres durch die Spalten des Schiebers zu befördern.

Fig. 187.

 $\frac{1}{30}$  w. Gr.

Eine fernere Abart des durch Fig. 185 verfinnlichten Schiebers zeigt Fig. 187 in lothrechttem Schnitt und in der Ansicht.



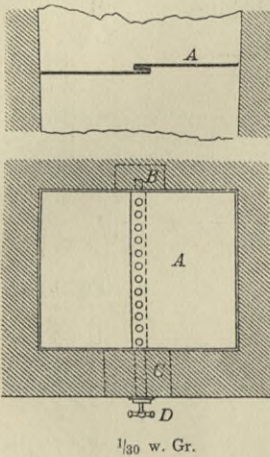
Hier ist die Canalöffnung mit einer kreisförmigen, durchbrochenen Platte *A* geschlossen, in deren Mitte sich der Zapfen mit Knopf *c* drehen läßt, welcher eine drehbare, eben so wie *A* durchbrochene Platte *B* trägt. Die Einstellung erfolgt mit Hilfe des Knopfes *c*. Man legt auch die drehbare Platte vor die feste und kann alsdann auf erfterer zwei Knöpfe anbringen, die behuf des Einstellens unmittelbar mit den Fingern ergriffen werden, oder, wenn der Schieber eine höhere Lage im Zimmer hat, mit je einer herabhängenden Schnur versehen sind.

Die Schieber Fig. 185 u. 187 haben das Angenehme, daß sie keiner Vergitterung behuf Verdeckung der an sich wenig schönen Canalöffnung bedürfen; in einiger Gröfse hergestellt, nehmen sie jedoch viel Raum ein und sind schwer zu bewegen.

Sehr bequem ist die sog. Droffelklappe (Fig. 188); dieselbe ist leicht zu bewegen und behält die ihr angewiesene Stellung ohne Weiteres bei.

260.  
Droffel-  
klappen.

Fig. 188.



Die hier gezeichnete Klappe ist für einen lothrechten Canal bestimmt. In eine Wand desselben ist eine gußeiserne Platte *B* mit Zapfenlager, in die dieser gegenüber liegende Wand die Platte *C*, welche ebenfalls ein Zapfenlager für die Klappe *A* enthält, eingemauert. Die Klappe selbst ist aus zwei Blechplatten, die auf einen Flacheisenstab genietet sind, gebildet; die runden Enden des Flacheisens vermögen sich in den genannten Lagern zu drehen. An der Außenseite ist ein Griff *D* angebracht, mit Hilfe dessen die Drehung der Klappe stattfindet und an dessen Stellung diejenige der Klappe erkennbar ist.

Zuweilen verbindet man die beiden Lagerstücke *B* und *C* mittels eines Rahmens, um leichter eine genaue gegenseitige Lage der Zapfenlager zu gewinnen, bildet auch wohl das Ganze so aus, daß Rahmen mit Klappe behuf einer Ausbesserung frei herausgezogen werden können. Liegen derartige Klappen in wagrechten Canälen unter einem Fußboden, oder will man verhindern, daß jede beliebige Person die Klappenstellung zu verändern vermag, so läßt man die Drehachse nur bis zur Oberfläche des Fußbodens, bezw. Vorderfläche der Wand vorspringen und gefaltet das betreffende Achsende so, daß man einen hohlen Schlüssel auf dasselbe stecken kann.

Eine in die Canalöffnung zu legende Klappe verinnlicht Fig. 189.

In erstere ist ein mit Winkelleifen-, bezw. Flacheisenringen versteifter Blechkasten *A* gesteckt. Das Blech und der Flacheisenring sind unten und oben, und zwar in der Mitte, so durchbohrt, daß die

Fig. 189.

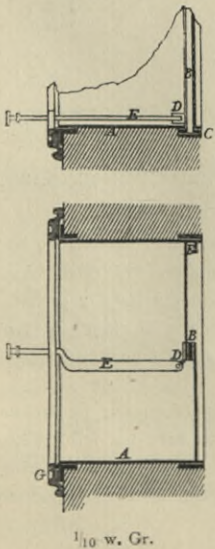
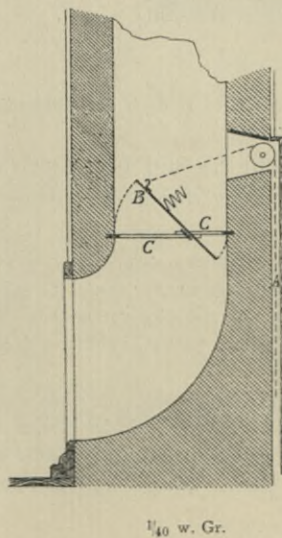
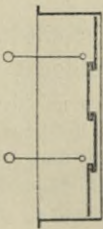


Fig. 191.

Fig. 190.



Welle *B* der Klappe geeignete Lagerung in den Bohrungen findet. Zu diesem Ende ist unter die untere Durchbohrung noch ein Plättchen *C* genietet, welches die Welle *B* in lothrechter Richtung stützt. An der Klappe ist ein kurzer, mit der Zugstange *E* verbundener Hebel *D* genietet, so daß man durch geeigneten Druck auf den Knopf der Stange *E* die gewünschte Stellung der Klappe hervorbringen kann. Aus dem Stande des Knopfes vermag man, fogar aus einiger Entfernung, die Stellung der Klappe zu erkennen; bei vollständigem Schluß stößt die Klappe gegen das Zäpfchen *F*, bei vollständigem Oeffnen gegen die Stange *E*. Gegen die Winkelleifenversteifung ist ein verzierter Rahmen *G* ge-

schraubt, der einerseits eine Führung für die Stange *E* gewährt, andererseits mittels eines Falzes die Vergitterung fest hält. Bei großen Mündungsweiten erfordert diese Klappe eine ziemlich dicke Canalwand; man kann in diesem Falle die Anordnung doppelt (nach Fig. 190) oder auch mehrfach machen.

Fig. 191 stellt eine Droffelklappe dar, welche von einem tiefer liegenden Raume aus, mittels der Kette oder Schnur *A*, bewegt werden soll. Die Zapfen der Klappe sind aufserhalb der Mittellinie derselben angebracht, damit die Klappe durch ihr eigenes Gewicht sich schliesst, sobald die Kette *A* dies zulässt.

In der höchsten (lothrechten) Stellung der Klappe würde das erforderliche Uebergewicht nicht vorhanden sein, weshalb man eine Schraubenfeder auf die Klappe gesetzt hat, welche sich in erwähnter Stellung gegen die Canalwand stemmt und nach Lockerung der Kette *A* die Klappe zum Kippen veranlasst. Die Zapfen der Klappe drehen sich in zwei Lagern, die durch Uebereinandernieten der beiden U-förmigen Bügel *C, C* gebildet sind; letztere erhalten hierdurch eine solche Lage, dass die Ränder der Klappe sich auf die Ränder des aus den Bügeln gebildeten Rahmens legen und so einen verhältnismässig guten Schluss bilden.

261.  
Sonstige  
Klappen.

Fig. 192 stellt eine eigenthümliche Klappeneinrichtung in lothrechtem und wagrechtem Schnitt dar, welche in vielen Fällen gut zu verwenden ist.

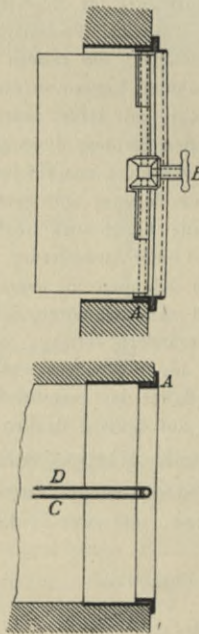
In der Mitte des Rahmens *A*, welcher eine Vergitterung und beliebige Ausschmückung erhalten kann, ist eine lothrechte Spindel befestigt. In deren Mitte befindet sich ein wagrechter Stift, auf dem der Griff *B* nebst einem Kegelrädchen drehbar aufgesteckt ist. Das erwähnte Kegelrädchen steht nun mit zwei anderen, um die lothrechte Stange drehbaren Kegelrädchen im Eingriff, von denen das eine mit der Klappenhälfte *D* verbunden ist. Durch Drehen des Griffes *B* wird die Klappenhälfte *D* nach der einen, die Hälfte *C* nach der anderen Richtung gedreht, so dass ein Freilegen oder Schliesen der Canalöffnung erfolgt.

Fig. 193 (wagrechtter Schnitt) und Fig. 194 (lothrechtter Schnitt) stellen Klappenanordnungen dar, welche nicht durch ein Gitter verdeckt werden sollen.

Die einzelnen, aus Blech, gestanztem oder verziertem Gusseisen gebildeten Klappen *A* in Fig. 193 haben in der Mitte, unten wie oben, Zapfen, welche in Lagern sich drehen können, die durch Aussparungen der zusammenschraubten Rahmentheile *B* und *C* gebildet sind. Sie sind mittels der gemeinschaftlichen Stange *D* durch Gelenke mit einander verbunden. Vorsprünge der Stange *D* einerseits und Nafen der Rahmen *C* andererseits werden, behuf Einstellung der Klappen, zwischen Daumen und Zeigefinger genommen.

Bei der Klappenanordnung in Fig. 195 hängen die einzelnen Klappen ebenfalls zusammen; sie drehen sich aber um Zapfen, welche an zwei gleich liegenden Ecken angebracht sind, so dass sie selbstthätig niederfallen, sobald sie hieran nicht gehindert werden. Mittels einer Schnur, die durch einen Glasring geführt ist, und welche auf irgend eine Weise an der Wand befestigt wird, vermag man die Klappen beliebig zu öffnen.

Fig. 192.



1/30 w. Gr.

Fig. 193.

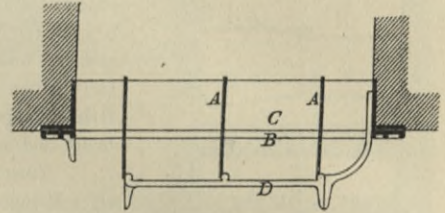
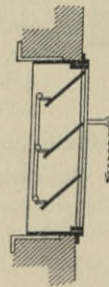


Fig. 194.



1/10 w. Gr.

Fig. 195.

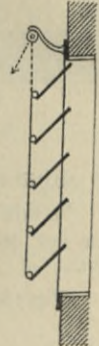
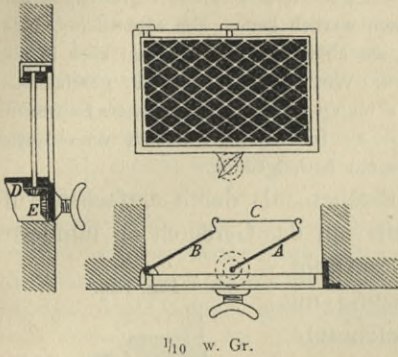


Fig. 196.

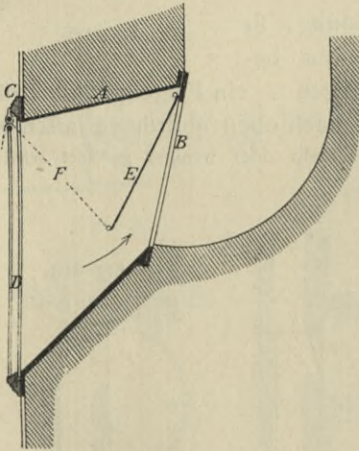


des Fußbodens, so wird man den Antrieb selbstverständlich nach oben legen.

Es mag hier noch eine Klappe kurz beschrieben werden, die sich dadurch von den bisher besprochenen auszeichnet, daß sie einen dichteren Abschluß gewährt.

Fig. 197 ist ein lothrechter Schnitt derselben. Der Kasten *A* ist im Mauerwerk befestigt; derselbe trägt einerseits den Klappensitz *B*, andererseits die theils zum Festhalten des Gitters *D*, theils zur Verzierung dienende Umrahmung *C*. Am oberen Rande des Klappensitzes *B* ist mit Hilfe zweier Gelenke die

Fig. 197.



Klappe *E* aufgehängt, welche sich selbstthätig auf ihren Sitz legt, sobald es die Spannung der Schnur *F* gestattet. Die Schnur ist durch einen Glasring geführt, um die Ablenkung derselben in die lothrechte Richtung ohne sehr große Reibung zu gestatten. Die vorliegende Klappe dient für eine obere Abzugsöffnung; sie ist offenbar leicht in diejenige Gestalt zu bringen, welche sie befähigt, als untere Abzugsklappe zu dienen. Bemerkenswerth ist noch, daß die Klappe nur etwa halb so groß ist, als das Gitter. Dies ist berechtigt, weil der freie Querschnitt des Gitterrahmens durch das Gitter theilweise (zuweilen mehr als zur Hälfte) verdeckt wird.

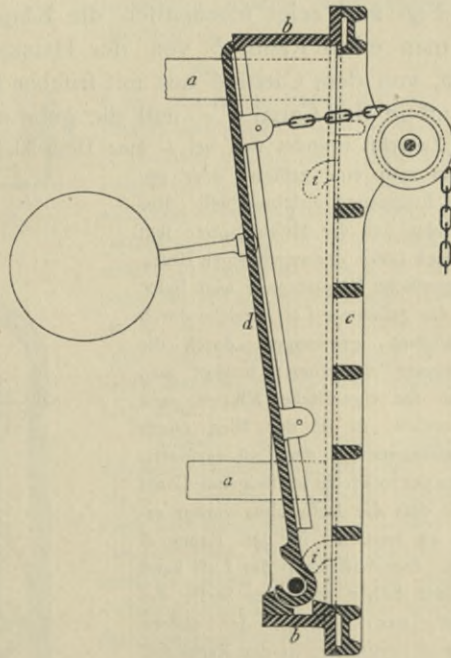
Man legt, in Rücksicht auf möglicher Weise nothwendig werdende Ausbesserungsarbeit, auf die Zugänglichkeit der betreffenden Theile Werth. Die durch Fig. 198 in lothrechtem Schnitt abgebildete Klappe ist in dieser Richtung recht hübsch ausgebildet.

In Fig. 194 sieht man eine ganz ähnliche Einrichtung abgebildet, bei welcher die Klappen durch ein Gitter verdeckt sind und deshalb mit einer der Klappen ein Hebel verbunden wurde, um diese und, vermöge des Zusammenhanges derselben mit den übrigen, sämmtliche Klappen zu öffnen.

Endlich ist die Einrichtung, welche Fig. 196 in lothrechtem und wagrechtem Schnitt, so wie in der Vorderansicht verfinnlicht, mit der vorigen verwandt.

Am unteren Zapfen der Klappe *A* befindet sich, unterhalb des Rahmens, ein Kegelrädchen *D*, welches mit dem durch einen Handgriff drehbaren Kegelrädchen *E* im Eingriff steht. Mit *A* ist die Klappe *B* vermöge des Stängelchens *C* verbunden. Befindet sich die Klappe in der Nähe

Fig. 198.



Der gusseiserne Rahmen *b* ist mittels der Anker *a* im Mauerwerk befestigt. Im Rande dieses Rahmens sind 4 Oeffnungen ausgepart, in welche die Haken *i* des gusseisernen Gitters *c* greifen, so dafs letzteres gut fest gehalten wird, aber auch bequem abgenommen werden kann. Die eigentliche, beim Schliessen gegen den Rahmen *b* sich legende Klappe *d* dreht sich um einen festen Stift, kann aber in entsprechender Lage ohne Umstände von diesem abgehoben werden. Wird die Klappe in der gezeichneten Lage benutzt, so würde sie vom Stift abgleiten, wenn nicht die im Querschnitt angegebenen Leisten sie daran hinderten. Das Schliessen der Klappe wird durch eine an ihr befestigte Schnur oder Kette, das Oeffnen — nach dem Loslassen der Kette — durch ein Gewicht herbeigeführt.

Theils um die Klappen dichter schliessen zu machen, als durch einfaches Aufeinanderlegen der Metallflächen zu erreichen ist, theils um das Geräusch zu mindern, welches bei dem Aufschlagen der Klappenränder entsteht, belegt man diese oder die Ränder des Rahmens häufig mit Filz. Letzterer wird aufge kittet, aufgenietet oder aufgeschraubt. Letztere beiden Befestigungsweisen verlangen tiefes Ein senken der Niet-, bezw. Schraubenköpfe in den Filz.

Das Ventil in Fig. 199 ist sowohl als Austritts-, wie auch als Eintritts-Verschlussstück recht brauchbar und zeichnet sich durch grosse Dichtheit aus. In das Querstück *A* ist eine Schraubenspindel *B* genietet, zu welcher die Mutter des Deckels *C* passt. Durch Drehen des Deckels findet die Einstellung des Ventiles statt.

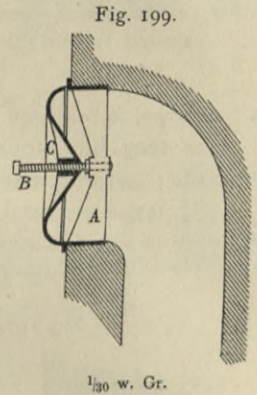


Fig. 200 zeigt schematisch die Klappenanordnung, so fern man einen Raum *B* von der Heizkammer *A* aus beheizen, von dem Canal *C* aus mit frischer Luft versorgen — ein Flügelgebläse drückt die Luft in den Canal *C* — und die gebrauchte Luft nach oben abströmen lassen will.

Zunächst befindet sich bei *D* eine Drosselklappe, welche mehr oder weniger geöffnet wird, je nachdem man eine grössere oder geringere Luftmenge zuführen will. Bei *E* befindet sich die Mischklappe; legt man, nach Lösen der zugehörigen Kette, die eigentliche Klappe ganz nach links, so ist die gefamnte Luft, welche durch *D* einströmt, gezwungen, durch die Heizkammer zu gehen; bewegt man dagegen die eigentliche Klappe ganz nach rechts, so ist der Weg durch die Heizkammer *A* der Luft versperrt, dagegen der lothrecht aufsteigende Canal frei, so dafs die Luft, ohne vorher erwärmt zu werden, in den Raum *B* gelangt. Das Abströmen der Luft kann von einer höher gelegenen Stelle des Raumes, nach Oeffnen der oberen Klappe *F*, erfolgen; in der Regel soll dagegen, aus früher genannten Gründen, die Luft möglichst nahe über dem Fussboden abgeführt werden, also durch die Oeffnung *G*. Die Luft soll nun entweder nach oben in das Freie geführt oder, behuf wiederholter Erwärmung (Umlaufheizung), der Heizkammer wieder zugeleitet werden. Zu diesem Ende befindet sich bei *G* die fog. Wechselklappe. Die

Fig. 200.

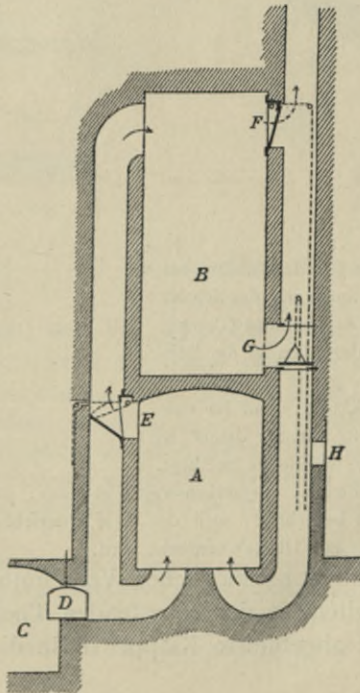
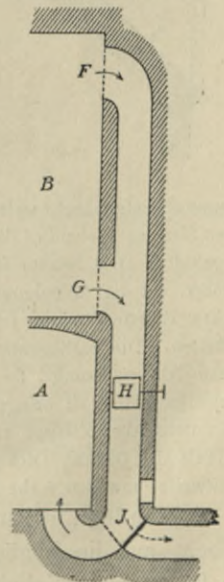


Fig. 201.

262.  
Ventile.263.  
Gefammt-  
anordnung.

wagrechte Platte derselben kann entweder auf einen Sitz unter oder einen solchen über *G* gelegt werden, so das entweder der Weg nach unten oder der nach oben abgesperrt wird. Die in der Figur links liegenden Klappen sind ohne Weiteres vom Kellergeschoß aus zu bedienen; die rechts liegenden Klappen werden durch Schnüre oder Ketten bewegt, welche im rechts liegenden Canale sich befinden und, unter Vermittelung der Oeffnung *H*, im Kellergeschoß ergriffen werden können. Eine Regelung der Abflömungsgeschwindigkeit ist nur möglich, indem man unmittelbar hinter dem Gitter *G* eine der Klappen anbringt, die früher beschrieben wurden.

Soll die Heizung und Luft-Zuführung so fein, wie soeben angegeben, dagegen die Luft-Abführung nach unten erfolgen, so ist die betreffende Klappenanordnung nach Fig. 201 einzurichten. Bei *F* ist keine Klappe nöthig, da, wenn der Widerstand bei *G* ein entsprechend niedriger ist, die im oberen Theile des Raumes befindliche wärmere und leichtere Luft keine Veranlassung hat, nach unten abzufließen. Bei *G* bringt man eine passende der früher beschriebenen Klappen an, um die Oeffnung *G* vom Raume aus zu schliessen, sobald dessen zu große Erwärmung das Abführen der wärmsten, obersten Luftschichten wünschenswerth erscheinen läßt. Bei *H* befindet sich eine Drosselklappe zu beliebiger Verengung des Querschnittes, um die Abflösmenge der Luft zu regeln, endlich bei *J* die Wechselklappe, welche gestattet, entweder den Weg nach der Heizkammer oder denjenigen nach dem Abführungschacht zu sperren; beide Klappen werden im Kellergeschoß unmittelbar mit der Hand eingestellt.

Die durch Fig. 200 u. 201 dargestellten Anordnungen leiden an der Schwäche, das — da man die Canalquerschnitte für die Umlaufheizung bemessen muß — die Canäle für die Lüftungheizung viel zu groß ausfallen, wodurch die befriedigende Regelung erschwert wird.

Wechselklappen werden häufig gebraucht, um der Heizkammer oder dem Ofen entweder frische Luft oder Zimmerluft zuzuführen.

264.  
Wechsel-  
klappen.

Fig. 202.

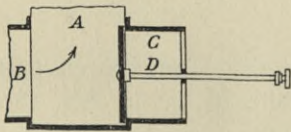


Fig. 203.

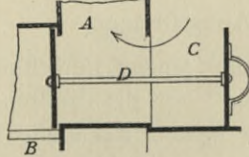


Fig. 204.

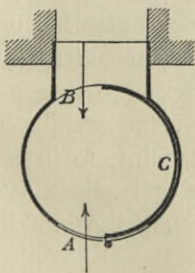


Fig. 205.

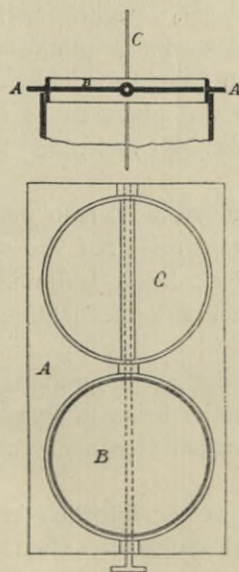
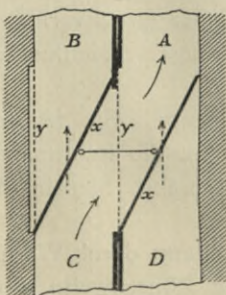


Fig. 206.



1/40 w. Gr.

In Fig. 202 u. 203 steht *A* mit dem Ofen, *B* mit dem Frischluft-Canal, *C* mit dem zu beheizenden Zimmer in Verbindung. Je nachdem man die eine, bezw. die beiden mittels der Stange *D* verbundenen Platten nach der einen oder anderen Seite schiebt, verlegt man den einen Weg, während der andere geöffnet wird. Auch ist es möglich, mit Hilfe dieser Klappen theilweise frische, theilweise bereits benutzte Luft zum Ofen, bezw. Zimmer gelangen zu lassen, indem man den Platten eine mittlere Stellung giebt.

Dasselbe erreicht man mittels der doppelten Drosselklappe Fig. 204. In der Platte *A* befinden sich hinter einander, an einer und derselben Spindel steckend, die Drosselklappen *B* und *C*, die so gegen einander gestellt sind, das die eine ihre Oeffnung schließt, sobald die andere die ihrige möglichst frei hält.

Eben so schließt der Bogenchieber *C* (Fig. 205) eines Ofenmantels die Oeffnung *A*, welche nach dem Zimmer zu gerichtet ist, sobald die mit dem Freien in Verbindung stehende Oeffnung *B* geöffnet wird, und umgekehrt. In mehreren Berliner Schulen sind die obere und untere Luft-Abzugsöffnung mit lothrecht beweglichen Schiebern versehen, die mittels einer Stange

mit einander verbunden sind. Senkt man beide Schieber, so wird die obere Oeffnung frei gelegt, während die untere geschlossen wird und umgekehrt. Diefelbe Anordnung findet man dort auch als Mifchklappe verwendet.

Endlich verfinnlicht Fig. 206 eine doppelte Wechselklappe, welche ich häufig angewendet habe.

Der Canal *C* mündet unmittelbar über dem Fußboden des Zimmers; der Canal *D* steht mit dem Frischluft-Canal in Verbindung; der Canal *A* führt die Luft in die Heizkammer oder zu einem ummantelten Ofen, der Canal *B* aber zu einem Abzugschlot. Eine der Klappenachsen ist mit einem Griff und einer Vorrichtung versehen, welche die Klappen in der ihnen gegebenen Lage fest hält; die Klappen selbst sind mit einer Stange verbunden, so daß sie nur gemeinschaftlich gestellt werden können. Wählt man die Stellung *x*, so wird dem Heizkörper Zimmerluft zugeführt, während sowohl die Luft-Zuströmung, als auch die Luft-Abströmung verlegt ist; wählt man die punktirte Stellung *y*, so wird Zimmerluft in das Freie geführt, während frische Luft zum Ofen gelangt. Diese Klappe ist, wie ich selbst erfahren habe, für verschiedenartige Fälle sehr gut verwendbar.

Außer den vorggeführten Schieber-, Klappen- u. f. w. Anordnungen giebt es noch eine große Zahl anderweitiger Einrichtungen, die indess, um den Rahmen des vorliegenden »Handbuches« nicht zu überschreiten, übergangen werden mögen.

## 9. Kapitel.

### Röhrenleitungen für Wasser und Dampf.

#### a) Abmessungen.

265.  
Dampfrohren.

Die nöthigen Grundlagen für die genaue Berechnung der Dampfrohren sind in Art. 186 (S. 165 bis 171) gegeben. Für die meisten Fälle ist die in Art. 186 (S. 169 bis 171) angegebene weniger genaue Rechnung zulässig.

Man geht vom verfügbaren Druckunterschied innerhalb der Dampfleitung aus, vom Dampferzeuger bis zum Heizkörper. Bei Niederdruck-Dampfheizungen (siehe weiter unten) beträgt derselbe vielfach nur 1000 mm Wasserfäule oder 1000 kg für 1 qm Querschnitt, zuweilen sogar noch weniger. Soll die Heizungs-Anlage mit höher gespanntem Dampf arbeiten und wird das gebildete Niederschlagswasser durch eine Kolben- oder Strahlpumpe in den Dampfentwickler zurückgeführt, so ist natürlich ein sehr großer Druckunterschied verfügbar, da es in der Regel keinen Werth hat, in den Heizkörpern erheblich höheren Druck, als den der freien Atmosphäre, entstehen zu lassen.

Den verfügbaren Druckunterschied vertheilt man nun — ähnlich wie in Art. 43 (S. 42) bei Berechnung der Gasleitungen — auf die durch örtliche Verhältnisse gegebene gesammte Länge der Leitung, bzw. bestimmt, welcher Druckverlust in jedem Meter derselben zulässig ist, unter Berücksichtigung etwaiger Ablenkungen, Ventile u. dergl.

Der zweite Ausgangspunkt ist die zu fördernde Dampfmenge. Sie ist dem Gewichte nach aus dem Wärmeerforderniß bekannt. Man bestimmt die Raummenge nach der mittleren Spannung; die neben stehende Tabelle gewährt hierfür den nöthigen Anhalt.

Die Dampfmenge *V* (in Kilogr.), welche stündlich in der Leitung durch Wärmeverluste verloren geht, wird zunächst geschätzt, eben so die Röhrenweite *d* (in Centim.), so daß man nach Gleichung 108 (S. 170), welcher die andere Gestalt

Ueberdruck	Temperatur	Verdampfungswärme $w$	$\gamma =$ Gewicht von 1 cbm	$\frac{1}{\gamma}$	Ueberdruck	Temperatur	Verdampfungswärme $w$	$\gamma =$ Gewicht von 1 cbm	$\frac{1}{\gamma}$
0	100	537	0,58	1,72	10 000	120	522	1,12	0,89
500	101	536	0,61	1,64	12 000	123	520	1,22	0,82
1 000	102	535	0,64	1,56	14 000	125	518	1,32	0,76
1 500	103	534	0,67	1,50	16 000	128	517	1,43	0,70
2 000	104	533	0,69	1,44	18 000	130	515	1,53	0,65
2 500	106	533	0,72	1,39	20 000	133	513	1,63	0,61
3 000	107	532	0,74	1,35	25 000	138	509	1,89	0,53
4 000	109	530	0,80	1,25	30 000	143	506	2,14	0,47
5 000	111	529	0,85	1,18	35 000	147	503	2,39	0,42
6 000	113	527	0,90	1,11	40 000	151	500	2,64	0,38
7 000	115	526	0,96	1,04	45 000	155	497	2,89	0,35
8 000	116	525	1,01	0,99	50 000	158	495	3,13	0,32
9 000	118	524	1,06	0,94					
Kilogr. für 1 qm	Grad C.	Wärmeeinheiten	Kilogr.	Cub.-Met. für 1 kg	Kilogr. für 1 qm	Grad C.	Wärmeeinheiten	Kilogr.	Cub.-Met. für 1 kg

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,9 l + 0,8 d \Sigma \xi}{\gamma (p_1 - p_2)} \left(Q + \frac{V}{2}\right)^2} \dots \dots \dots 149.$$

gegeben wird, die erforderliche Röhrenweite berechnen kann.

Die vorherige Schätzung des  $d$  für das zweite Glied des ersten Klammersausdruckes in Gleichung 149 ist unbedenklich, weil selbst ein erheblicher Irrthum das Rechnungsergebnis nur wenig beeinflusst, derselbe überdies sofort, durch Vergleichen des geschätzten mit dem berechneten  $d$ , erkannt wird.

Das Glied  $0,8 d \Sigma \xi$  ist immer kleiner, als  $1,9 l$ ; in Ausnahmefällen kann ersteres dem letzteren gleich, d. h. der durch Ablenkungen u. f. w. der Leitung entstehende Widerstand eben so groß werden, wie der Reibungswiderstand. Wäre Letzteres der Fall und würde  $d$  selbst doppelt so groß geschätzt, als es die Rechnung ergibt, so würde der Klammersausdruck statt  $1 + 1$  zu  $1 + 2$ , oder  $\frac{3}{2}$  mal so groß, als

ihm zukommt. Es ist aber  $\sqrt[5]{\frac{3}{2}} = 1,085$ , d. h. das Rechnungsergebnis würde 8,5 Procent größer, als es sein sollte.

Beispiel 1. Es sollen nach einem 22 m vom Dampfwickler entfernten Orte stündlich 84000 Wärmeeinheiten überliefert werden. Der Druck im Kessel soll 1000 kg, der Druck am Ende der Leitung 400 kg betragen; es ist somit, nach obiger Tabelle,  $\gamma = 0,62$ , und die Wärmemenge, welche 1 kg Dampf stündlich liefert,  $w = 536$ , also  $Q = \frac{84000}{536} = 156,7 = \approx 157$  kg. Die wirkliche Länge der Leitung betrage, wegen einiger nothwendiger Krümmungen,  $l = 28,6$  m, und es sei  $\Sigma \xi = 3,6$ . Weil die Röhre gut eingehüllt werden soll, so mag  $V$  zu 8, ferner  $d = 6$  cm geschätzt werden. Es ist alsdann nach Gleichung 149

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,9 \cdot 28,6 + 0,8 \cdot 6 \cdot 3,6}{0,62 (1000 - 400)} \left(157 + \frac{8}{2}\right)^2} = 5,3 \text{ Centim.}$$

Da diese Röhrenweite im Handel nicht vorkommt, so wählt man  $d = 6$  cm (Gufseifen) und erhält als Widerstand nach Gleichung 108 (S. 170)

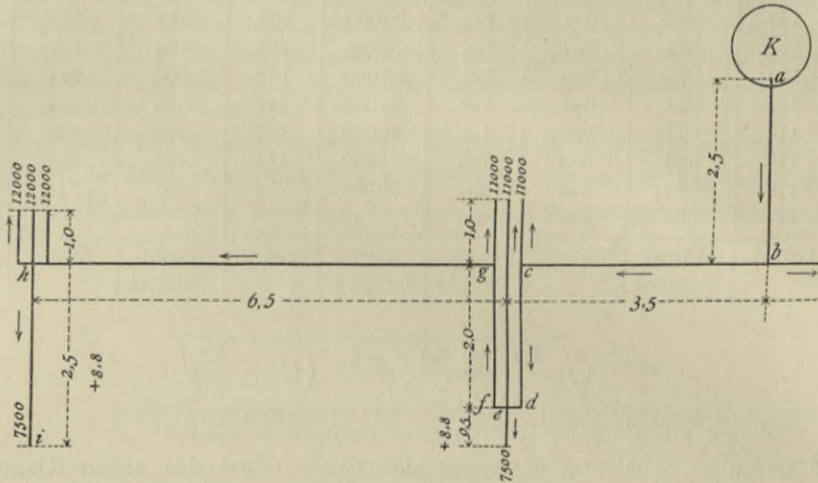
$$p_1 - p_2 = (1,9 \cdot 28,6 + 0,8 \cdot 6 \cdot 3,6) \frac{\left(157 + \frac{8}{2}\right)^2}{0,62 \cdot 6^5} = 385,1 \text{ kg,}$$

so dass also ein erheblicher Theil der verfügbaren Kraft unbenutzt bleibt.

Für die Berechnungen solcher Leitungen, welche keine langen ungetheilten Strecken enthalten, empfiehlt sich ein Rechnungsverfahren anzuwenden, welches dem in Art. 43 (S. 42) für Gasleitungen angeführten ähnlich ist. Es möge dasselbe durch ein Beispiel erläutert werden.

Beispiel 2. Vom Dampfwärmer *K* (Fig. 207) aus soll der Dampf, mittels der Leitung *abc . . . . i* zu 3 Heizkammern, welche je 11000, 3 Heizkammern, welche je 12000, und 6 örtlich aufgestellten Heizkörpern, welche je 2500 Wärmeeinheiten gebrauchen, geführt werden. In Rücksichtnahme

Fig. 207.



auf die Dehnung der Röhren ist die Schleife *cdfg* eingeschaltet; die Zweigröhren und sämtliche Längen enthält Fig. 207, wobei erläuternd bemerkt werden muß, daß die bei *n*, bzw. *i* verzeichneten 8,8 m Länge lothrecht zu den in 3 verschiedenen Geflossen aufgestellten Heizkörpern emporführt.

Der höchste Dampfüberdruck soll 600 kg betragen; von diesem sind 500 kg für 1 qm zur Ueberwindung der Widerstände verfügbar. Die größte Entfernung (von *a* bis *i*) beträgt: 2,5 + 3,5 + 2 · 2,0 + 6,5 + 2,5 + 8 = 27 m, so daß auf jedes Meter nur  $\frac{500}{27} = 18,5$  kg Druckverlust verfügbar ist.

Nach der Tabelle auf S. 241 ist  $\gamma =$  rund 0,6, so daß 1 kg Dampf 536 Wärmeeinheiten liefert.

Die Größe des Werthes *V* ist für jede einzelne der Strecken so klein, daß sie vorläufig vernachlässigt werden soll; dasselbe gilt von den  $\xi$ , so daß die Gleichung 149 die Gestalt

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,9 \cdot l \cdot Q^2}{\gamma (p_1 - p_2)}}$$

oder für  $l = 1$  m

$$d = 0,7 \sqrt[5]{Q^2} \dots \dots \dots 150.$$

erhält. Die Strecke *ik* hat 7500 Wärmeeinheiten, also  $\frac{7500}{536} = 14$  kg Dampf zu liefern; es ist daher das zugehörige  $d = 2$  cm. In Rücksichtnahme auf den Umstand, daß im lothrechten Theile dieser Leitung das Niederchlagswasser dem Dampf entgegenfließt und daß eine 2 cm weite Röhre im Handel überhaupt nicht vorkommt, soll statt dessen  $d = 2,5$  cm genommen werden.

Von *h* zweigen sich drei Leitungen ab, welche je  $\frac{12000}{536}$  kg Dampf abzuliefern haben. Ihre Weite berechnet sich nach Gleichung 150 demnach zu 2,38 cm, wofür ebenfalls  $d = 2,5$  cm gesetzt werden soll.

Zwischen *h* und *g* sind  $\frac{43500}{563}$  kg Dampf zu fördern; fonach ist das zugehörige  $d = 3,98$  oder  $\infty 4,4$  cm.

Die Weite der Strecke *gfte* kann man hiernach ohne Weiteres zu 5,1 cm bestimmen.

*edc* fördert, außer den Dampfverlusten,  $\frac{73000}{563}$  kg Dampf, muß fomit 4,59  $\approx 5,1$  cm weit sein.



$c$   $b$  leitet  $\frac{83000 \text{ kg}}{536}$ , bedarf also  $5,15 \text{ cm}$ , wofür vorläufig, da bisher die Ablenkungswiderstände, so wie die Dampfverluste eine Berücksichtigung nicht erfahren haben, die nächst größere im Handel vorkommende Weite von  $6 \text{ cm}$  genommen werden soll.

In dem Falle, daß rechts von  $b$  eben so viel Dampf gebraucht wird, als links, gewinnt man endlich die Weite der Leitung  $ab$  zu  $8,01$ , wofür  $8 \text{ cm}$  gefetzt werden soll.

Um sich zu vergewissern, daß durch die gewählten Röhrenweiten dem Dampfverlust und den durch Ablenkung entstehenden Widerständen in genügendem Grade Rechnung getragen worden ist, kann man den Gesamtwiderstand von  $a$  bis  $i$  nach Gleichung 108 (S. 170) wie folgt berechnen. Es ist

$$\begin{aligned} p_1 - p_2 &= [1,9 \cdot 11,3 + 0,8 \cdot 2,5 \cdot 1,3] \frac{(14 + 0,7)^2}{0,6 \cdot 2,5^5} + [1,9 \cdot 6,5 + 0,8 \cdot 4,4 \cdot 1] \frac{(81 + 1,38)^2}{0,6 \cdot 4,4^5} \\ &+ [1,9 \cdot 2 + 0,8 \cdot 5,1 \cdot 2] \frac{(101 + 1,64)^2}{0,6 \cdot 5,1^5} + [1,9 \cdot 2 + 0,8 \cdot 5,1 \cdot 2] \frac{(131 + 2,57)^2}{0,6 \cdot 5,1^5} \\ &+ [1,9 \cdot 3,5 + 0,8 \cdot 6 \cdot 1] \frac{(155 + 3)^2}{0,6 \cdot 6^5} + [1,9 \cdot 2,5 + 0,8 \cdot 8 \cdot 1,3] \frac{(316 + 0,3)^2}{0,6 \cdot 8^5} \\ &= 504,03 \text{ kg,} \end{aligned}$$

d. h. die größte Länge liefert einen verschwindend ( $\frac{4}{5}$  Procent) größeren Widerstand, als der verfügbare Druck beträgt.

Zur Berechnung der Dampfverluste wurden folgende Zahlen benutzt. Es verdichtet  $1 \text{ m}$  gut eingehüllter Röhre stündlich:

bei $2,5 \text{ cm}$ Weite . . . . .	$0,12 \text{ kg}$ Dampf	bei $6,0 \text{ cm}$ Weite . . . . .	$0,22 \text{ kg}$ Dampf
[ » $3,1$ » » . . . . .	$0,13$ » » ]	[ » $7,0$ » » . . . . .	$0,24$ » » ]
[ » $3,7$ » » . . . . .	$0,15$ » » ]	» $8,0$ » » . . . . .	$0,26$ » » ]
» $4,4$ » » . . . . .	$0,16$ » » ]	[ » $9,0$ » » . . . . .	$0,28$ » » ]
» $5,1$ » » . . . . .	$0,20$ » » ]	[ » $10,0$ » » . . . . .	$0,30$ » » ]

wobei zu bemerken ist, daß die nicht benutzten, durch Klammern gekennzeichneten Werthe der Vollständigkeit halber hier hinzugefügt worden sind.

Die Maße der Wafferröhren werden ähnlich berechnet, wie diejenigen der Canäle für Luft und Rauch. Da, wie schon erwähnt, der Vorschlag, das Wasser mittels eines Dampfstrahles zu bewegen, keine Bedeutung hat, so wird im Folgenden nur von solchen Anlagen die Rede sein, bei denen die Bewegung des Wassers durch Auftrieb erfolgt.

266.  
Wafferröhren.

Fig. 208.

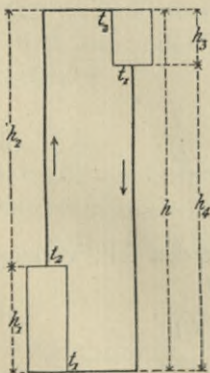


Fig. 208 zeigt die allgemeine Anordnung einer Wasserheizung. In einem unteren Gefäße oder einer Röhrenschlange wird das Wasser von  $t_1$  auf  $t_2$  Grad erwärmt, in einem oberen von  $t_2$  auf  $t_1$  Grad abgekühlt. Vermöge des hierdurch entstehenden Auftriebes findet der Umlauf des Wassers statt.

In Gleichung 113 (S. 173) wurde die Größe des Auftriebes allgemein zu

$$\mathfrak{A} = 0,002 (h_1 + h_2) (t_2^2 - t_1^2), \quad \dots \quad 151.$$

bezw. in Gleichung 115 (S. 173) zu

$$\mathfrak{A} = 0,004 h (t_2^2 - t_1^2) \quad \dots \quad 152.$$

für den besonderen Fall bestimmt, daß  $h_1 = h_2$  ist. Die Widerstände sind nach Gleichung 79 (S. 162):

$$\mathfrak{B} = \gamma \left[ \alpha l \frac{u}{q} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2g} \quad \dots \quad 153.$$

Es betragen nun die Wassertemperaturen:

$$65 \text{ Grad} \geq t_1 \geq 35 \text{ Grad, also im Mittel } 50 \text{ Grad}$$

und  $200 \text{ Grad} \geq t_2 \geq 80 \text{ Grad, } \gg \gg \gg 140 \text{ Grad.}$

Da für gewöhnlich der Hinweg des Waffers dem Rückweg etwa gleich ist, fo kann man für  $\gamma$  in Gleichung 153 einen Mittelwerth für die Temperatur

$$\frac{50 + 140}{2} = 95 \text{ Grad, d. i. } \frac{\gamma}{2g} = 50$$

einfetzen.

Es werden für die Leitungen regelmäsig Röhren kreisrunden Querschnittes verwendet; folglich ist

$$\frac{u}{q} = \frac{D \pi}{\frac{D^2 \pi}{4}} = \frac{4}{D}.$$

Nach Einsetzung dieser Ausdrücke und Gleichsetzung der Widerstände und des Auftriebes entsteht

$$\mathfrak{A} = 50 \left[ \kappa \frac{4l}{D} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] v^2, \dots \dots \dots 154.$$

$$\left( 4000 \kappa \frac{l}{D} + 50 \Sigma \xi \right) v^2 + 200 \kappa \frac{l}{D} v - \mathfrak{A} = 0,$$

$$v = \frac{-200 \kappa \frac{l}{D} \pm \sqrt{\left( 200 \kappa \frac{l}{D} \right)^2 + 200 \left( 80 \kappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right) \mathfrak{A}}}{100 \left( 80 \kappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right)} \dots \dots \dots 155.$$

In dieser Gleichung gilt zweifellos das +Zeichen vor der Wurzel, fo dafs

$$v = \frac{\sqrt{\left( 200 \kappa \frac{l}{D} \right)^2 + 200 \left( 80 \kappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right) \mathfrak{A}} - 200 \kappa \frac{l}{D}}{100 \left( 80 \kappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right)} \dots \dots \dots 156.$$

ist. Diefes  $v$  ist zu erreichen; es wird der Ausdruck durch Einsetzen der Werthe  $\kappa = 0,00035$  und  $\mathfrak{A} = 0,002 (h_4 + h_2) (t_2^2 - t_1^2)$ , bezw.  $\mathfrak{A} = 0,004 h (t_2^2 - t_1^2)$  vervollständigt zu

$$v = \frac{\sqrt{\left( \frac{l}{D} \right)^2 + \left( 2,3 \frac{l}{D} + 82 \Sigma \xi \right) (h_4 + h_2) (t_2^2 - t_1^2)} - \frac{l}{D}}{40 \frac{l}{D} + 1430 \Sigma \xi}, \dots \dots \dots 157$$

bezw.

$$v = \frac{\sqrt{\left( \frac{l}{D} \right)^2 + \left( 4,6 \frac{l}{D} + 163 \Sigma \xi \right) h (t_2^2 - t_1^2)} - \frac{l}{D}}{40 \frac{l}{D} + 1430 \Sigma \xi} \dots \dots \dots 158.$$

Dem gegenüber wird, da die Wärmemenge  $W$  übertragen werden foll, verlangt

$$v = \frac{W}{D^2 \frac{\pi}{4} \cdot 3600 \gamma (t_2 - t_1)} = \frac{W}{2700000 D^2 (t_2 - t_1)} \dots \dots \dots 159.$$

Es ist nun wieder versuchsweise ein zu schätzendes  $D$  einzufetzen und zu untersuchen, ob dasselbe den Anforderungen entspricht oder nicht.

Abgesehen von dem  $D$  und dem gefuchten  $v$  sind in den Gleichungen 156 bis 159 bekannt:  $l$  und  $\Sigma \xi$ ; beide Werthe können ohne Weiteres aus dem den örtlichen Verhältnissen angefnemigten vorläufigen Plane entnommen werden.  $h_4$  und  $h_2$

find meistens nicht von vornherein bekannt, weil  $h_1$  und  $h_3$  erst durch den genaueren Entwurf fest gelegt werden. Alsdann vermag man aber das  $h$  der Gleichung 114 oder, was dasselbe ist,  $\frac{h_4 + h_2}{2}$  ziemlich gut zu schätzen; man rechnet mit ihm unter Benutzung der Gleichung 158, unter dem Vorbehalt, nach Umständen später, auf Grund der Gleichung 157, die Rechnung zu wiederholen. Die Temperaturen  $t_2$  und  $t_1$  des Wassers können willkürlich gewählt werden.

Soll die Leitung oben offen sein, so dass etwa gebildeter Dampf frei entweichen kann, so kann  $t_2$  nicht größer sein, als 100 Grad; um jedoch ein »Ueberkochen« zu verhüten, d. h. zu verhindern, dass durch eine geringe Unvorsichtigkeit des Heizers eine Dampfbildung und die mit ihr verknüpften Uebelstände eintreten, wählt man  $t_2$  nur = 90 Grad und nennt die betreffende Heizungsart Niederdruck- oder Warmwasser-Heizung, auch offene Wasserheizung.

Behuf Gewinnung einer recht kleinen Heizfläche wird die Temperatur des Wassers größer genommen; es bedingt das Verfahren, um Dampfbildung zu verhüten, eine geschlossene Leitung, weshalb man die betreffende Heizungsart im Allgemeinen geschlossene Wasserheizung nennt. Innerhalb dieses Begriffes sind gebräuchlich: die Hochdruck-Wasserheizung, auch *Perkins*-Heizung genannt, mit  $t_2 = 200$  Grad, so dass das Wasser unter einem Ueberdrucke von etwa 145 000 kg für 1 qm gehalten werden muss, häufiger die Mitteldruck-Wasserheizung mit  $t_2 = 150$  Grad, bei welcher der nöthige Ueberdruck nur 40 000 kg beträgt.

$t_1$ , d. i. die Temperatur, mit welcher das Wasser den wärmeabgebenden Körper verlässt, ist jedenfalls größer anzunehmen, als die Temperatur der den Heizkörper bespülenden Luft. Je mehr erstere die letztere überragt, desto kleiner fallen die Heizflächen aus, um so billiger werden die Wärmestrahler; dagegen wächst die zur Uebertragung der Wärmemenge  $W$  erforderliche Wassermenge und mindert sich der Auftrieb mit der Abnahme des Temperatur-Unterschiedes  $t_2 - t_1$ , d. h. es wird mit letzterer die Röhrenleitung vertheuert.

Je nachdem die Minderung der Kosten für die Wärmestrahler oder diejenige für die Röhrenleitung, je nachdem die Raumerparnis für erstere oder letztere von größerer Bedeutung ist, wählt man  $t_1$  größer oder kleiner. Die äußersten Grenzen dürften, bei voller Beanspruchung der Heizung, die bereits in Art. 266 (S. 243) angegebenen

$$65 \text{ Grad} \geq t_1 \geq 35 \text{ Grad}$$

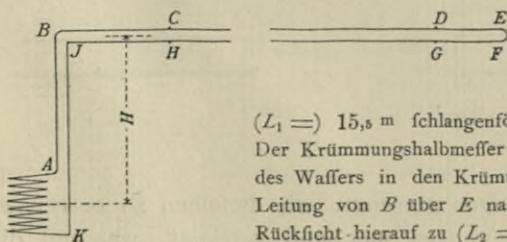
sein.

Die zunächst schätzungsweise Wahl des  $D$  hat natürlich nach den verfügbaren Röhrendurchmessern, bzw. deren Abstufungen stattzufinden.

Beispiel. Es sei eine Mitteldruck-Wasserheizung mit ( $D =$ ) 0,022 m weiten Röhren (äußerer

Durchmesser = 0,033 m) zu berechnen. Die nach den örtlichen Verhältnissen getroffene Anordnung stellt Fig. 209 im Aufriss dar, wobei zu bemerken ist, dass bei C, D, G und H rechtwinkelige, abgerundete Ablenkungen in wagrechter Ebene vorliegen und der Wassererwärmer aus

Fig. 209.



( $L_1 =$ ) 15,8 m schlangenförmig gebogenen Röhren gleicher Weite besteht. Der Krümmungshalbmesser dieser Schlangen ist so groß, dass Wirbelungen des Wassers in den Krümmungen nicht beachtet zu werden brauchen. Die Leitung von B über E nach J dient als Wärmestrahler; ihre Länge ist in Rücksicht hierauf zu ( $L_2 =$ ) 144 m bestimmt worden. Die nur der Leitung

dienenden Röhrenstrecken  $AB$  und  $JK$  messen zusammen ( $L_3 =$ )  $4,5$  m, so daß die gesammte Röhrenlänge  $l = 164$  m beträgt.

Die Ablenkungen  $A$ ,  $K$  und  $J$  sind scharfwinkelige, die bei  $C$ ,  $D$ ,  $E$ ,  $F$ ,  $G$  und  $H$  gelegenen abgerundete. Es ist daher

$$\Sigma \xi = 3 \cdot 1 + 6 \cdot 0,5 = 6.$$

Gegeben ist ferner  $W = 12000$ ,  $H = 2$  m,  $t_1 = 50$  Grad und  $t_2 = 150$  Grad.

Hiernach ist  $\frac{l}{D} = 164 \cdot 0,022 = 7454$ ;  $\left(\frac{l}{D}\right)^2 = 55562116$ ;

$$4,6 \frac{l}{D} = 34288; \quad 163 \Sigma \xi = 978;$$

$$40 \frac{l}{D} = 298160; \quad 1430 \Sigma \xi = 8580;$$

$$t_2^2 - t_1^2 = 22500 - 2500 = 20000;$$

folglich ist das zu erreichende

$$v = \frac{\sqrt{55562116 + (34288 + 978) \cdot 2 \cdot 20000 - 7454}}{298160 + 8580} = 0,1 \text{ m}.$$

Dagegen ist das verlangte

$$v = \frac{12000}{2700000 \cdot 0,022^2 \cdot (150 - 50)} = 0,092 \text{ m}.$$

Man kann mit dieser Uebereinstimmung zufrieden sein, vielleicht — wenn darauf Werth gelegt wird —  $H$  ein wenig kleiner wählen.

Hätte sich herausgestellt, daß mittels der Anlage die erforderliche Wassergeschwindigkeit nicht zu erreichen wäre, so würde man — je nach Umständen —  $H$  größer wählen oder die Leitung doppelt, bei entsprechend geringerer Länge, ausführen.

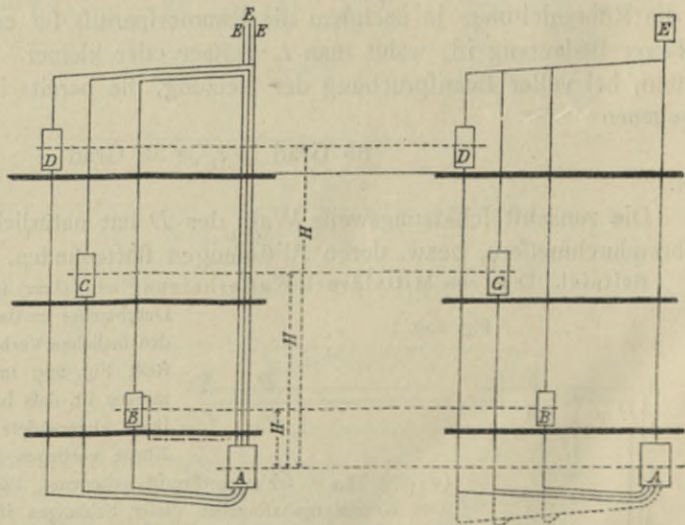
Hochdruck- und Mitteldruck-Wasserheizungen gestatten, der vorkommenden großen Spannungen halber, nur enge Röhren, sowohl für die Leitung, als auch für die Wärme aufnehmenden und Wärme abgebenden Körper; Niederdruck-Wasserheizungen werden dagegen mit weiten Röhren ausgestattet und die Heizkörper derselben häufig kasten- oder keffelförmig gestaltet. Man legt mehrere neben einander herlaufende Röhren in eine zusammen und speist so von einem »Heizkessel« mehrere »Heizöfen«, indem an geeigneten Orten der Leitungen mittels Zweigröhren die einzelnen Öfen angeschlossen werden.

Man berechnet alsdann zweckmäßig die Röhren so, als ob jeder Ofen eine eigene Leitung habe, und zählt die neben einander liegenden Querschnitte zusammen, um den Querschnitt der gemeinschaftlichen Röhre zu gewinnen.

Fig. 210 verfinnlicht die Anordnung und Versorgung der Öfen  $B$ ,  $C$  und  $D$  vom gemeinschaftlichen Heizkessel  $A$  aus. Die linke

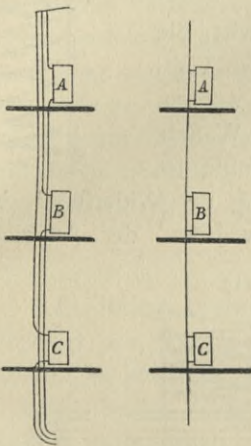
Halfte der Figur enthält die Röhrenleitungen getrennt, wie dieselben zu berechnen sind; die rechte Seite zeigt die Zuflußleitungen möglichst vereinigt, während die

Fig. 210.



Leitungen, welche das Wasser dem Heizkessel wieder zuzuführen haben, getrennt gehalten sind. Würde man auch diese in eine gemeinschaftliche Röhre vereinigen, so würde, da die Temperaturen des von den Oefen *B*, *C* und *D* niedersteigenden Wassers nicht unter sich gleich sind, durch Eintreten wärmeren Wassers in eine Röhre, welche kälteres Wasser niederzuföhren hat, eine Störung des Wasserumlaufes eintreten, welche die Ergebnisse der Rechnung in höherem oder geringerem Mafse unzutreffend macht. Legt man den tiefsten Punkt jeder niedersteigenden Röhre, wie in Fig. 210, rechte Seite, durch Punktirung angedeutet ist, tiefer als die Mündung derselben in die Sammelröhre, so kann die in Rede stehende Störung allerdings nicht eintreten. Es fehlt jedoch häufig am nöthigen Raume für eine so tiefe Lage der Anschlussstücke, weshalb meistens auf eine Sammlung der Rücklaufrohre verzichtet wird.

Fig. 211.



So fern man jedoch die Röhrenweiten möglichst gering zu haben wünscht, so berechnet man die in Fig. 210 rechts gezeichnete Anordnung ähnlich, wie das Canalnetz einer Luftleitung, indem man sowohl die Widerstände in der gemeinschaftlichen Leitung, als auch die Widerstände in den einzelnen Leitungen für sich berechnet, um, nach mehrfachen Versuchen — die erleichtert werden, wenn man vorher den erstgenannten Weg einschlägt — zu befriedigenden Ergebnissen zu kommen.

Die Berechnung des Röhrennetzes, welches in Fig. 211 dargestellt ist, findet in derselben Weise, wie soeben angegeben, statt. Die linke Seite dieser Figur zeigt nämlich die den drei über einander liegenden Oefen *A*, *B* und *C* dienenden Einzelrohre; im rechtsseitigen Theile der Figur sind die Röhren so zusammengelegt, dass das Wasser zunächst in den Ofen *A*, hierauf in den Ofen *B*, endlich in den Ofen *C* gelangt, von dem aus dasselbe wieder zum Heizkessel zurückkehrt. Besondere Stellvorrichtungen ermöglichen, das Wasser behuf Regelung der Wärmeabgabe ganz oder theilweise an den Oefen vorbei zu leiten. Will man für diese Röhrenleitung das genauere Rechnungsverfahren anwenden, so hat man zunächst zu bedenken, dass das Wasser die Summe der Wärmemengen abgeben muss, welche für die Oefen *A*, *B* und *C* berechnet waren; alsdann hat man die Wasserdrücke von *A* bis *B*, von *B* bis *C* und von *C* bis zum Heizkessel zusammenzuzählen und hiervon den durch die Steigröhre bis zu *A* ausgeübten Druck abzuziehen, um den Auftrieb zu erhalten.

Für Hoch- und Mitteldruck-Wasserheizungen verwendet man zuweilen die in Fig. 212 gezeichnete Abart der allgemeinen, durch Fig. 210 dargestellten Anordnung. *A* bezeichnet den aus einer Schlangenhöhre bestehenden Wärmefahrer, *B* die ebenfalls aus schlangenförmig gebogenen Röhren gebildeten Wärmefahrer. Das erhitzte Wasser steigt von *A* empor, bewegt sich in der oberen Röhre wagrecht nach links, sinkt in den Wärmefahrern *B* nach unten und strömt durch die untere Röhre nach dem Wassererwärmer zurück. Man hat bei *e* oder *a*, durch Einschalten eines Hahnes oder Ventiles, die Möglichkeit geschaffen, die Wärmeabgabe jedes Wärmefahrers zu regeln, bezw. jeden der letzteren auszuschalten. So könnte der Fall eintreten, dass der Wasserumlauf völlig gesperrt und sodann Ueberhitzung des Wassererwärmers eintreten würde, wenn nicht die obere und untere

Röhre an der linken Seite mit einander verbunden wären. Diese Anordnung gestattet aber dem Wasser, auch bei geöffneten Ventilen *e*, bzw. *a* zum Theile durch die links gezeichnete Verbindung *cd* nach unten zu fließen. Es ist bei der Anlage und

Berechnung darauf Rücksicht zu nehmen. Bei guter Einhüllung verliert der Röhrenstrang *bfgcd* nur wenig Wärme, so

dafs innerhalb desselben ein nennenswerther Auftrieb nicht auftritt; die Wasserbewegung innerhalb der Leitung muß vielmehr durch den Temperatur-Unterschied innerhalb der Höhe *gb* hervorgebracht werden. Dem gegenüber tritt ein Auftrieb durch die Abkühlung des Wassers in den Wärmestrahlern *B* ein. Wählt man nun die Verhältnisse so, dafs bei geöffneten Ventilen dieser Auftrieb zur Ueberwindung der Widerstände in *B* und den zugehörigen wagrechten Röhrentheilen genügt, während der Auftrieb zwischen *g* und *b* bei vollem Betrieb nur den hier auftretenden Widerständen gewachsen ist, so liegt — bei voller Beanspruchung der Heizung — für das Wasser keine Veranlassung vor, durch *cd* nach unten zu strömen.

Wenn die Röhrenstrecke *fc* da, wo sie in Fig. 212 sich vorfindet, hinderlich ist, so kann man sie auch nach Fig. 213 anordnen, ohne an den sonstigen Verhältnissen etwas zu ändern.

Bisher war nur von solchen Anlagen die Rede, bei welchen die Wärme abgebenden Körper höher liegen, als die Wärme aufnehmenden. Zuweilen ist es unbedingt erforderlich, erstere in gleiche Höhe zu legen, wie letztere, oder sogar tiefer anzubringen. Die Skizze Fig. 214 deutet an, in welcher Weise in diesem Falle verfahren werden kann. *AB* sei die wagrechte Mittelebene der Heizkessel, *CD* diejenige des Heizofens oder eines Wärme abgebenden Röhrenwerkes; dann muß ein fernerer Ofen, dessen Mittelebene durch *EF* bezeichnet ist, zu Hilfe genommen werden. Das im Heizkessel *G* erwärmte Wasser steigt nach oben, kühlt sich im oberen Ofen entsprechend ab und sinkt nach dem Heizkessel *F* zurück. Hier findet es neue Erwärmung und gelangt alsdann, niedersteigend, in den

Fig. 212.

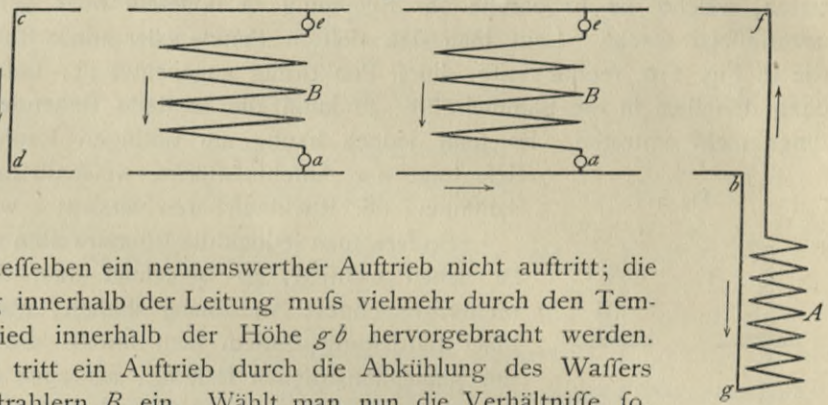


Fig. 213.

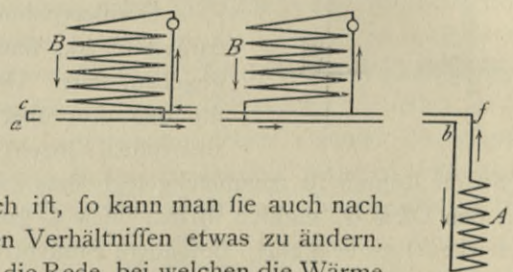


Fig. 214.

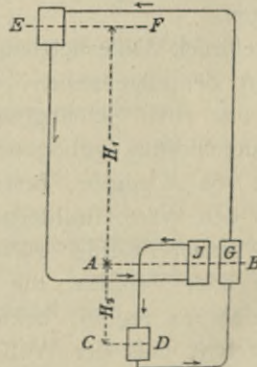
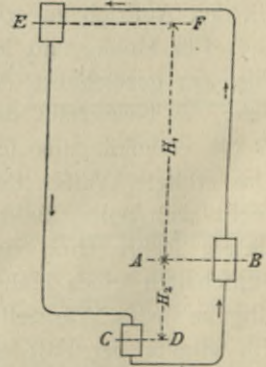


Fig. 215.



unteren Ofen; nachdem es hier entsprechend abgekühlt ist, steigt das Wasser zum Heizkessel  $G$  empor. In diesem Falle ist selbstverständlich das Ganze als ein Röhrenstrang aufzufassen und sämtliche Widerstände zusammenzuzählen. Ihnen gegenüber steht der positive Auftrieb des oberen Ofens, entsprechend der durch diesen stattfindenden Abkühlung und dem  $+H_1$ , so wie der negative Auftrieb des unteren Ofens, für den die Abkühlung wie immer, die Höhe aber mit  $-H_2$  eingetragen wird. Die Bedingungen, unter denen eine solche Anlage überhaupt betriebsfähig ist, sind leicht zu erkennen.

Dasselbe Rechnungsverfahren findet statt, wenn man, wie Fig. 215 andeutet, das Wasser nur in einem Kessel erwärmt, hierauf zunächst über der Ebene  $AB$ , dann aber unter  $AB$  sich abkühlen läßt.

Die Wärmeverluste des Wassers in den Röhrenleitungen sind zuweilen, trotz guter Einhüllung derselben, so groß, daß man dieselben bei der Berechnung der Anlagen berücksichtigen muß. Dies kann geschehen, indem man sie zunächst durch Schätzung bestimmt und durch eine nachträgliche Rechnung prüft, ob die Schätzung eine richtige war oder nicht. In einigen Fällen wird man statt dieses Verfahrens rascher zum Ziele gelangen, wenn man die Leitungsröhren als Heizöfen betrachtet und sie in ähnlicher Weise in die Rechnung einführt, wie unter Bezugnahme auf Fig. 211 erörtert wurde.

#### b) Lage und Längenprofil.

Zu jedem Wärme abgebenden Körper, welcher die Wärme des Dampfes oder diejenige des Wassers ausstrahlen soll, gehören eine Zuleitungs- und eine Rücklauf-röhre. In umfangreicheren Gebäuden, deren Räume durch in ihnen selbst aufgestellte Dampf-, bezw. Wasseröfen erwärmt werden, wird in Folge dessen eine Zahl von Röhren erforderlich, welche sowohl wegen des Raumbedarfes, als auch wegen der Lage der Öfen oft schwer unterzubringen sind. Manche Architekten legen, um bezüglich der Ausschmückung der Räume nicht behindert zu sein, die Röhren in das Gebälke und unter den Putz. Ein solches Verfahren ist schon für Gasleitungen nicht zu empfehlen, muß aber für die Leitungen der Dampf- und Wasserheizungen geradezu als unzulässig bezeichnet werden. Bei diesen finden in der Regel nicht unbeträchtliche Temperaturwechsel statt, also Dehnungen, welche nicht behindert werden dürfen; wegen der gewaltigen Dehnungen können, selbst bei tüchtiger Ausführung, Undichtheiten entstehen, die selbstverständlich eine Netzung, also Schädigung der Gebäudetheile im Gefolge haben. Als vornehmste Regel für Anlage derartigen Röhrenwerkes gilt daher, daß dasselbe bequem zugänglich sein muß und seinen Dehnungen keine Hemmnisse geboten werden dürfen.

Auf Grund dieser Regel sind als geeignete Plätze für die Röhrenlagen zunächst die Wände zu bezeichnen. Eine geschickt angelegte und gut ausgeführte Röhrenleitung verunziert die Wand eines einfach gehaltenen Raumes nicht, wenn dieselbe auch auf der Wandfläche liegt. In schlichten Wänden bringt man für die Röhren häufig passende Schlitzlöcher an, welche unverdeckt bleiben, mit Gittern verschlossen werden oder einen dichten Abschluß finden. Wegen der nothwendigen Zukömmlichkeit muß die Bedeckung der Schlitzlöcher abnehmbar sein; sie kann daher nur aus Holz oder Metall bestehen. In beiden Fällen darf der Einfluß der von den Röhren abgegebenen Wärme nicht unterschätzt werden, zumal weil dieselbe im Sommer gar nicht, im Winter wechselnd vorhanden ist. Gefimse, welche an den Wänden entlang

269.  
Wärme-  
verluste.

270.  
Lage im  
Allgemeinen.

laufen, bieten oft willkommene Gelegenheit, die Röhren so neben oder über die-  
selben zu legen, daß sie nicht bemerkt werden; weit auskragende Kranzgefäße ge-  
währen Raum für ziemlich weite Röhren. Pilaster und Paneele, die aus Holz und  
abnehmbar hergestellt sind, bieten ebenfalls bequeme Gelegenheit zur Unterbringung  
der Röhren.

271.  
Besondere  
Fälle.

In besonderen Fällen können die Röhren unter die Decken gehängt oder auf  
die Fußböden gestützt werden; jedoch sind diese Orte nur in untergeordneten  
Räumen — Keller- und Dachgeschofs — verwendbar.

Endlich benutzt man besondere Räume für die Röhrenleitungen. Die Decken  
der Gänge, welche großen Räumen entlang führen, werden oft aus Schönheitsrück-  
sichten tiefer gelegt, als diejenigen der benachbarten Zimmer. Aldann entsteht  
zwischen einer solchen Decke und dem höher gelegenen Fußboden ein Hohlraum,  
der, wenn mindestens 60 cm weit, ausreichenden Platz für alle Arten von Röhren-  
leitungen bietet. In den Wänden sind fast immer Orte zu finden, an denen weitere  
lothrechte Canäle angebracht werden können. Ihre Zugänglichkeit ist nur an einigen  
Orten nothwendig, wenn man die Verbindungsstellen der in ihnen befindlichen Röhren  
in Gruppen zusammengezogen hat. Geschickte Hand und Zusammenarbeiten des  
Architekten und Heiztechnikers werden immer Orte für die Röhren finden, welche  
den oben angeführten Regeln entsprechen, ohne den Einklang der künstlerischen  
Durchbildung zu stören. Ausnahmen von der Regel, die Röhren nicht unter den  
Fußboden, bezw. nicht zwischen diesen und die unter ihm liegende Decke zu legen,  
sind jedoch nicht ganz zu umgehen.

Als am häufigsten vorkommende derartige Ausnahme nenne ich den Fall,  
daß die Röhren längs einer Wand, und zwar in der Nähe des Fußbodens, sich be-  
finden, welche Wand an irgend einer Stelle eine Thür hat.

Fig. 216 veranschaulicht einen solchen Fall, bei Anwendung einer Gewächshaus-Wasserheizung. *A* be-  
zeichnet den Heizkessel, *B* das Ausdehnungsgefäß, *C* die in Rede stehende Thüröffnung. Die Leitungs-  
röhren sind hier gleichzeitig die Heizkörper; vom oberen Ende des Heizkessels fließt  
das Wasser längs der Wände des Raumes, sinkt dann in eine zweite, unter der ersten  
liegende Leitung und gelangt endlich in den untersten Theil des Kessels zurück. Das  
zur Berechnung des Auftriebes dienende *H* wird, wenn man die einfachere Rechnung an-  
wenden will (vergl. Art. 266, S. 243), von der Mitte zwischen beiden Heizröhren bis zur  
Mitte des Heizkessels gemessen. Wenn daher, wie hier gezeichnet, die beiden Röhren  
vor der Thür *C* unter den Fußboden gelegt werden und eine Abkühlung des  
Wassers an dieser Stelle so weit verhütet ist, daß dieselbe unbeachtet bleiben kann, so wird — in regel-  
mäßigem Betriebe — der negative Auftrieb auf der rechten Seite der Thür *C* durch den positiven Auf-  
trieb auf der linken Seite der Thür aufgehoben, d. h. die ganze Anordnung hat nur den Einfluß auf die  
Bewegung des Wassers, welcher aus der Vermehrung der Widerstände entsteht, gleichgiltig, um welches  
Maß die Röhren vor der Thür tiefer liegen, als sonst. Anders ist es bei Inbetriebsetzung der Anlage.  
Aldann gelangt nach einiger Zeit in das niederfinkende Stück *ab* warmes Wasser, während die Stücke  
*cd*, *ef* und *hg* mit kaltem Wasser gefüllt sind. Ist nun die zu *ab* gehörige Höhe groß, so kann der  
Fall eintreten, daß der hier befindliche negative Auftrieb von dem positiven des Kessels nicht überwunden  
werden kann, d. h. die Inbetriebsetzung gelingt nicht. Bei länger andauernder Wärme-Zufuhr im Kessel *A*  
tritt hier schließlich eine Dampfentwicklung ein, die schwingende Bewegungen des Wassers zur Folge

Fig. 216.

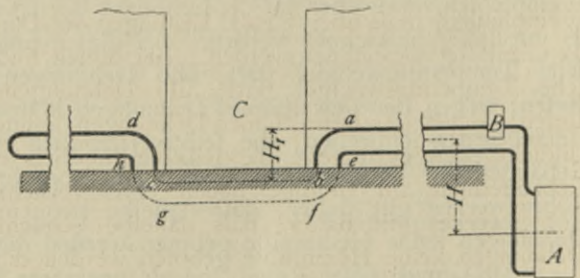
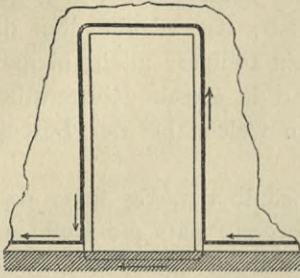




Fig. 217.



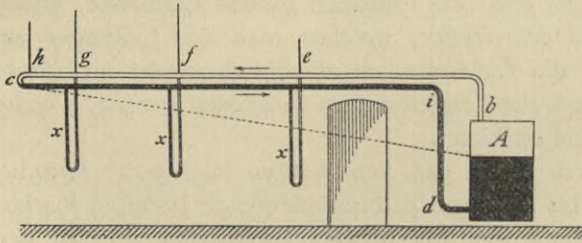
hat. Das warme Wasser gelangt in Folge dessen in die Rücklaufröhre und verringert hierdurch den Auftrieb des Kessels. Nicht selten werden die Schwingungen des Wassers so groß, daß die Röhren zerfchmettert werden. Diese Uebelstände können vermieden werden, wenn  $H$  im Vergleich zur Auftriebshöhe  $H_1$  des Röhrenstückes  $ab$  u. f. w. möglichst groß ist; in zweifelhaften Fällen ist es unschwer, die erforderliche Größe des  $H$  zu berechnen.

Würde eine Dampfleitung in ähnlicher Weise angeordnet, so würde die durchgebogene Röhre sich mit dem durch Verdichtung des Dampfes entstehenden Wasser anfüllen und den Querschnitt der Röhre verstopfen oder doch dem Dampf einen Stöße herbeiführenden Widerstand entgegenzusetzen. Man verfährt deshalb hier, wie Fig. 217 erkennen läßt. Die Dampfrohre wird über die Thür hinweggeführt, während das den Dampf begleitende Wasser feinen Weg unter dem Fußboden hindurch findet.

Eine recht hübsche Lösung vorliegender Aufgabe verfinnlicht Fig. 218<sup>160)</sup>. Es handelt sich um die Röhrenleitung einer Niederdruck-Dampfheizung.

$A$  bezeichnet den im Kellergeschoß aufgestellten Dampfentwickler. Von ihm aus führt die Röhre  $bc$  den Dampf unter der Decke des Kellervorraumes entlang, so daß die Zweigröhren  $e, f, g$  und  $h$  an den Wänden empor zu den Wärmestrahlern

Fig. 218.

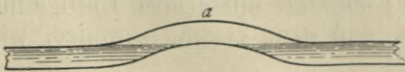


geführt werden können. Da diese Röhren lothrecht oder doch nur wenig von der lothrechten Linie abweichend angebracht sind, so ist es zulässig — bei entsprechend großer Weite der Röhren — sie gleichzeitig zur Abfuhr des Niederschlagswassers zu benutzen. Es fällt also das Letztere in die im Wesentlichen wagrechte Dampfrohre zurück, in welcher es mit dem Dampfe sich weiter bewegen oder aus welcher es mittels geeignet angebrachter Abflußröhren

auf kürzerem Wege in die Niederschlagwasserröhre gelangt. Der Kessel  $A$  befindet sich über dem Kellerfußboden; soll deshalb das Niederschlagwasser, ohne zuvor zu steigen, in den Kessel gelangen (damit es sich, bei Ausserbetriebsetzung der Heizung, vollständig in diesen ergießt), so sperrt die Röhre die ganze Wand. Um dies zu vermeiden, ist nun die Niederschlagwasserröhre von  $c$  bis  $i$  neben die Dampfrohre gelegt (in Fig. 218 liegt  $ci$  tiefer, damit die Dampfrohre nicht verdeckt wird) und vermöge der U-förmigen Röhren  $x$  mit der Dampfrohre  $bc$  verbunden, so daß durch  $x$  das Niederschlagwasser abzufließen vermag, aber ein gelegentliches Zurückflauen desselben in die Dampfrohre ausgeschlossen ist. In den rechtsseitig gezeichneten Schenkeln der U-förmigen Röhren  $x$  befindet sich der Wasserpiegel so viel höher, als im Kessel, wie die Widerstände durch die Dampfrohre bis zur Röhre  $x$  und von dieser zurück durch  $id$  betragen; hiernach ist die Länge der U-förmigen Röhren zu bestimmen. Zur Entleerung der Röhren  $x$  dienen besondere kleine Hähne.

Die zuletzt gegebenen Besprechungen liefern schon Regeln für das Längenprofil der Röhrenleitungen. In Bezug auf dasselbe sind noch die folgenden Erscheinungen zu beobachten. Das in Fig. 219 abgebildete Röhrenstück einer Wasserheizung steht nach beiden Seiten hin mit dem Ringe in Verbindung, den das Wasser während des Betriebes der Heizung zu durchlaufen hat. Beim Füllen der Leitung vermag sonach das Wasser von zwei Seiten heranzufließen, so daß die Luft im höheren Theil der Röhre zusammengedrängt wird. Nach dem Anheizen, nach Eintreten des Auftriebes,

Fig. 219.



272.  
Längen-  
profil.

<sup>160)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 591.

fteigt der Wafferpiegel an der einen Seite der Röhrenbiegung, während derjenige an der anderen Seite ſich ſenkt. So lange die Aufbiegung keine groſſe, dagegen der Auftrieb ein bedeutender iſt, wird es letzterem möglich, das Waſſer über die hügelartige Erhöhung der unteren Röhrenwand hinweg zu treiben; allein niemals iſt der Auftrieb im Stande, die Luft zu beseitigen. Es ſind in dieſem Röhrenſtück alſo unter allen Umſtänden Widerſtände zu überwinden, an welche bei der Berechnung nicht gedacht wurde.

273.  
Entlüften bei  
Waſſer-  
heizungen.

Das Längenprofil der Waſſerheizungsrohren muß deſhalb derartig fein, daß ſolche »Luftfäcke« nicht auftreten, oder es iſt dafür zu ſorgen, daß die Luft aus dem betreffenden Röhrenſtück entfernt werden kann. Niederdruck- und Mitteldruck-Waſſerheizungen geſtatten die Anbringung eines Hahnes an der höchſten Stelle der Röhrenbiegung, nämlich bei *a*, Hochdruck-Heizungen werden mittels des fog. Durchpumpens luftfrei gemacht. Zu dem Ende wird, mit Hilfe einer möglichſt am tiefften Punkte des gefamnten Ringes, welchen jede Heizung bildet, angebrachten Pumpe, das Waſſer in einer Richtung durch die Rohren bis zu dem höchſten Punkte getrieben, wofelbſt für den Zweck des Entlüftens eine Oeffnung frei gelegt iſt. Das raſch und mit groſſer Kraft fließende Waſſer reiſt die Luft gewaltſam mit ſich fort und führt ſie bis zu der genannten Oeffnung, wofelbſt ſie entweichen kann. Wenn nöthig, ſo wird auch der andere Theil des Ringes durchgepumpt. Beide Verfahren, nämlich das Durchpumpen ſowohl, als auch das Entlüften mittels Luſthähne, haben Unbequemlichkeiten im Gefolge, da das Waſſer, welches man den Leitungen zuführt, nie ganz luftfrei iſt, ſonach die Luftfäcke ſich allmählich wieder ausbilden. Es ſollte ſonach möglichſt jede Geſtalt des Längenprofils vermieden werden, welche zur Bildung eines Luftfackes Gelegenheit bietet.

274.  
Längenprofil  
der Waſſer-  
leitungen.

Man ordnet deſhalb die Rohren ſo an, daß vom tiefften Punkte der Leitung ab dieſelben nach beiden Seiten hin bis zu einem gemeinſchaftlichen höchſten Punkte ſteigen. Hier läßt man eine Oeffnung frei (bei Niederdruck-Heizungen), um der Luft ungehinderten Austritt zu gewähren, oder ſchaltet ein Gefäß ein, in welchem ſich die Luft zu ſammeln vermag, ohne der Strömung des Waſſers hinderlich zu ſein.

Dieſes Geſetz iſt z. B. durch die Anordnung, welche Fig. 210 darſtellt, berücksichtigt worden; *E* bezeichnet eine Einrichtung, welche zum ungehinderten Sammeln, bezw. Entweichen der Luft Gelegenheit bietet.

In der Leitung, welche Fig. 210 darſtellt, fällt auf, daß — ſcheinbar unnützer Weiſe — z. B. das den Ofen *B* ſpeifende Waſſer einen außerordentlich groſſen Umweg machen muß. Man würde mit weniger Mitteln, geringeren Widerſtänden und vielleicht auch zu Gunſten bequemerer Unterbringung der betreffenden Röhre dieſen Ofen auf dem punktirten Wege mit warmem Waſſer verſorgen können. In der That empfiehlt ſich nicht ſelten eine derartige Leitung aus den genannten Gründen. Alsdann bildet aber offenbar der Ofen *B* einen Luftfack, der entweder mittels eines an ſeinem höchſten Punkte angebrachten, von Zeit zu Zeit zu öffnenden Luſthahnes oder mittels Durchpumpens unſchädlich gemacht werden muß.

In neuerer Zeit verſieht man die in Fig. 210, linke Seite, nach der punktirten Linie mit Waſſer verſorgten Heizkörper *B* ſtatt der Luſthähne mit engen Luſtröhren, die zu einer gemeinſamen, hoch liegenden, in ein Luſtgefäß mündenden Luſtleitung verbunden ſind. Die Luſtleitung, wie das Gefäß ſind dann ebenſo geordnet, wie in Fig. 210 über den Heizkörpern gezeichnet iſt.

275.  
Entlüften  
bei Dampf-  
heizungen.

Die Luft, welche in den Dampfheizungsrohren vor deren Inbetriebſetzung ſich befindet, ſo wie diejenige, welche denſelben aus dem luſthaltigen Speiſewaſſer fortwährend zugeführt wird, iſt noch läſtiger und ſchwieriger unſchädlich zu machen.



während ihm keine Wärme zugeführt wird; es wird daher stark abgekühlt. Ich habe häufig beobachtet, daß bei Inbetriebsetzung das zunächst abfließende Wasser weniger als 20 Grad warm war. Die nicht vom Wasser bedeckte Fläche ist dagegen mit dem Dampf in Berührung, weshalb ihre Temperatur, wenn auch nur für kurze Zeit, wesentlich höher ist, als jene. Die großen Temperatur-Unterschiede veranlassen Molecular-Verschiebungen, die von lebhaftem Geräusch begleitet sind. Je rascher die Erwärmung und je träger der Wasserablauf stattfindet, um so heftiger ist das Nerven erschütternde Geräusch, um so größer das Zittern der Röhren. Dies ist ein Grund mehr, die Leitung nach dem Schema der Fig. 221 zu zerlegen, bezw. zahlreichere Stellen für den Wasserablauf zu schaffen.

277.  
Abführung  
des  
Niederchlags-  
wassers.

An den zu Abflusstellen bestimmten Orten kann man Hähne anbringen, welche nach Bedarf geöffnet werden und das Wasser in eine besondere Röhrenleitung oder auch in das Freie ablaufen lassen. Die Mengen des verdichteten Wassers wechseln jedoch; man muß deshalb entweder die Hähne so weit öffnen, daß dieselben unter allen Umständen den erforderlichen freien Querschnitt haben; alsdann wird zeitweise der Hahnquerschnitt nicht vom Wasser gefüllt, so daß neben dem Wasser auch Dampf ausströmt, oder man muß, um den Dampfverlust zu verhüten, sich bequemen, die Hahnstellung häufiger zu regeln. Zu diesem Ende läßt man das Wasser und die Luft sich in einem unter der Röhre befindlichen Gefäß sammeln und öffnet oder schließt den Hahn innerhalb größerer Zeitabschnitte.

278.  
Selbstleerer.

Die Wasser- und Luft-Abführung einer umfangreicheren Dampfheizungs-Anlage läßt sich auf diesem Wege, jedoch nur unter Aufwand zeitraubender Arbeit, verrichten, weshalb man schon in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts selbstthätige Condensationswasser-Ableiter oder »Automaten« oder, wie ich die Vorrichtungen kurz nennen will, Selbstleerer kannte.

Auch die Selbstleerer bedürfen eines Sammelgefäßes. Befindet sich in diesem Gefäße weder Wasser noch Luft, so ist dasselbe mit Dampf gefüllt, also mit einer Flüssigkeit geringen Einheitsgewichtes und der dem übrigen Dampfe gleichen Temperatur. Enthält das Gefäß Wasser, so ist gegenüber dem erstgenannten Zustande eine schwerere Flüssigkeit vorhanden, welche Aenderung zum Freilegen einer geeigneten Abflußöffnung benutzt werden kann, die geschlossen wird, sobald die schwerere Flüssigkeit, das Wasser, nicht mehr vorhanden ist.

Eine Füllung des Gefäßes mit Wasser oder Luft hat die Folge, daß sich daselbe allmählig abkühlt, während der Dampf die seiner Spannung entsprechende Temperatur beibehält. Wenn daher Wasser oder Luft in dem mehr genannten Gefäße sich befindet, so tritt in demselben eine niedrigere Temperatur ein, als wenn sein Inhalt Dampf ist.

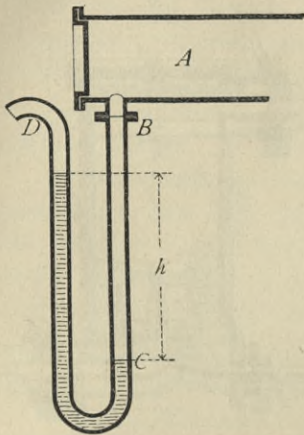
Sonach sind zwei Erscheinungen vorhanden, welche zum selbstthätigen Entleeren des Sammelgefäßes benutzt werden können: die größere Dichte und die niedrigere Temperatur des Auszuleerenden <sup>162)</sup>.

1) Selbstleerer, welche das andere Einheitsgewicht der Gefäßsfüllung benutzen. Die älteste hierher gehörige Einrichtung dürfte die durch Fig. 222 verfinnlichte sein.

*A* bezeichnet die Dampfrohre, *BCD* eine zweifchenkellige Röhre, welches gleichzeitig Sammelgefäß und Selbstleerer ist; bei *D* vermag das Wasser frei abzuzießen. Vermöge des in *A* herrschenden Dampf-

<sup>162)</sup> Siehe: FISCHER, H. Ueber Condensationswasserableiter. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 20.

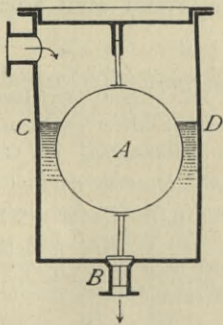
Fig. 222.



Selbftleerer.

durch den Auftrieb der Kugel *A* der Ventilkegel gehoben, also dem Wasser eine Abflufsöffnung frei gelegt. Fließt hier mehr Wasser ab, als dem Sammelgefäße zugeführt wird, so sinkt der Wasserspiegel, mit diesem

Fig. 223.



Selbftleerer mit Schwimmkugel.

nur dann zu bewältigen, wenn seine Schwimmkugel sehr groß ist. Man hat, um diesen Uebelstand zu heben, die Schwimmkugel an das längere Ende eines Hebels gehängt, dessen kürzeres Ende den Ventilkegel trägt, da der Weg des letzteren ein kleiner ist, während derjenige der Kugel ohne Schwierigkeit ziemlich groß gemacht werden kann; man hat statt des einfachen Kegelventiles ein sog. Doppelsitz-Ventil angewendet oder die Schwimmkugel an das Ende eines Hahnschlüssels gesteckt u. f. w.

Eine recht hübsche Lösung der vorliegenden Aufgabe rührt von *Dehne* in Halle a. S. her; sie ist aus Fig. 224 zu ersehen.

In das Sammelgefäße *E* gelangt das Wasser durch die Röhre *a* und das Sieb *z*, welches mitgeführte Unreinigkeiten, die den Ventilen schädlich sein könnten, zurückhalten soll; *b* soll das Wasser abfließen lassen. Auf den Ventilsitz *F* legt sich nun der eigenthümlich gestaltete Ventilkegel *B*, der in der festen Hülfe *C* auf- und niederzuziehen ist. In der Mitte des Ventilkegels befindet sich eine mit *B* aus einem Stück angefertigte Röhre, deren obere Mündung zu einem Sitze des kleinen Ventiles *f* gestaltet ist. Die Hülfe oder das Gehäuse *C* ist oben durch einen Deckel *D* verschlossen. Das Ventilchen *f* ist mit der Schwimmkugel *A* verbunden; sobald diese sich hebt, was leicht erfolgt, da der Querschnitt des Ventiles *f* sehr klein ist, strömt das Wasser, welches sich im Hohlraume über *B* befindet, nach unten aus, wodurch der Druck innerhalb dieses Raumes niedriger wird, als derjenige im Gefäße *E*. Es

überdruckes liegt der Wasserspiegel *C* tiefer, als der Wasserspiegel *D*, und zwar um die Höhe *h*. Drückt man den Dampfüberdruck für 1 qm (in Kilogr.) aus, so ist die betreffende Zahl, wie früher (Art. 180, S. 162) bereits angegeben wurde, gleich der Höhe *h* (in Millim.). In Folge des unvermeidlichen Wechsels des Dampfdruckes schwingt die Wasserfäule, und der Ausflus des Wassers findet ruckweise statt. Ist die Höhe der Röhre *BCD* nicht nennenswerth größer als *h*, so kann in Folge einer solchen Schwingung der Wasserspiegel *C* durch den unteren Bogen hinweg in den links befindlichen Schenkel gedrückt werden, worauf der Rest des Wassers ausgeworfen wird und eine Neubildung des Verschlusses erst nach Abperrung des Dampfes erreicht werden kann. Man findet deshalb in der Regel nur für geringeren Dampfdruck die nöthige Höhe zum Unterbringen der zweischenkeligen Röhre.

In allgemeinerem Gebrauch sind daher die Selbstleerer mit Schwimmkugeln, deren grundsätzliche Anordnung durch Fig. 223 wiedergegeben ist.

Am Boden des Sammelgefäßes befindet sich ein Ventil *B*, dessen Kegel an der leichten Hohlkugel *A* hängt. *A* schwimmt im Wasser; sobald der Wasserspiegel *CD* genügend hoch gestiegen ist, so wird der Selbstleerer entläßt also das Wasser, ohne dem Dampf den Zutritt zur Ventilöffnung zu gestatten. Leider wird dieser Selbstleerer durch den Dampfdruck nicht wenig beeinflusst, da die Oberfläche des Ventilkegels von diesem niedergedrückt wird. Eine Schwimmkugel, deren Durchmesser 20 cm ist, wiege mit Führungsstange und Ventilkegel etwa 2 kg; das Wassergewicht, welches ihren Raum einnehmen würde, ist etwa 4 kg; folglich ist der nutzbare Auftrieb 2 kg. Würde der Dampfüberdruck 10000 kg für 1 qm sein, so würde der äußere Durchmesser des Ventilkegels etwa 16 mm betragen dürfen, so daß der innere Durchmesser desselben oder derjenige des größten Ausflusquerschnittes nur etwa 12 mm sein würde. Ein Dampfüberdruck von 50000 kg für 1 qm vermindert den zulässigen äußeren Durchmesser des Ventilkegels sogar auf 7 mm, also denjenigen der Abflusröhre auf etwa 5 mm.

drückt das Wasser des Gefäßes *E* von unten so gegen den überstehenden Rand des Ventilkugels *B*, daß dieser gehoben wird und eine größere Ausflußöffnung frei legt. Sollte diese zu groß sein, so sinkt der Wasserpiegel im Gefäße *E*; die niederfinkende Kugel *A* schließt das Ventilchen *f*; da aber sowohl an der sich im Deckel *D* führenden Stange des Ventiles *f*, als auch an den Führungen des Ventiles *B* in *C* geringe Spielräume vorhanden sind, so wird unter Vermittelung dieser der Hohlraum über *B* mehr und mehr mit Wasser gefüllt, der Druckunterschied zwischen dem genannten Hohlraum und dem in *E* vorhandenen Wasser verringert, somit der Ventilkugel *B* seinem Sitze genähert. Die Selbstregelung ist sonach in vollem Maße vorhanden.

Behuf sicherer Führung der Kugel *A* steckt die über letzterer befindliche Verlängerung der Ventilstange *f* in einer Hülse, welche gleichzeitig zum Festhalten des Gitters oder Siebes *z* dient. Der Stutzen *c* nebst Hahn hat den Zweck, das Gefäß *E* nach Bedarf vollständig entleeren zu können.

Wegen der Schwierigkeit, die Schwimmkugel wasserdicht herzustellen und zu erhalten, hat man volle Schwimmkörper verwendet, deren Eigengewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ist.

Größere Verbreitung haben diejenigen Selbstleerer gefunden, welche nur dann in Thätigkeit treten, wenn eine größere Wassermenge sich angefangelt hat, diese Wassermenge aber fast ganz auf einmal auswerfen, so daß eine Pause zum abermaligen Anfangeln von Wasser eintritt.

Es mag hier von den vielen im Gebrauche befindlichen nur die Einrichtung von *Dreyer, Rosenkrantz & Droop* in Hannover beschrieben werden. Fig. 225 ist ein lothrechter Durchschnitt derselben. Das Wasser gelangt unter Vermittelung des mit dem Deckel des Geräthes gemeinschaftlich gegoffenen Röhrenstückes *A* in das Sammelgefäß *E*; ein Schirm *a* treibt das Wasser gegen die Wandung des Gefäßes *E*, um einen zu lebhaften Wellenschlag innerhalb desselben zu verhüten. An dem genannten Deckel ist eine Röhre *C* befestigt, die zunächst zur Führung des Gefäßes *B* dient. An der Axe dieser Röhre ist im Deckel ein leicht herausnehmbares Doppelsitzventil *D* angebracht, dessen Stange *F* sich auf den Boden des Gefäßes *B* stützt. Von dem Ventil *D* ab soll die Röhre *G* das Wasser nach außen geleiten. Sobald nun Wasser in das Gefäß *E* gelangt, wird das Gefäß *B* durch den entstehenden Auftrieb gehoben und schließt, unter Vermittelung der Stange *F*, das Ventil *D*. Der Wasserpiegel in *E* steigt wegen des anhaltenden Zuflusses mehr und mehr, bis das Wasser, über den Rand des Gefäßes *B* hinwegfließend, in dasselbe gelangt. Nachdem das Gefäß bis zu einer gewissen Höhe gefüllt ist, sinkt es nieder; das Ventil *D* öffnet sich, und der über dem Wasser befindliche Dampfdruck treibt dasselbe durch die Röhre *C*, das Ventil *D*, die Röhre *G* nach außen. Nach annähernder Leerung des Gefäßes *B* ist der Auftrieb in der Lage, *B* zu heben und damit die Ausströmung zu unterbrechen.

Während die früher beschriebenen Selbstleerer auf die Entfernung der Luft gar keine Rücksicht nahmen, ist beim vorliegenden derselben durch Anbringen eines Röhrchens *b* Rechnung getragen. Durch dessen Höhlung strömt allerdings eben sowohl Dampf als Luft; da jedoch, nach früheren Erörterungen, der Luftgehalt des Dampfes im Entleerer verhältnißmäßig am größten und der Querschnitt des Röhrchens *b* ein geringer ist, so dürfte

Fig. 224.

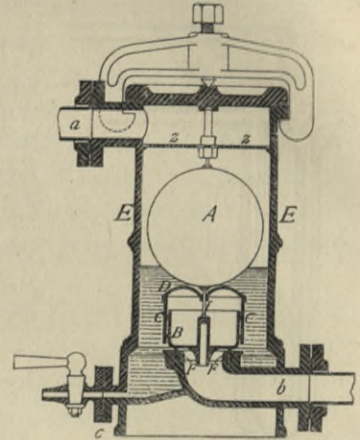
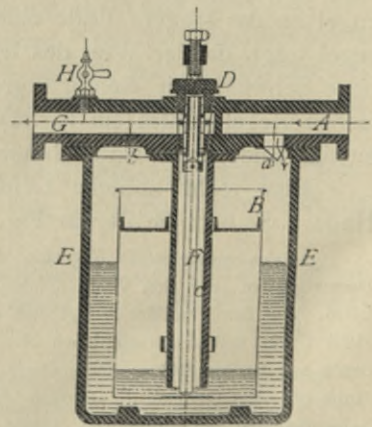
Selbstleerer von *Dehne* in Halle a. S.

Fig. 225.

Selbstleerer von *Dreyer, Rosenkrantz & Droop* in Hannover.

der Dampfverlust gegenüber den Vortheilen einer dauernden Luft-Abführung nicht schwer in das Gewicht fallen. Zur Entfernung der bei Inbetriebsetzung heran strömenden größeren Luftmenge dient theilweise der Lufthahn *H*, hauptsächlich aber ein besonderer seitwärts von *A*, bezw. *G* angebrachter Lufthahn.

Zur Berechnung eines solchen Selbstfleerer mögen noch folgende Anhaltspunkte gegeben werden.

Der Ueberdruck des Dampfes wirkt auf das Doppelsitzventil *D*; dessen Eigengewicht, so wie das Gewicht der Stange *F* müssen zusammengenommen größer sein, als der Dampfüberdruck, der die Ringfläche zwischen dem kleinsten Durchmesser des kleinen und dem größten Durchmesser des größeren Ventiles trifft. Der nutzbare Auftrieb des Gefäßes *B* muss das Gewicht des Ventilkegels und seiner Stange *F* tragen können, also die durch *B* verdrängte Wassermenge schwerer sein, als jene Gewichte, vermehrt um das Gewicht des Gefäßes *B*.

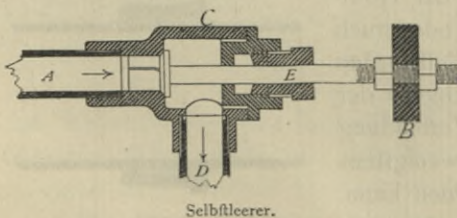
2) Selbstfleerer, welche den Temperatur-Unterschied des Dampfes und des Wassers oder der Luft, die angeammelt sind, für ihre Wirksamkeit benutzen. In Folge des genannten Temperatur-Unterschiedes dehnt sich das Sammelgefäß oder ein in demselben befindlicher Körper, sobald das Sammelgefäß mit Dampf gefüllt ist, mehr aus, als wenn der Inhalt des Sammelgefäßes aus Wasser oder Luft besteht.

Gebräuchlich sind nur diejenigen Einrichtungen, bei welchen die Dehnungen des Sammelgefäßes, welches alsdann röhrenförmig gestaltet ist, benutzt werden.

Die Ausdehnungen der hier in Frage kommenden Metalle sind für 100 Grad Temperatur-Unterschied durchschnittlich: für Gussseisen 0,00111, für Stabeisen 0,001235, für Kupfer 0,001718, für Messing 0,001868 der Länge. Will man daher eine nennenswerthe Bewegung des Ventils oder dergl. erreichen, so muss entweder die Länge der betreffenden Röhre groß oder die Temperatur des angeammelten Wassers, bezw. der Luft gegenüber derjenigen des Dampfes eine geringe sein. Zur genügend raschen Abkühlung des Wassers, bezw. der Luft ist eine entsprechende, von der Außenluft bespülte Fläche nothwendig, welche aus früher genannten Gründen eine solche Lage, bezw. Gestalt haben muss, dass sie wechselnd durch Dampf und Wasser, bezw. Luft berührt werden darf. Es ist vielfach zweckmässig, eine solche Heizfläche unter der eigentlichen Dampfheizfläche anzubringen, um einen Theil der Wasserwärme noch benutzbar zu machen; in diesem Falle sind die in Rede stehenden Selbstfleerer den vorher besprochenen überlegen.

Eine einfache Anordnung derselben zeigt Fig. 226 im Schnitt. Die Sammelröhre *A* ist in einiger Entfernung links an einer Wand oder einem kräftigen Brett befestigt, mit welcher gleichzeitig der Frosch *B* fest verbunden ist. Das rechtsseitige Ende der Röhre *A* trägt das Ventilgehäuse *C* mit der Abflussröhre *D*; in dem genannten Frosch *B* findet die Ventilstange *E*, welche durch die Stopfbüchse des Ventilhauses *C* hindurchgeht, ihre Stütze. Ist genügend abgekühltes Wasser oder Luft in der Röhre *A* vorhanden, so hat diese eine geringere Länge, so dass das Ventil seinen Sitz nicht berührt, also der Inhalt von *A* abzufließen vermag. Diefem folgt der Dampf, dessen Temperatur sehr bald die Röhre *A* ausdehnt und damit das Ventil schließt.

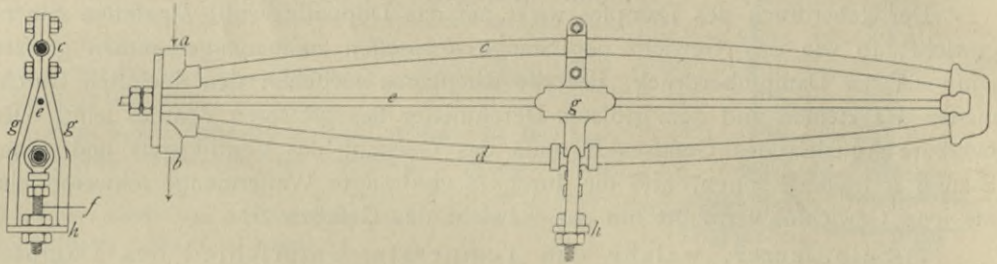
Fig. 226.



Vermag man eine solche Länge, welche die Röhre *A* beansprucht, nicht unterzubringen, so empfiehlt sich der *Kufenberg'sche* Selbstfleerer (Fig. 227). Derselbe besteht aus zwei gebogenen Röhren *c* und *d*, die rechts mit einander verbunden sind, so dass Dampf,

Wasser und Luft von *a* nach *b* frei durch dieselben hindurch zu strömen vermögen, wenn nicht ein in *d* eingefachaltetes Ventil dieses hindert. Bei steigender Temperatur ihres Inhaltes dehnen sich die Röhren *c* und *d* aus; da jedoch die Spannflange *e* der einfachen Längenausdehnung eine Schranke setzt, so kann dieselbe nur zu Stande kommen, indem die Röhren *c* und *d* sich stärker nach außen verbiegen. An der Röhre *c* sind nun Stängelchen *g* (besonders in der Querschnittsfigur zu erkennen) befestigt, deren Quer-

Fig. 227.

Selbstfleerer von *Kufenberg*.

stück *h* die Ventilflange *f* trägt. Biegt sich sonach, in Bezug auf die Figur, *c* nach oben und *d* nach unten, so nähert sich der an *f* befestigte Ventilkegel dem Ventiltitz, bezw. schließt das Ventil; verringert sich jedoch in Folge der Abkühlung die Biegung der Röhren *c* und *d*, so wird das Ventil geöffnet.

Wegen des Erfordernisses einer gröfseren Kühlfläche für die Thätigkeit der letztgenannten Selbstfleerer sind sie vorwiegend für Heizkörper geeignet, während die unter 1 besprochenen Einrichtungen für die Entwässerung der Dampfleitungen sich besser eignen.

Es ist ein Heer verschiedener Anordnungen der Selbstfleerer bekannt; die unten verzeichneten Quellen <sup>163)</sup> bieten bereits eine reiche Auswahl.

### c) Construction und Einrichtung.

Die Röhren werden von 5 cm Weite ab um 1 cm, von 10 cm Weite ab um 2,5 cm steigend in Gufseisen ausgeführt. (Vergl. die Tabelle Theil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses »Handbuchs« Abth. I, Abfchn. 1, Kap. 6, unter b.)

Schmiedeeiserne Röhren findet man im Handel meistens nach englischem Maf ausgeführt (vergl. die Tabelle in dem eben genannten Bande dieses »Handbuchs«, Kap. 6, unter g), aber auch in anderen Mafsen und Abstufungen bis zu 30 cm Weite. Zu leichten Leitungen verwendet man auch Röhren aus starkem Weifsblech, welche, um sie gegen das Rosten genügend widerstandsfähig zu machen, beiderseitig mit gutem Anstrich versehen werden. Kupferrohre werden ihres Preifes wegen nur in einzelnen Fällen gebraucht; noch seltener Messingröhren.

Gufseiserne Röhren werden selten mittels Muffen (Fig. 228) verbunden, und dann nur, indem der Hohlraum der Muffe mit fog. Eifen- oder Rostkitt oder auch Spence-Metall gefüllt wird. Da beide beim Festwerden sich ausdehnen, so liegt die Gefahr des Zersprengens der Muffe vor. Bei vorsichtiger Arbeit wird die Verbindung so fest, dafs sie nur unter Zertrümmerung wenigstens eines Endes der betreffenden Röhre gelöst werden kann.

Fig. 228.



279.  
Stoffe.  
  
280.  
Verbindung  
der  
gufseisernen  
Röhren.

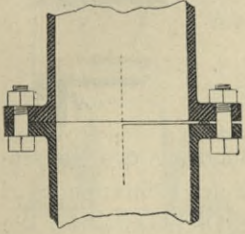
<sup>163)</sup> Polyt. Journ., Bd. 192, S. 7; Bd. 216, S. 13; Bd. 217, S. 9; Bd. 225, S. 20; Bd. 235, S. 19; Bd. 236, S. 14; Bd. 238, S. 497; Bd. 239, S. 259, 454; Bd. 240, S. 176; Bd. 245, S. 147, 199; Bd. 246, S. 392; Bd. 247, S. 197, 480; Bd. 256, S. 49, 97.



Die hieraus erwachsenden Unannehmlichkeiten lassen in den meisten Fällen die Anwendung der Muffenverbindung nicht rätlich erscheinen.

Weit gebräuchlicher ist daher die Verbindung der gußeisernen Röhren durch Flansche oder Scheiben (Fig. 229). Zwischen die gut auf einander passenden, zu diesem Ende sauber gedrehten Scheiben wird Kitt gelegt, indem man eine der Flächen vor dem Auflegen der anderen möglichst gleichmäßig mit Mennigekitt oder Diamant-

Fig. 229.



kitt bedeckt. Passen die Flächen nicht sehr gut auf einander, so muß der Kitt noch eine Stütze haben, um bei Erwärmung der Röhren nicht theilweise aus der Fuge gedrückt zu werden. Diese Stütze besteht entweder aus in mehreren Ringen oder einer Spirale aufgelegtem Bindfaden, oder in beiderseitig mit Kitt gut bestrichenen, feinen Drahtgeweben, »Sieb«. Für geringere Dauer bestimmte Dichtungen werden auch mit Hilfe einer Gummilage hergestellt. Die dauerhaftesten Dichtungen erhält man, indem man von der Verwendung des Kittes ganz absieht, statt dessen einen Ring von weichem Kupferdraht, der

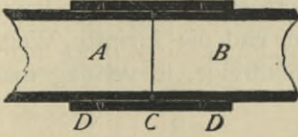
mit Silberloth gelöthet ist, oder besser einen Kupferring mit dreikantigem oder zickzackförmigem Querschnitt verwendet (vergl. Fig. 229, rechte Hälfte). Das weiche Kupfer wird durch die Eisenfläche so umgestaltet, daß es sich innig an diese anschließt.

Auch Asbest ist, in Pappengefalt, ein ziemlich dauerhaftes Dichtungsmittel.

Schmiedeeiserne Röhren verbindet man bis zu 5 cm Weite derselben fast immer mittels fog. Muffen, über dieses Maß hinaus auch mittels Flansche oder fog. Ueberwürfe. Die am wenigsten gute, aber brauchbare Verbindung schmiedeeiserner Röhren stellt Fig. 230 dar. Auf beide in Frage kommende Enden *A* und *B* der Röhren ist rechtsgängiges Gewinde geschnitten, in welches das Muttergewinde der Muffe *C* faßt. Die eigentliche Dichtung erzielt man, indem man kegelförmig ausgedrehte Gegenmuttern *D* gegen die Muffe schraubt, nachdem ein mit Kitt bestrichener Hanfzopf eingelegt ist.

287.  
Verbindung  
der  
schmiedeeisernen  
Röhren.

Fig. 230.



Sicherer sind auch hier die metallischen Dichtungen. Die neuere und gebräuchlichere zeigt Fig. 231. Eines der Röhrenenden ist mit linksgängigem, das andere mit rechtsgängigem Gewinde versehen, zu denen selbstverständlich die Gewinde der Muffe *C* passen. Die Stirnseiten

Fig. 231.

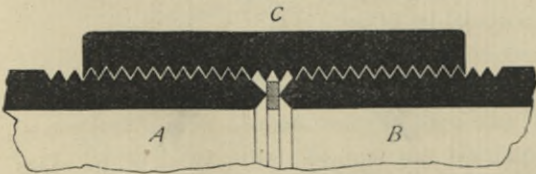
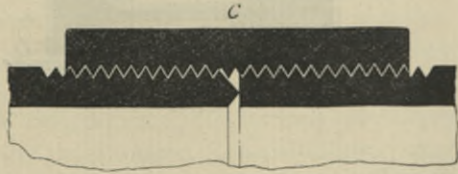


Fig. 232.



der Röhrenenden sind doppelt kegelförmig gestaltet, so daß auf denselben fog. Schweinsrücken entstehen, welche, bei gehörigem Anziehen der Muffe, sich beide in einen Ring weichen Kupfers drücken.

Die ältere, jedoch von Manchem deshalb der vorhin beschriebenen vorgezogene derartige Verbindung, weil sie ein anderes Metall vermeidet, ist durch Fig. 232 im Längenschnitt wiedergegeben. Hier sind die Gewinde ebenfalls rechts- und links-

gänglich, aber nur eine Stirnseite der Röhren mit Schweinsrücken versehen, während die gegenüber liegende Stirnseite eben ist. Es muß daher eine gegenfeitige Verdrückung des Schmiedeeisens stattfinden, welche unschwer gelingt, wenn die einzelnen Theile mit größter Genauigkeit ausgeführt sind.

Wegen des Widerstandes, welchen die gegen einander gepreßten Gewindegänge der austretenden Flüssigkeit entgegensetzen, ist bei Prüfungen der Röhrenverbindungen erst nach längerer Zeit deren Undichtheit zu erkennen. Man durchbohrt deshalb nicht selten die Muffe der Dichtungsstelle gerade gegenüber, so daß das Lecken einer Verbindung sich sofort bemerklich macht.

Die Flansche schmiedeeiserner Röhren verlöthet oder verschweißt man mit den Röhrenden oder nietet sie dort fest.

Die Bundringe werden meistens aufgeschweifst. Man legt dann entweder fog. lose Flansche *A* (Fig. 233) hinter die Bundringe oder bedient sich der Schelle *C* (Fig. 234), welche hinter den Bundring des Röhrendes *B* sich legt und mit ihrem Muttergewinde in das Gewinde des Röhrendes *A* faßt. Das Anziehen der Schelle erfordert eine ziemlich große Drehkraft, der die — mittels Zangen fest gehaltenen — Röhren widerstehen müssen; ferner haben die in Fig. 233 u. 234 dargestellten Verbindungen den Fehler, daß die Flansche, bezw. Schellen vor dem Anschweißen, bezw. Löthen der Bundringe auf die Röhren gesteckt werden müssen. Beide oft recht unangenehme Uebelstände werden durch die von mir seit 1875 verwendete Verbindung gehoben, welche Fig. 235 im Querschnitt und in theilweisem Längenschnitt verfinnlicht. Hinter die Bundringe *A, B* sind die Bogenstücke *D, E* gelegt, auf welche die Schelle in geeigneter Weise einwirkt, wie aus dem Längenschnitt sofort erkannt werden kann. Da die Bogenstücke nachträglich eingelegt werden können und die kleinste Weite der Schelle größer ist, als der größte Durchmesser der Bundringe, so vermag man

Fig. 233.

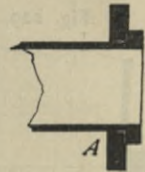


Fig. 234.

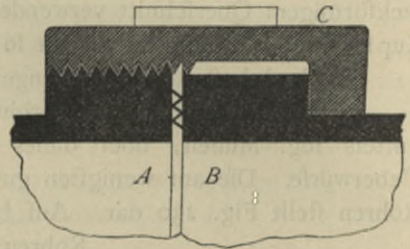
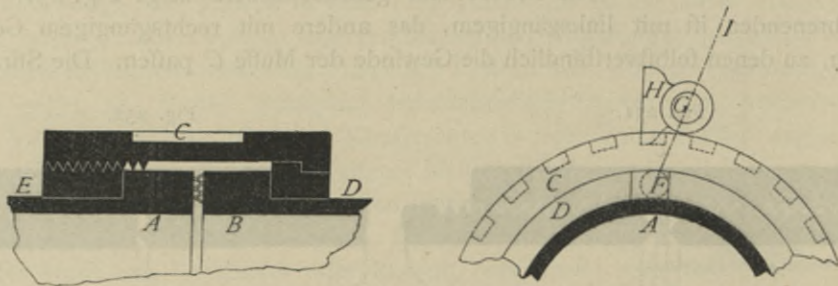


Fig. 235.



diese fertig zu machen, bevor die Schellen auf die Röhren gesteckt werden. Das Drehen der Schelle den Bogenstücken *D* und *E* gegenüber findet statt, indem man eine zu diesem Zwecke geeignet gestaltete Zange mit einander gegenüber liegenden Zapfen *F* in den Spielräumen, die zwischen den Enden der Bogenstücke liegen, stützt und die Klinke *H* nach der gewünschten Drehrichtung in Vertiefungen der Schelle *C* einfassen läßt. Durch Drehung der Zange *F G I* erfolgt alsdann die Drehung der Schelle, ohne nennenswerthe Beanspruchung der Röhren.

Fig. 236.

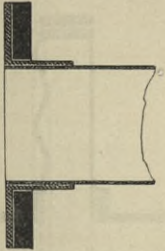
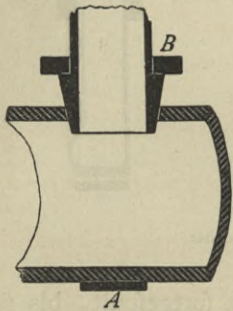


Fig. 237.



Ablenkungen und Krümmungen werden mit Hilfe im Handel vorkommender Bogenstücke (vergl. die mehrfach angezogene Tabelle) oder durch eigens für den Bedarf gestaltete Röhren erreicht.

Für schmiedeeiserne Röhren verwendet man ähnliche **T**-, **L**-, Bogen- und Verjüngungsstücke, wie für Gasleitungen (vergl. Art. 45, S. 46), oder — bei größeren Weiten — gusseiserne Anschlussstücke. Krümmungen werden, so fern der Krümmungshalbmesser den dreifachen Röhrendurchmesser nicht unterschreitet, auch durch Biegen der Röhren hergestellt.

Fig. 238.

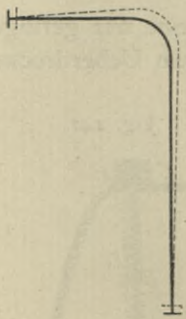


Fig. 239.



Die Dichtung dieser Verbindungen erfolgt in derselben Weise, wie bei gusseisernen Röhren.

Kupferne Röhren werden mit schmiedeeisernen oder messingenen Endstücken ähnlicher Gestalt, wie hier erörtert, verlöthet und in der zugehörigen Art verbunden. Zuweilen löthet man auch einen Stulp von starkem Kupferblech auf jedes Röhrende und legt einen schmiedeeisernen oder gusseisernen Flansch hinter jeden Stulp (Fig. 236).

Die Abzweigungen der gusseisernen Röhren werden durch Stutzen oder besonders eingelegte **T**-Stücke gebildet. Gebräuchliche Schenkellängen (von Mitte Röhre bis Flanschenfläche) enthält die oben angezogene Tabelle. Kann eine Abzweigung nicht von vornherein vorgesehen werden, so bedient man sich der durch Fig. 237 wiedergegebenen Verbindungsweise. In die Wandung der Röhre ist ein kegelförmiges Loch gebohrt, in welches das kegelförmig zugespitzte, genau passende Ende der Zweigröhre gepresst wird. Zuweilen legt man auch hier einen weichen Kupferferring ein. Das Anpressen findet unter Zuhilfenahme eines Bügels *A* statt, welcher um die Röhre gelegt wird, und dessen zu Schrauben ausgebildete Schenkel durch das Querstück *B* gesteckt sind.

282.  
Verbindung  
der kupfernen  
Röhren.

283.  
Abzweigungen,  
Ablenkungen,  
Krümmungen.

In Art. 278 (S. 257) wurden die Dehnungen der Metalle in Folge der Temperatur-Veränderungen angegeben. Da die hier in Frage kommenden Röhrenleitungen ausnahmslos erheblichen Temperaturschwankungen unterworfen und oft sehr lang sind, so sind Ausgleicher oder Compensatoren für die Längenveränderungen einzuschalten. Sehr einfach und wirksam ist die Längenausgleichung zu erreichen, wenn die Leitung eine rechtwinkelige Ablenkung erfährt (Fig. 238), indem alsdann die betreffende knieförmige Röhre nur die erforderliche Biegsamkeit zu haben braucht, um der Dehnung des zugehörigen Röhrenstranges nachgeben zu können. Innerhalb eines gerade fortlaufenden Röhrenstranges schaltet man in demselben Sinne auch nach Fig 239 gebogene Röhren ein.

284.  
Längen-  
ausgleicher.

Für die Abmessungen derartiger, allgemein beliebter Schleifen habe ich folgende Erfahrungszahlen bewährt gefunden. Die Schleife ist aus Kupfer angefertigt, die Röhrenweite heiße *D*, die Höhe der Schleife, von der Röhrenleitungsmitte bis zur ent-

ferntesten Mitte der schleifenförmig gebogenen Röhre *A*, die Leitungslänge, deren Dehnung die Schleife aufnehmen soll, *L*; alsdann ist anzunehmen:

für geschlossene Dampf- und Wasserheizungen . . .  $A = \sqrt{DL}$ ,  
für offene oder Niederdruck-Dampf- und Wasserheizungen  $A = 0,8 \sqrt{DL}$ .

In Berücksichtigung dessen, was weiter oben über das Längenprofil der Röhrenleitungen gesagt wurde, ist das Anbringen derartig krummer biegsamer Röhren nicht immer thunlich, weshalb man einen aus biegsamen Platten gebildeten Ausgleicher (Fig. 240) oft verwendet findet. Es ist nun nicht ganz zu vermeiden, daß Schmutztheile irgend welcher Art in die Röhren gelangen oder in denselben gebildet werden. Die-

selben werden durch die Strömung der betreffenden Flüssigkeit fortgespült, bis sie geeignete Ablagerungsorte, wie die Erweiterung, welche Fig. 240 bildet, auffinden; sie sinken im keilförmigen Ausgleicher nieder und werden dort allmählig dermaßen verdichtet, daß aus ihnen ein fester Körper wird. Dieser hindert die freie Beweglichkeit der biegsamen Platten und führt nicht selten zum Bruche derselben. Daher ist die durch Fig. 241 wiedergegebene Anordnung zweckmäßiger, indem sie mehr Raum für die Ablagerungen gewährt. Behuf Erreichung einer größeren Biegsamkeit werden die Platten, wie in der rechten Hälfte von Fig. 241 angedeutet ist, auch mit wellenförmigem Querschnitt hergestellt.

Die angeführten scheibenartigen Längenausgleicher gewähren eine nur geringe Verschiebbarkeit, weil die Platten stark genug sein müssen, um dem Ueberdrucke der geleiteten Flüssigkeit dauernd widerstehen zu können. Der von der New-Yorker *Steam-Comp.* benutzte und durch Fig. 242 verfinnlachte Längenausgleicher ist ihnen gegenüber wesentlich vortheilhafter<sup>164)</sup>.

*A* bezeichnet das Ende einer der beiden Röhren. Es ist mittels der sehr dünnen gewellten Kupferplatte *B* mit dem Ringe *C* dicht verbunden; an *C* schließt sich in gleicher Weise das Ende der anderen Röhre. *B* wird nun dadurch befähigt, dem Ueberdrucke der geleiteten Flüssigkeit zu widerstehen, daß man die Platte durch zahlreiche keilförmige und steife Platten *D* stützt, welche mit einem Ende in einen Falz des Ringes *E*, mit dem anderen in einen Falz des Flansches *a* greifen. Die Steifheit der gewellten Platte braucht sonach nur eine geringe zu sein.

Die scheibenförmigen Ausgleicher sind ihres Raumbedarfes halber nicht immer unterzubringen, so daß man in einzelnen Fällen die Stopfbüchse (Fig. 243) als Ausgleicher benutzen muß. Am betreffenden Orte ist eines der Röhrenden mit

Fig. 240.

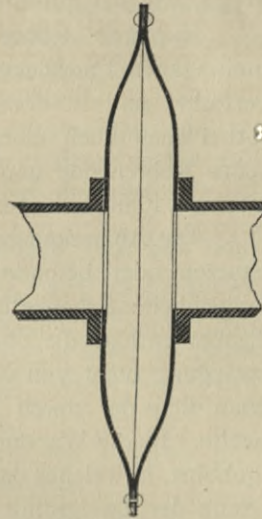
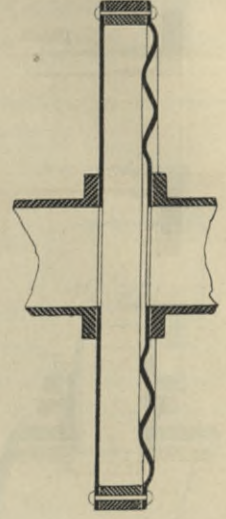
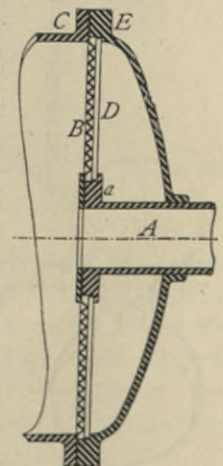


Fig. 241.



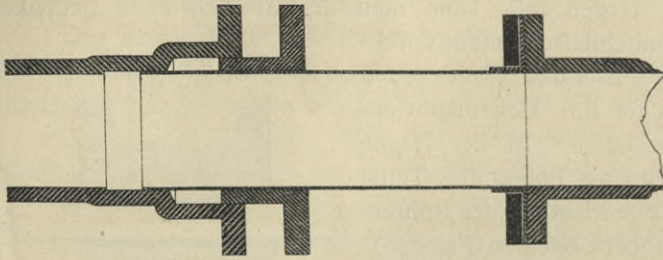
Längenausgleicher.

Fig. 242.



<sup>164)</sup> Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 76.

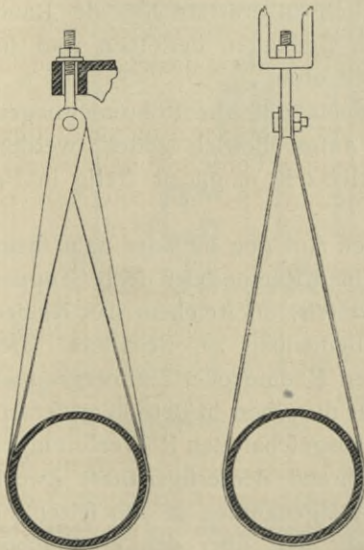
Fig. 243.



in Folge der Wärme verharzt, auch die verschiedenartige Dehnung der Stopfbüchsen-  
theile zu Klemmungen Veranlassung giebt, so bieten die Stopfbüchsen bei mangel-  
hafter Wartung, bezw. fehlerhafter Einrichtung einen so großen Widerstand, daß  
sie den Dehnungen des betreffenden Röhrenstranges nicht nachgeben, vielmehr zu  
Röhrenbrüchen oder Aehnlichem führen. Man wendet die Stopfbüchse deshalb  
sehr ungern an.

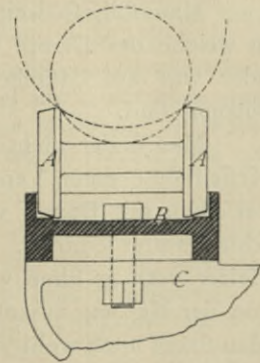
Um die Ausgleicher für die ihrer Wirksamkeit zugedachte Röhrenstrecke sicher  
benutzbar zu machen, befestigt man die Leitung an geeigneten Punkten. Wird dies  
verfümt, weist man nicht jedem Ausgleicher ein ganz bestimmtes Gebiet an, so  
wirken die steiferen oder überhaupt mehr Widerstand leistenden Ausgleicher gar  
nicht, während die schwächeren, zu weit gehender Nachgiebigkeit gezwungen, viel-  
leicht zerbrochen werden. Da die an der Hauptröhre befestigten Zweigröhren-  
enden mit ersterer sich verschieben müssen, so ist eine solch unbeabsichtigte Be-  
wegung der ersteren auch den Zweigröhren ge-  
fährlich.

Fig. 244.



Alle übrigen Stützpunkte sollen die Be-  
weglichkeit der Röh-  
ren möglichst wenig  
hemmen. Die zweck-  
mäsigste Stützung der  
Röhren ist deshalb die  
Aufhängung an pendel-  
artig beweglichen Bän-  
dern, wie Fig. 244 die-  
selbe in zwei verschie-  
denen Arten angiebt.  
Die Schrauben, an wel-  
chen die dünnen Eisen-  
bänder hängen, gewähren  
vortreffliche Gelegenheit  
zur Hervorbringung einer  
genauen Höhenlage der Röhren. Sonst legt man  
die Röhren auf Rollen *A* (Fig. 245), deren Bah-  
nen *B* auf Mauern oder Wandarmen *C* befestigt sind. Die hier gezeichnete Gestalt  
der Rollen sichert den guten Lauf derselben und gestattet, dieselben Rollen für  
verschiedene Röhrendurchmesser zu verwenden. Leichtere und nicht sehr lange  
Röhrenstränge vermögen auf festen Unterlagen zu gleiten.

Fig. 245.

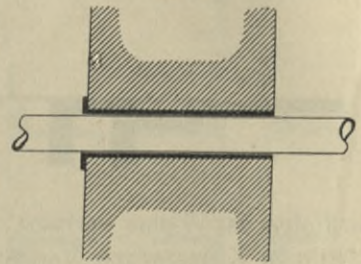


$\frac{1}{5}$  w. Gr.

285.  
Stützung  
der  
Röhren.

An denjenigen Stellen, an welchen aus weiter oben angegebenen Gründen die Röhrenleitung fest gehalten werden soll, kann man sie natürlich ohne Bedenken unmittelbar vom Mauerwerk umschließen lassen; durchbricht aber die Röhrenleitung außerdem Wände oder Decken, so soll man ihr den für ihre Dehnungen erforderlichen freien Spielraum lassen. In der Regel kommen Röhrenverschiebungen, als Folge des Temperaturwechsels, nur in der Längsrichtung der Röhren vor. Es genügen dann eingeschobene Büchsen (Fig. 246), die an ihren Enden nach Umständen mit verzierten Reifen versehen werden, um Ausbröckelungen der Wände u. dergl. zu verhüten.

Fig. 246.



286.  
Schonung  
der  
Röhren-  
leitungen.

Die wechselnden Dehnungen der Röhren, auch wenn man in jeder Beziehung für deren Freiheit gesorgt hat, schädigen die Dauerhaftigkeit der Leitungen, gefährden insbesondere die Dichtheit der Verbindungen. Naturgemäß sind plötzliche Temperaturänderungen schädlicher, als allmählig verlaufende. Solche plötzliche und dabei noch einseitige Temperaturänderungen, bezw. Röhrendehnungen treten nun namentlich auf, wenn in bisher kalt liegende Röhren Dampf gelassen wird. Das eintretende knackende Geräusch, ja das durch die gewaltigen Erschütterungen veranlasste Hinwegschleudern des auf den Röhren lagernden Staubes lassen die in diesen und ihren Verbindungen auftretenden, jeder Berechnung spottenden Kräfte nur ahnen.

Die Röhrenleitungen der Wasserheizungen erwärmen sich allmählig; vermöge der gebotenen Zeit und der großen Wärmeleitungsfähigkeit des Metalles findet daher ein jene Zustände verhütender Wärmeausgleich statt.

Bei Dampfleitungen sollte man Aehnliches anstreben. Dies kann theilweise durch den Betrieb vermittelt werden, welchen ausführlich zu erörtern hier der Raum fehlt. Aber auch die Anlage, ja die grundlegenden Gedanken derselben sind für den vorliegenden Umstand von ausschlaggebender Bedeutung.

Man soll, so weit möglich, die Anlage so anordnen, daß die Röhrenleitungen, in welche der Dampf tritt, möglichst selten in oder außer Betrieb gestellt werden, oder was auf dasselbe hinaus läuft, während der Heizzeit möglichst stetig in Benutzung sind.

Man findet nicht selten bei freier durchgebildeten Anlagen im oder nahe beim Kesselraume einen Ventilstock, von dem aus die einzelnen Räume oder doch Gruppen derselben mit Dampf versorgt werden, und einen zweiten, an welchem das Niederschlagswasser eintritt. Man beabsichtigt damit, die Bedienung zu erleichtern. Der Heizer vermag ohne viel Zeitaufwand die betreffenden Räume oder Zimmergruppen von der Heizung auszuschließen, bezw. die Heizung für dieselben in Betrieb zu setzen. Man strebt auch wohl Wärmeersparnis an, indem die ausgeschalteten Röhrenleitungen am Wärmeverlust (scheinbar) nicht theilnehmen. Während der erstgenannte Zweck thatächlich erreicht wird, entspricht der Erfolg dem letztgenannten in den seltensten Fällen. Jener Annehmlichkeit gegenüber schafft man sich aber den erheblichen Nachtheil, die Zerstörung der Leitungen auf das lebhafteste zu fördern; das von Manchem als große Unannehmlichkeit empfundene heftige Geräusch verschwindet gegen den wahren Nachtheil; es ist nur ein äußerliches Zeichen desselben.

Mir sind manche Niederdruck-Dampfheizungen bekannt, deren Leitungen in oberflächlichster Weise ausgeführt sind; sie unterliegen aber während der ganzen

Heizzeit fast genau gleichen Temperaturen und sind deshalb bisher (seit 6 bis 8 Jahren) in tadellosem Betriebe.

Das stetige Heizen, welches auch aus anderen Gründen (siehe weiter unten) sich empfiehlt, ist demnach auch für die Schonung der Röhrenleitungen, insbesondere bei Dampfheizungen von hohem Werthe.

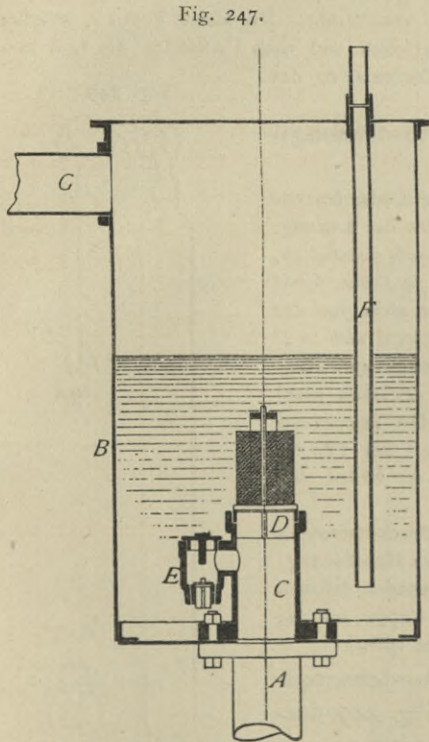
Die Ausdehnung des Wassers ist wesentlich größer, als die Ausdehnung der Metalle; man muß daher ersterer besonders Rechnung tragen.

Niederdruck-Wasserheizungen werden zu diesem Ende am höchsten Punkte der Leitung mit einem entsprechend großen, offenen Ausdehnungsgefäß *E* in Fig. 210 (S. 246), bezw. *B* in Fig. 216 (S. 250) versehen. Die offenen Gefäße gestatten eine fortwährende Verdunstung des warmen Wassers, was bei Gewächshaus-Heizungen angenehm ist, aber bei anderen Heizungen oft zu großen Unzuträglichkeiten führt, indem das verdunstete Wasser sich an kälteren Flächen niederschlägt und an den Mündungen der Röhren, welche es in das Freie führen sollen, gefriert. Es ist daher selbst bei Niederdruck-Heizungen zweckmäßig, die Röhrenleitung zu schließen und zwar mittels eines wenig belasteten Ventiles.

Fig. 247 ist der Durchschnitt eines mit einem derartigen Ventil ausgestatteten Ausdehnungsgefäßes.

*A* bezeichnet das obere Ende der Steigröhre, auf welchem das aus Eisenblech angefertigte Ausdehnungsgefäß *B* befestigt ist. Die Verlängerung der Steigröhre bildet den Ventilkörper *C*, dessen oberes Ende das gut geführte und wenig belastete Ventil *D* schließt. Sobald sich das Wasser der Leitung in Folge der Erwärmung ausdehnt, wird das Ventil *D* gehoben, so daß ersteres in das Gefäß *B* auszufließen vermag. Nach Abkühlung der Leitung entsteht, wegen des Zusammenziehens des Wassers, im Ventilkörper *C* ein leerer Raum, welcher die Atmosphäre befähigt, das Wasser des Gefäßes *B* durch das Ventil *E* in den Ventilkörper *C* zurück zu drücken. Die Anordnung sichert die selbstthätige Entlüftung der Leitung in derselben Weise, wie die offene Röhre, indem die Luft sich zu oberst sammelt, also bei jedesmaliger Erwärmung des Wassers zunächst ausfließt. Beim Füllen der Leitung muß man natürlich das Ventil *D* heben.

Unvorsichtige Bedienung der Heizung kann eine Dampfbildung herbei führen. Die gebildeten Dampfblasen steigen mit großer Entschiedenheit nach oben, verursachen Erschütterungen und werfen eine größere Wassermenge vor sich her, selbst wenn die Steigröhre möglichst unmittelbar vom Heizkessel zum Ausdehnungsgefäß führt. Diese Wasser-



Ausdehnungsgefäß. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

massen kann man bei Berechnung der Größe des Ausdehnungsgefäßes nicht berücksichtigen. Es ist deshalb das Gefäß *B* mittels eines Deckels geschlossen und eine Röhre *G* angebracht, welche sowohl den Dampf, als auch das im Uebermaß anströmende Wasser abzuleiten vermag. Um dem Wärter Gelegenheit zur Beobachtung des Wasserstandes im Inneren des Ausdehnungsgefäßes zu geben, bringt man an demselben ein sog. Wasserstandsglas an; die in Fig. 247 vorgesehene Einrichtung dürfte jedoch sich mehr empfehlen. Es ist nämlich eine Röhre *F* im Deckel des Gefäßes befestigt. Steckt man in diese einen Holzstab, so schwimmt derselbe im Wasser der Röhre, so daß er mehr oder weniger über dem Deckel des Gefäßes hervorragt, je nachdem der Wasserpiegel desselben höher oder niedriger steht. Man kann so den Wasserstand auch bei weniger guter Beleuchtung genau genug beobachten. Die Röhre *F* dient gleichzeitig zum Nachfüllen des Wassers.

Für Mitteldruck- und zuweilen auch für Hochdruck-Heizungen werden ähnlich eingerichtete Gefäße verwendet. Nur belastet man das Auslassventil stärker, nach Umständen unter Vermittelung von Hebelwerk.

Fig. 248 stellt ein derartiges Ventil in theilweisem Schnitt und in der Ansicht dar.

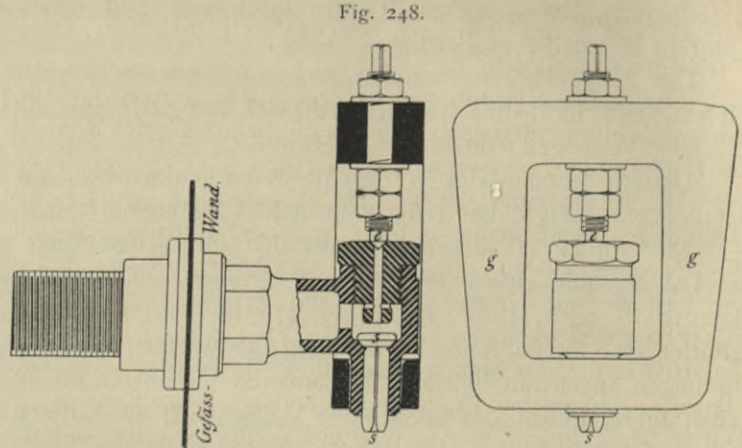


Fig. 248.

Das eigentliche Ventilgehäuse ist mit einer Gefäßwand verschraubt. Das kleine Ventil  $e$ , welches durch den schweren Bügel  $g$  belastet ist, läßt den Wasserüberschuß und nach Umständen die Luft austreten; das größere Ventil  $s$  vermittelt nach Bedarf das Zurücktreten des Waffers.

Sonst sind für Hochdruck-Heizungen die Ausdehnungsflaschen (Fig. 249) im Gebrauch.

$A$  bezeichnet das obere Ende der Leitung,  $B$  das aus Schmiedeeisen angefertigte Ausdehnungsgefäß. Der Schenkel  $C$  dient zum Füllen der Leitung, während der Schenkel  $D$  die Luft abströmen läßt. Es ist sonach unmöglich, das Gefäß  $B$  höher, als bis zum oberen Ende des Schenkels  $C$  zu füllen, somit der zur Ausdehnung des Waffers zur Verfügung stehende Raum nicht von der Willkür des Wärters abhängig. Die in  $B$  über dem Wasserpiegel und in  $D$  eingeschlossene Luft wird bei Ausdehnung des Waffers zusammengedrückt; der Luftraum, welcher erforderlich ist, um die Spannung derselben nicht größer werden zu lassen, als die Spannung des Dampfes, dessen Temperatur der Wassertemperatur gleicht, ist sonach leicht zu berechnen. Bei 12,5 mm weiten Röhren und 50 mm Weite des Ausdehnungsgefäßes ist die Länge desselben gleich  $\frac{1}{100}$  der Röhrenlänge zu nehmen.

Angeichts der gewaltigen, in den Leitungen der Hochdruck-Heizungen auftretenden Spannungen müssen die Verschlußflüsse, ausser bequemer Handhabung, die Eigenschaft haben, recht dicht zu schließsen. Man verwendet deshalb meistens eine Bleischeibe, welche mit Hilfe einer kräftigen Kappe auf das betreffende Röhrende geschraubt wird, wie Fig. 250 erkennen läßt.

Man verwendet übrigens solche geschlossene Ausdehnungsgefäße, selbstverständlich in anderer Gestalt, als Fig. 249 darstellt, auch für Mittel- und Niederdruck-Wasserheizungen.

Eine befriedigende Bedienung der Heizungen erfordert die Kenntnifs der Temperaturen des Dampfes, bezw. Waffers Seitens des Wärters. Die Dampftemperatur steht im innigen Zusammenhange mit der Dampfspannung; die Dampfheizungen werden deshalb häufig nach dieser, welche mittels Manometer gemessen wird, bedient. Die Wassertemperaturen werden durch Thermometer gemessen. Eine einfache und handliche Anbringung des Thermometers verfinnlicht Fig. 251.

In der oberen Wand  $A$  der Wafferröhre ist ein topfartiges Gefäß ausgepart, welches an seinen Außenflächen möglichst günstig vom Wasser be-

Fig. 249.

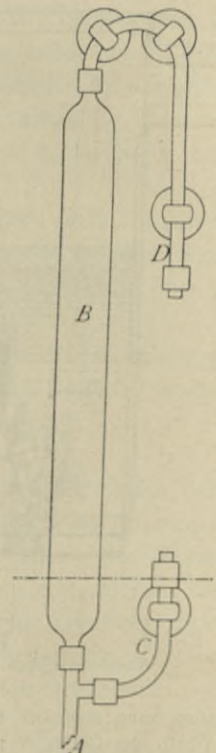
Ausdehnungsflasche. —  $\frac{1}{10}$  w.Gr.

Fig. 250.

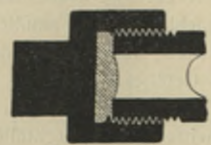
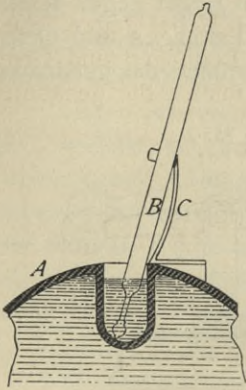




Fig. 251.

 $\frac{1}{5}$  w. Gr.

Wasser befüllt wird. Der metallene Boden *a* der Fassung ist zur Schonung der Thermometerkugel mit einer Korkplatte *b* bedeckt; *c* ist ein Gummiring, welcher die

spült werden kann. Das Gefäß ist mit Oel oder einer anderen schwer siedenden Flüssigkeit gefüllt; in diese wird die Kugel des gewöhnlichen Thermometers *B* gesteckt. Zur Stütze des Thermometers dient der Arm *C*.

Die Temperatur des Gefäßinhaltes ist offenbar eine geringere, als diejenige des Wassers, welches das Gefäß von außen berührt, da vom Gefäßinhalt fortwährend Wärme abgeführt wird. Wie groß der Unterschied ist, vermag man von vornherein nicht zu bestimmen. Derselbe ist größer als bei der vorliegenden Einrichtung, wenn man das Gefäß auf der Oberfläche der Röhre befestigt, was vielfach geschieht.

Man sollte daher — wo dies zulässig ist — die Thermometerkugel unmittelbar mit dem Wasser in Berührung bringen, dessen Temperatur man messen will.

Fig. 252 stellt eine derartige Anordnung im Schnitt dar. Auf die Röhrenwand *A* ist eine metallene Fassung *B* des Thermometers *C* so befestigt, daß die Kugel des letzteren, vermöge der Durchbrechungen der Fassung, vom Wasser befüllt wird. Der metallene Boden *a* der Fassung ist zur Schonung der Thermometerkugel mit einer Korkplatte *b* bedeckt; *c* ist ein Gummiring, welcher die Abdichtung des Thermometers bewirkt, und *d* der Deckel der Fassung, welcher das Thermometer niederdrückt.

Fig. 252.

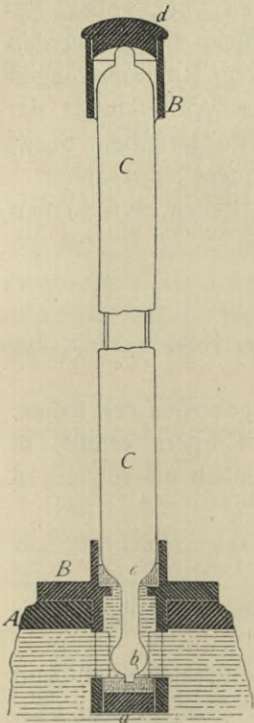
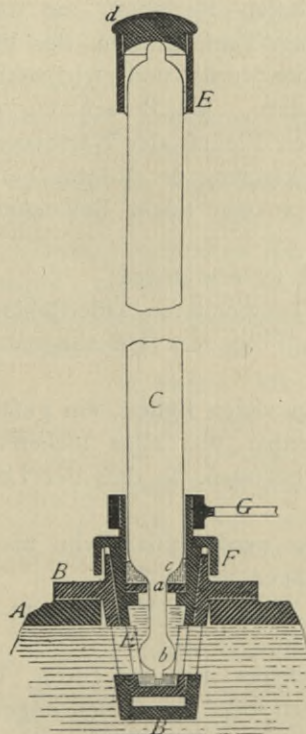
 $\frac{1}{2}$  w. Gr.

Fig. 253.



Der beschriebenen Anordnung haftet der Uebelstand an, daß, sobald die Abdichtung des Thermometers ungenügend oder gar das Thermometer zertrümmert wird, die Heizungs-Anlage außer Betrieb gesetzt, bezw. das Wasser derselben abgelassen werden muß.

Kostspielige Erfahrungen veranlaßten mich, Ende 1868 die Thermometerfassung nach Fig. 253 zu ändern.

Auf die Röhrenwand ist der Flansch des einem Hahngehäuse ähnlichen Körpers *B* geschraubt. Die Thermometerfassung *E*, deren unterer Theil hahnkückenartig gestaltet ist, paßt genau in *B* und wird mittels der Kappe *F* niedergehalten. Die Abdichtung erfolgt ebenfalls durch einen Gummiring *c*; dieser wird aber von zwei halben, sich dicht an den Thermometerhals legenden Bogenplatten *a* getragen, hat also eine weit sicherere Lage, als bei der älteren Einrichtung. So fern nun eine Beschädigung der genannten Dichtung oder des Thermometers *C* eintritt, kann, durch Umdrehen der Fassung *E* mittels des Handgriffes *G*, der bisherige Zufluß des Wassers zur Thermometerkugel abgesperrt, die Ausbesserung des entstandenen Schadens in aller Ruhe vorgenommen und hierauf, durch

Zurückdrehen der Fassung, der gezeichnete Zustand wieder hergestellt werden.

Dampfleitungen und Dampfheizöfen, deren Wandungen dünn sind oder doch gegen Drücke von außen wenig Widerstand zu leisten vermögen, werden mit fog. Luftventilen (Fig. 254 u. 255) ausgerüstet, um den bei Verdichtung des Dampfes

entstehenden Ueberdruck der Atmosphäre auszugleichen. Das eine der Ventile wird mittels einer Schraubenfeder, das andere durch einen belasteten Hebel gegen seinen Sitz gedrückt. Da bei Anwendung derartiger Luftventile die Leitungen und Oefen sich bei jedesmaliger Aufserbetriebsetzung mit Luft füllen, so müssen die genannten

Fig. 254.

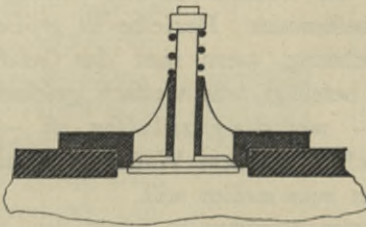
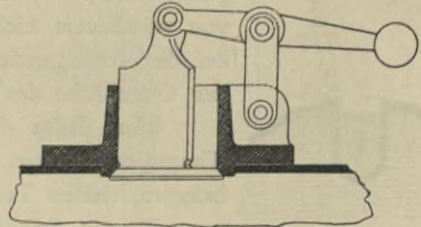


Fig. 255.

Luftventile. —  $\frac{1}{3}$  w. Gr.

Ventile auch zur raschen Entlüftung verwendet werden und sind deshalb meistens so angebracht, daß sie leicht erreicht werden können.

Die Berechnung der Leitungen für Wasserheizungen wurde unter der Voraussetzung gemacht, daß Wärmeverluste nicht stattfänden; man muß daher, um den thatsächlich eintretenden Wärmeverlusten Rechnung zu tragen, bei voller Beanspruchung der Anlagen die Anfangs-Temperaturen des Wassers höher werden lassen, als in der Rechnung angenommen wurde, und gleichzeitig die Röhrenleitungen möglichst gegen Wärmeverluste schützen. Bei Berechnung des Widerstandes der Dampfleitungen wurde auf den großen Einfluß der Wärmeverluste derselben, bezw. auf den hohen Werth einer guten Bekleidung der Röhren besonders hingewiesen.

Die Forderungen, welche man an eine solche Bekleidung stellen muß, lassen sich wie folgt zusammen fassen:

- α) sie soll die Wärme möglichst schlecht leiten;
- β) sie soll den vorkommenden Temperaturen widerstehen;
- γ) sie soll elastisch sein, um in Folge der Dehnungen der Röhren nicht beschädigt zu werden;
- δ) sie soll endlich, wenigstens in vielen Fällen, ein gefälliges Aeußere haben.

Die erste Bedingung wird offenbar von allen lockeren Körpern erfüllt, in welchen viele kleine Lufträume sich befinden, so daß der Luftinhalt als ruhend zu betrachten ist.

Vermöge der zweiten Bedingung werden pflanzliche und thierische Stoffe zur unmittelbaren Berührung vieler Leitungen unbrauchbar.

Die dritte Bedingung dagegen macht die Verwendung der erwähnten Stoffe höchst wünschenswerth.

Warmwasser-Heizungsröhren bekleidet man mit Stroh, Woll-, Baumwoll- und Seidenabfällen, Kuh- und Kälberhaaren oder aus diesen angefertigtem groben Filz, Korkplatten u. f. w. und bedeckt das Kleid mit Bretterkasten, fahsdaubenartig zusammengefügtten Latten, schraubenförmigen Seilwindungen, Geweben u. f. w., oder verwendet das weiter unten genannte Bekleidungsmittel. Sollen die vorhin genannten Stoffe zur Einhüllung der Dampfrohren dienen, so ist es zweckmäßig, letztere zunächst mit Lehm zu überziehen, dem Häckfel, Kälberhaare oder ähnliche Stoffe zugesetzt sind.

Die fog. Schlackenwolle verträgt alle vorkommenden Temperaturen; sie ist jedoch für die Röhrenbekleidungen weniger beliebt, weil sie meistens einer nochmaligen Hülle zu eigenem Schutze bedarf und weil dieselbe zuweilen in wenig befriedigender Haltbarkeit geliefert worden ist.

Unter den mineralischen Umhüllungsmitteln scheint die Infusorienerde (Kieselgur), welche mit einem passenden Bindemittel angemacht ist, allen übrigen weit voranzustehen. Die vorwiegend aus Kieselgur hergestellte Umhüllungsmasse vermag in Bezug auf geringe Wärmeleitfähigkeit, bequeme Anwendbarkeit und Billigkeit den übrigen Bekleidungsmitteln mindestens die Wage zu halten. Wenn der Ueberzug mit Sorgfalt ausgeführt und nachträglich mit einem geeigneten Oelfarbenanstrich versehen wird, so läßt der Ueberzug auch in Bezug auf gefälliges Aussehen nichts zu wünschen übrig.

Weitere Erörterungen über die Röhrenhüllen dürften hier überflüssig sein, da einerseits die beste derselben noch nicht bekannt ist, andererseits Angebote verschiedener Verfertiger solcher »Wärmeschutzmassen« nicht fehlen. In Art. 125 (S. 124) sind Angaben über die Wärmeleitung einiger Röhrenbekleidungen zu finden.

#### d) Schieber, Hähne, Ventile u. f. w.

Eben so, wie bei den Luftleitungen, müssen bei den Wasser- und Dampfleitungen regelbare, die Bewegung hindernde Einrichtungen angebracht sein. Es werden hierzu die auch für andere Zwecke gebräuchlichen Schieber, Drosselklappen, Hähne und Ventile verwendet, deren Beschreibung nicht an diesen Ort gehört.

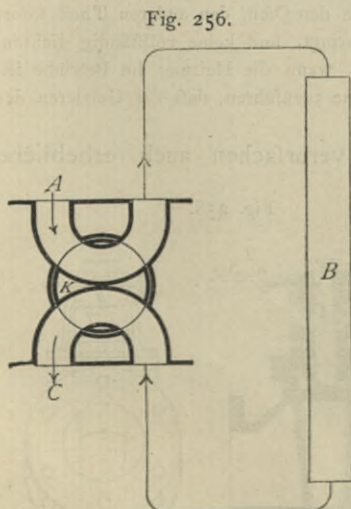
Einige, den vorliegenden Leitungen eigenthümliche derartige Einrichtungen sollen jedoch kurz beschrieben werden.

Hierher gehören zunächst die fog. Wechselhähne. Die Verforgung der Wasseröfen *A*, *B* und *C* in Fig. 211, rechte Seite (S. 247), erfordert, daß man zuweilen das Wasser durch den Wärme abgebenden Körper, zuweilen an ihm vorbei leitet. Auch die Dampfheizungen, namentlich solche, welche mit Seitens einer Dampfmaschine bereits benutztem Dampf gespeist werden, erfordern ähnliche Wechselhähne, um den Dampf nach Bedarf durch die eine oder andere Leitung strömen zu lassen. Man kann das Geforderte durch Einzelhähne oder mehrere Ventile gewöhnlicher Einrichtung erreichen; offenbar wird es jedoch angenehmer sein, wenn man durch Stellung nur eines Ventiles oder Hahnes dasselbe erreichen kann.

Es finden zu diesem Ende ähnliche Anordnungen Verwendung, wie (in Art. 264, S. 239) für Luftleitungen besprochen wurden; dieselben sind in ihren Theilen natürlich so auszubilden, wie die hier vorliegenden Flüssigkeiten es erfordern.

Einen Wechselhahn nach *Wiman-Klein*<sup>165)</sup> giebt Fig. 256 wieder.

Die Aufgabe verlangt, daß die in Frage kommende Flüssigkeit entweder von *A* aus den Wärme abgebenden Körper *B* durchströmen und bei *C* abfließen, oder dieselbe auf kürzestem Wege von *A* nach *C* gelangen soll. Zu diesem Ende ist das Hahnkücken *K*



Wechselhahn von *Wiman-Klein*.

291.  
Wechsel-  
hähne.

165) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871, S. 679; 1872, S. 745.

mit zwei bogenförmigen Canälen versehen, die, je nach der Stellung des Kükens, die Verlängerung von je zwei der vier Anfahrrohre des Hahngehäuses bilden. Bei 45 Grad Verdrehung des Hahnkükens (gegen die gezeichnete Stellung) sind fämmtliche Wege geschlossen.

Will man die Flüssigkeit theils durch den Wärme abgebenden Körper, theils auf kürzestem Wege durch den Hahn leiten, so erhält das Kükens *K* die Gestalt einer Platte.

Einen von mir für Warmwasser-Heizungen verwendeten Wechselhahn verfinnlicht Fig. 257 in einem lothrechten Querschnitt, einer theilweisen Vorderansicht und einem zu dieser parallel liegenden Schnitt.

*A* bezeichnet den Wafferofen, welcher aus Blechplatten, zwischen deren Ränder Flacheisen genietet sind, verfertigt ist. Zwischen diesen Blechwänden, nahe dem unteren Ofenrande, ist der Wechselhahn eingenieter. Derselbe besteht aus den hinter dem Ofen liegenden Mündungsstücken *a* und *b*, dem eigentlichen Hahnkörper, dessen Deckel *c*, und der U-förmig gebogenen Röhre *d*, an welcher der Griff *e* befestigt ist. Der eigentliche Hahnkörper ist ringsum mit Oeffnungen versehen (die in der Figur etwas zu eng gezeichnet sind), so das sein Inneres mit dem Ofeninneren in freier Verbindung steht. In der ausgezogenen Stellung der Röhre *d* fließt das durch *a* eintretende Wasser durch den Hahnkörper nach oben, während das im unteren Theile des Ofens befindliche kältere Wasser, die untere Hälfte des Hahnkörpers durchströmend, durch *b* in die Rücklauföhre gelangt. Da die Röhre *d* in der vorliegenden Stellung den Hohlraum des Hahnkörpers in eine obere und eine untere Hälfte zerlegt, so ist das Wasser gezwungen, zunächst in das Ofeninnere zu treten, bevor dasselbe in die Rücklauföhre gelangen kann. Dreht man die Röhre *d* mit Hilfe des Griffes *e* um 90 Grad, so vermittelt dieselbe einen kurzen Weg zwischen dem Einströmungsstutzen *a* und der Rücklauföhre *b* und verhindert das Wasser zugleich, in das Ofeninnere zu treten. Jede Zwischenstellung der Röhre *d* schickt einen Theil des Wassers in den Ofen, den anderen Theil sofort in die Rücklauföhre. Die Verschlüsse, welche die Röhre *d* hervorbringt, sind keine vollständig dichten. Dies dürfte indeffen nicht gegen die Anordnung sprechen, da es, wenn die Heizung im Betriebe ist, erwünscht sein muß, dem betreffenden Ofen wenigstens so viel Wärme zuzuführen, das das Gefrieren des Wassers unmöglich ist.

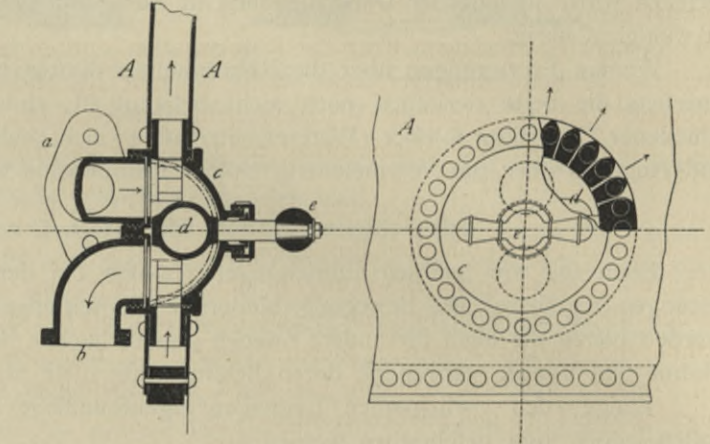
Die gebräuchlichen Ventile bilden Luftfäcke, verursachen auch erhebliche Widerstände; andererseits leiden die meisten Hähne an dem Uebelstande, das sie schwer dicht zu halten sind. *E. Kelling* hat deshalb — nach dem Vorgange *Mazeline's*<sup>166)</sup> — für Wasserheizungen Hähne angefertigt, welchen beide Uebelstände fehlen<sup>167)</sup>. Fig. 258 stellt einen derselben in lothrechttem Schnitt und in der Endansicht dar.

Man sieht zunächst aus dem Schnitt, das die an den Hahn sich schließenden Röhren in verschiedenen

<sup>166)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 193, S. 191.

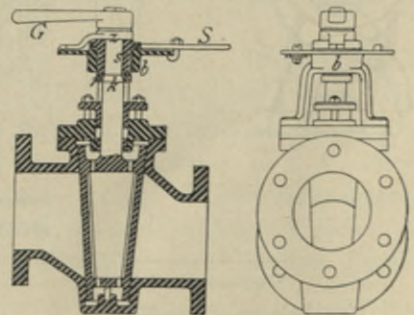
<sup>167)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 775.

Fig. 257.



Wechselhahn von Hermann Fischer. —  $\frac{1}{16}$  w. Gr.

Fig. 258.



Höhen liegen, wodurch der den Hähnen eigene Uebelstand, einen Luftack zu bilden, vermieden wird. Auf dem Zapfen des Hahnkükens *k* ist einerseits der Bundring *p*, andererseits die Warze *z* des Zeigers befestigt; zwischen ihnen liegt die Hohlfschraube *s* so, daß sie das Kükten verschiebt, sobald sie mittels des Hebels *S* gedreht wird. Das Muttergewinde der Schraube *s* ist in den Kopf des Bügels *b* geschnitten.

Die Einrichtung wird wie folgt benutzt. Soll das Hahnkükten gedreht, bezw. mit Hilfe des über einem Gradbogen spielenden Zeigers *z* eingestellt werden, so dreht man zunächst den Hebel *S* links herum, um das Kükten von seinem Sitze abzuheben. Nunmehr dreht man letzteres mittels des Hebels *G* in beabsichtigter Weise und drückt sodann das Kükten, durch Rückdrehung des Hebels *S*, wieder fest in das Gehäuse. Selbst Hähne für 0,3 m weite Röhren sind auf diesem Wege leicht einstellbar und doch dicht abschließend zu machen.

Man kann mit dem Hahn, bezw. Ventil, welches den Eintritt des Dampfes in den Heizkörper regelt, ein Ventil verbinden, welches dem Niederchlagswasser Austritt gewährt, so daß die Einstellung des ersteren diejenige des letzteren ohne Weiteres nach sich zieht. Eine dem entsprechende Einrichtung für einen Hahn ist in der unten verzeichneten Quelle<sup>168)</sup> beschrieben, eine solche für ein Ventil in der anderen<sup>169)</sup>.

Eine kurze Erörterung erfordern noch die selbstthätigen Dampfdruck-Reductions-, bezw. Minderungsventile oder schlechtweg Druckregler. Dieselben haben den Zweck, in einer Leitung oder einem Dampfofen die Dampfspannung nie über ein gewisses Maß steigen zu lassen.

Ihre Wirkfamkeit wird entweder auf die Aenderung des hier in Frage kommenden Druckes oder auf die Aenderung des größeren, vor dem Regler vorhandenen Druckes begründet. Durch beide Erscheinungen vermag man Ventile oder Schieber zu bewegen, welche die Durchströmungsweiten entsprechend ändern und somit den Druckunterschied in dem gewünschten Sinne regeln, nicht aber in dem gewünschten Maße. Bei Verwendung der erstgenannten Erscheinung muß zunächst eine Druckänderung an derjenigen Stelle eintreten, an welcher man einen gleichmäßigen Druck haben will. Diese Druckänderung muß, da man vollkommen entlastete Ventile u. s. w. nicht kennt, um so größer werden, je größer der verlangte Druckunterschied ist; sonach kann die verlangte Verminderung des vor dem Regler vorhandenen Druckes nur angenähert erreicht werden. Immerhin ist es möglich, auf diesem Wege eine dem praktischen Bedürfnis entsprechende Gleichförmigkeit des Druckes zu erzielen. Anscheinend verspricht die Benutzung der Druckänderung vor dem Regler bessere Ergebnisse, indem, wenn hier der Druck sich steigert, der Durchgangsquerchnitt des Reglers nur entsprechend zu verringern ist und umgekehrt. Jedoch setzt eine solche Regelung voraus, daß jenseits des Reglers in derselben Zeit immer gleiche Dampfmen gen verbraucht werden. Für das Heizungswesen haben die Druckregler keine solche Bedeutung, daß ihnen an diesem Orte ein größerer Raum gewährt werden kann, weshalb der Hinweis auf eine die verschiedenen hierher gehörenden Einrichtungen erörternde Abhandlung genügen muß<sup>170)</sup>.

Manchen Ortes wird großer Werth auf Einschaltung sog. Dampftrockner oder Wasserabscheider gelegt, welche durch scharfe Ablenkung des Stromes veranlassen, daß das schwerere Wasser von dem leichteren Dampf abgeschleudert wird. So bedeutend auch diese Dampftrockner für solche Leitungen sind, welche Dampf-

292.  
Selbstthätige  
Druckregler.

293.  
Dampf-  
trockner.

<sup>168)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 777.

<sup>169)</sup> Gefundh.-Ing. 1881, S. 357.

<sup>170)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 241, 315.

maschinen verforgen, so wenig Werth haben sie für Heizungsleitungen, da in diesen fortwährend Wasser sich niederschlägt, sie also geeignet eingerichtet sein müssen, um das Wasser auf gewöhnlichem Wege fortzuschaffen. Einige Quellenangaben werden daher auch hier genügen <sup>171)</sup>.

## 10. Kapitel.

### Erwärmung der Luft.

#### a) Brennstoffe.

294.  
Stoffe.

Die den vorliegenden Zwecken dienenden Brennstoffe entstammen (vielleicht mit Ausnahme des Erdöls) ausschließlich der Holzfaser. Holz und Torf enthalten die Holzfaser wenig oder nicht verändert; Braunkohle, Steinkohle und Erdöl sind Erzeugnisse der natürlichen Verkohlung; Holzkohle und Coke einerseits, Leuchtgas und fog. Wassergas andererseits entstammen der künstlichen Verkohlung. Bis jetzt sind von hervorragender Bedeutung nur die Steinkohle und die Coke, während die übrigen genannten Brennstoffe geringere Verwendung finden; letztere sollen daher, so weit ihre mittlere Zusammensetzung, ihr Wärmeentwicklungsvermögen und ihre Rauchzusammensetzung in Frage kommen, in der auf S. 274 folgenden Tabelle berücksichtigt werden, während erstere außerdem näher besprochen werden mögen.

Die fog. präparirte Kohle, welche aus Holzkohlenklein, Kalifalpeter und einem Bindemittel zusammengesetzt und in Ziegelform namentlich zur Beheizung der Eifenbahnwagen dient, die fog. Steinkohlenziegel oder -Briquettes, Prefstorf, Lohkuchen und andere Brennstoffe, welche nur in Sonderfällen Verwendung finden, sollen hier übergangen werden.

295.  
Wärme-  
entwicklung.

Die Steinkohle besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel, Wasser und verschiedenen unverbrennlichen Körpern, welche als Asche, bezw. Schlacke nach der Verbrennung der Kohle zurückbleiben. Durch Verbindung von 1 kg Kohlenstoff mit  $\frac{16}{12}$  kg Sauerstoff entsteht Kohlenoxyd und werden  $\approx 2470$  Wärmeinheiten entwickelt. Verbindet sich dagegen 1 kg Kohlenstoff mit  $\frac{2 \cdot 16}{12}$  kg Sauerstoff zu dem im gewöhnlichen Leben »Kohlenäure« genannten Gase, so werden  $\approx 8080$  Wärmeinheiten frei. 1 kg Wasserstoff verbindet sich mit  $\frac{16}{2}$  kg Sauerstoff zu Wasserdampf, bei welchem Vorgange  $\approx 29060$  Wärmeinheiten entbunden werden. Die Wärmeentwicklung bei Verbrennung des Sumpfgases ( $CH_4$ ) ist 11713, des ölbildenden Gases ( $C_2H_4$ ) ist 11087 und des Butylen ( $C_4H_8$ ) ist 10840 Wärmeinheiten. Der im Brennstoff enthaltene Sauerstoff vermag bei der Verbrennung keine Wärme zu entwickeln, da derselbe zur Verbrennung der anderen Stoffe benutzt wird.

Die Steinkohle enthält durchschnittlich 1 bis 2 Procent Schwefel; die Geringfügigkeit der durch diesen gelieferten Wärme gestattet, daß man den Schwefel bei Berechnung der Wärmeentwicklung vernachlässigt.

Das der Kohle anhaftende Wasser vermindert die bei der Verbrennung frei werdende Wärmemenge, indem dasselbe in Dampf verwandelt wird und hierzu für 1 kg Wasser etwa 650 Wärmeinheiten erforderlich sind.

<sup>171)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1864, S. 87; 1874, S. 199; 1886, S. 591. — Engng., Bd. 5, S. 122. — Revue industr., Jahrg. 14, S. 136. — D.R.-P. Nr. 11711, 33237.

Die Afchentheile find für die Wärmemenge, welche eine Feuerung zu entwickeln vermag, nur mittelbar von Bedeutung, indem dieselben erwärmt werden müffen, demnach einen gewissen Theil der entbundenen Wärme verbrauchen und den Verbrennungsvorgang zu stören vermögen.

Bei Erhitzung der Steinkohle entweicht der Wasserstoffgehalt und ein Theil des Kohlenstoffes in Form von Kohlenwasserstoffen, während der Rest des Kohlenstoffes als Coke zurückbleibt. Findet die Erhitzung unter Zutritt atmosphärischer Luft, also deren Sauerstoff statt, so ist der Vorgang nur in so fern ein anderer, als die Kohlenwasserstoffe vorwiegend, und zwar mit lebhafter Flamme, verbrennen und nur in geringem Mafse der wasserstofffreie Rest der Kohle; nach vollzogener Vercokung verbrennt die Coke mit kurzer Flamme.

296.  
Verbrennungs-  
vorgang.

Während der Vercokung schmilzt die Kohle mehr oder weniger und bildet eine zähe Masse, die, nachdem sämmtlicher Wasserstoff ausgetrieben ist, die porige Coke bildet.

Der wechselnde Verbrennungsvorgang und namentlich das theilweise Schmelzen, das fog. »Backen« der Steinkohle erschwert die Regelung des Feuers außerordentlich, weshalb vielfach solche Kohlen vorgezogen werden, welche nur in geringem Mafse oder gar nicht backen, ja häufig die theuerere, in besonderen Werken verfertigte Coke verwendet wird.

Wenn auch die Ursache des Backens im Allgemeinen bekannt ist, so vermag man doch aus der Zusammenfetzung der Kohlen auf den Grad des Backens nicht zu schliesen.

Nach *Grashof* rechnet man den in der Kohle vorhandenen Sauerstoff mit Wasserstoff als chemisch gebundenes Wasser vereinigt und nennt das Mehr des vorhandenen Wasserstoffes »freien« Wasserstoff. Es enthalten alsdann durchschnittlich

	<i>C</i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>H</i>	
magere (nicht backende) Flammkohlen . . . . .	80,9	15,6	3,5	Procent
finternde (wenig backende) Flammkohlen . . . . .	83,4	12,7	3,9	»
backende Flammkohlen . . . . .	84,8	11,3	3,9	»
Fettkohle . . . . .	89,0	6,6	4,4	»
Efskohle . . . . .	90,7	5,3	4,0	»
Anthracit-Kohle (nicht backend) . . . . .	91,9	4,6	3,5	»

fo dafs die Menge des freien Wasserstoffes auf das Backen Einflufs zu haben scheint.

Bezeichnet man mit *C* den Kohlenstoffgehalt, mit *H* den Wasserstoffgehalt, mit *H<sub>2</sub>O* den Gehalt an chemisch gebundenem Wasser, mit *W* den Gehalt an hygroskopischem Wasser, mit *A* den Afchengehalt des Brennstoffes und eben so mit *CH<sub>4</sub>*, *C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>*, *C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>*, *CO*, *CO<sub>2</sub>* und *N* den Gehalt gasförmiger Brennstoffe an den diese Zeichen führenden Gasen, so gewinnt man in Folge vollkommener Verbrennung aus 1 kg des betreffenden Brennstoffes die in umstehender Tabelle unter *E* genannten Wärmemengen. Die Verbrennung erfordert die unter *Q* verzeichneten Luftmengen und erzeugt die unter *A<sub>c</sub>* gegebenen Kohlenfäuremengen, die unter *A<sub>q</sub>* genannte Wasserdampfmenge, so dafs, unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes der benutzten atmosphärischen Luft, der unter *N* genannt ist, das unter *G* gegebene Gewicht an Rauch entsteht. Wie weiter unten näher erörtert werden wird, ist es im Allgemeinen nothwendig, dem Brennstoff mehr Luft zuzuführen, als die Rechnung ergibt. Deshalb find die Reihen für *G* sowohl, als auch die Reihen für *δ* (Dichte des Rauches, bezogen auf atmosphärische Luft) und *c* (Wärmemenge, die 1 kg Rauch

	C	H	H <sub>2</sub> O	W	A	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N	E	Q	A <sub>c</sub>	A <sub>g</sub>	R	Einfache Luftmenge			Doppelte Luftmenge		
																	G	z	c	G	z	c
Lufttrockenes Holz	0,399	—	0,40	0,195	0,015	—	—	—	—	—	—	2731	4,52	1,43	0,60	3,48	5,50	1,003	0,266	10,02	1,002	0,254
Lufttrockener Torf	0,35	0,01	0,29	0,25	0,10	—	—	—	—	—	—	2743	4,41	1,28	0,63	3,40	5,31	0,993	0,268	9,72	0,996	0,256
Lufttrockene Braunkohle	0,50	0,015	0,205	0,20	0,08	—	—	—	—	—	—	4176	6,32	1,83	0,54	4,87	7,24	1,023	0,238	13,56	1,012	0,250
Steinkohle	0,80	0,04	0,09	0,63	0,04	—	—	—	—	—	—	7483	10,67	2,93	0,48	8,22	11,63	1,043	0,250	22,50	1,022	0,245
Holzkohle	0,85	0,01	0,03	0,06	0,05	—	—	—	—	—	—	7034	10,20	3,12	0,18	7,86	11,15	1,071	0,244	21,85	1,056	0,242
Coke	0,87	0,005	0,015	0,05	0,06	—	—	—	—	—	—	7065	10,26	3,19	0,11	7,90	11,20	1,077	0,242	21,66	1,059	0,241
Rohes Erdöl	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Steinkohlen-Leuchtgas	—	0,05	—	—	—	0,34	0,10	0,08	0,15	—	0,05	10113	14,19	2,29	1,80	11,00	15,19	0,957	0,210	—	—	—
Waffergas	—	0,033	—	—	—	0,115	0,019	—	0,701	0,026	0,055	4780	5,62	1,85	1,02	4,33	7,20	0,986	0,254	—	—	—



bei 1 Grad Abkühlung abgiebt) zweimal aufgeführt, und zwar einmal für die Annahme, daß die Verbrennung nur mit derjenigen Luftmenge erfolgt, deren Sauerstoffgehalt zur Verbrennung genügt, ferner für die Annahme, daß das Doppelte der oben genannten Luftmenge dem Feuer zugeführt wird. Die Zahlen der Tabelle sind meistens dem mehrfach angezogenen Werke *Grashof's*<sup>172)</sup> entnommen.

Die atmosphärische Luft enthält, wenn man von den geringen Beimischungen an Kohlenäure, Wasserdampf und anderen Gasen absieht, etwa 0,24 Gewichtstheile Sauerstoff und 0,76 Gewichtstheile Stickstoff. So oft die Brennstoffe einen Theil Sauerstoff auffuchen, stehen ihnen sonach 3 Theile Stickstoff gleichsam im Wege. Deshalb gelingt es nur schwer, selbst bei gasförmigen Brennstoffen, sämmtlichen Sauerstoff zur Verbrennung zu bringen, während bei festen Brennstoffen eine vollständige Benutzung des in Form atmosphärischer Luft zugeführten Sauerstoffes unmöglich sein dürfte. Man kann bei geschicktester Anordnung der Feuerung und Bedienung des Feuers die zugeführte Luft nicht so vertheilen, daß an jede Stelle die richtige Menge derselben hingelangt; die Brennstoffstücke, die Aschen- und Schlackentheile und — bei backenden Kohlen — die entstehende breiartige Masse stehen aber einem Austausch vielfach hemmend entgegen. Um daher den Brennstoff vollständig in Kohlenäure, bezw. Wasserdampf zu verwandeln, muß man fast immer einen Ueberschuß an Luft gewähren, damit überall mindestens genug Sauerstoff vorhanden ist.

Ein solcher Luftüberschuß beeinträchtigt aber die Leistungsfähigkeit der Feuerung in nicht unbedeutender Weise. Nach neben stehender Tabelle erzeugt 1 kg Steinkohle im Mittel 11,63 kg Rauchgase, wenn einfache Luft-Zufuhr stattfindet. Nimmt man nun an, daß der Rauch mit 120 Grad in den Schornstein tritt, so führt derselbe  $11,63 \cdot 0,25 \cdot 120 = 348,9$  Wärmeeinheiten unbenutzt fort. Die doppelte Luftmenge bringt dagegen unter denselben Umständen einen Wärmeverlust von  $22,3 \cdot 0,245 \cdot 120 = 655,6$  Wärmeeinheiten hervor, so daß von der entwickelten Wärme, die zu 7483 angegeben war, nur  $7483 - 656 = 6827$  Wärmeeinheiten übrig bleiben. Mangelhaft bediente und eben so eingerichtete Feuerungen arbeiten oft mit der 5-, ja 10-fachen Luftmenge und haben alsdann, namentlich wenn die Rauchtemperatur eine hohe ist, nur eine sehr geringe Nutzleistung. So ist es denn erklärlich, warum die Coke, deren Wärmeentwicklung nach unserer Zusammenstellung geringer ist, als die der Steinkohle, welche aber durchschnittlich 20 Procent theurer ist, als letztere, wegen ihrer regelmässigeren Verbrennung, also leichteren Bedienung, oft für eine und dieselbe Geldsumme mehr Wärme liefert, als die Steinkohle, ja, daß die Gase, die erst mit Mühe und unter Aufwand von Kosten verfertigt werden müssen, eine verlangte Wärmemenge billiger zu liefern vermögen, als die Rohstoffe, aus denen sie gewonnen wurden.

Ausführliches über diesen Gegenstand findet man in den unten genannten Quellen<sup>173)</sup>.

Durch sorgfältige vergleichende Versuche mit verschiedenen Brennstoffen in verschiedenen Feuerstellen<sup>174)</sup>, welche am zweckmässigsten durch staatlich unterhaltene Versuchsanstalten ausgeführt werden, dürften allmählig die jetzt noch vielfach aus einander gehenden Meinungen aufgeklärt und die z. Z. stattfindenden Brennstoffvergeudungen vermindert werden.

<sup>172)</sup> Theoretische Maschinenlehre. Bd. 1. Leipzig 1875. S. 902 u. ff.

<sup>173)</sup> FISCHER, F. Die chemische Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880—87. — FISCHER, F. Chemische Technologie. Leipzig 1886. S. 991. — KRÜGER, R. Die Lehre von den Brennmaterialien etc. Jena 1883.

<sup>174)</sup> Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 232, S. 237 u. 336; Bd. 233, S. 133 u. 343; Bd. 236, S. 396.

## b) Feuerstellen.

298.  
Allgemeines.

Unter diesem Namen faßt man die Einrichtungen zusammen, welche zur Verbrennung der Brennstoffe zum Zweck der Wärmeentwicklung dienen. Sie sind so anzuordnen, daß den einzelnen Theilen des Brennstoffes die genügende Sauerstoffmenge zugeführt wird, daß der Ueberschuß an Sauerstoff, bezw. Luft nicht zu groß wird, daß die Verbrennung überhaupt stattfindet und daß an Stelle des gebrauchten Brennstoffes neue Mengen desselben zugeführt werden können.

Zur Verbindung des Kohlenstoffes, der Kohlenwasserstoffe und des Wasserstoffes mit dem Sauerstoff der Luft sind gewisse Temperaturen erforderlich; sie werden hervorgebracht durch das Entzündungsmittel und erhalten durch die bei der Verbindung frei werdende Wärme. Diese Wärme hat den Brennstoff auf die nöthige Temperatur zu bringen.

Je größer daher die Wärmemenge ist, welche zur Erwärmung der Raumeinheit des Brennstoffes um 1 Grad erforderlich ist, je größer die Wärmeleitfähigkeit des Brennstoffes ist, ein um so größerer Theil der frei werdenden Wärme wird für diesen Zweck verwendet; um so schwieriger ist die Entzündung und Erhaltung des Feuers.

Die genannte Wärme wird ferner theilweise verbraucht, um die Temperatur der atmosphärischen Luft, d. h. deren Sauerstoffes und Stickstoffes in genügendem Maße zu erhöhen. Je größer die zugeführte Luftmenge ist, um so größer wird der hierauf entfallende Wärmeverlust.

Endlich wird ein Theil der frei gewordenen Wärme an die Umgebung, theils durch Leitung, theils durch Strahlung, abgegeben und zur Verdunstung des etwa anhaftenden Wassers verbraucht. Diese Verlustquellen können zusammen genommen so groß werden, daß die für die Verbrennung erforderliche Temperatur nicht mehr erzielt wird; es erfolgt alsdann das Verlöschen.

Man muß daher, dem Brennstoff angemessen, die Feuerstelle so einrichten, daß die Verluste an Wärme entsprechend gering ausfallen.

Von den festen Brennstoffen verlangen in dieser Hinsicht die geringste Sorgfalt: der Torf, das Holz und die Braunkohle. Sie verbrennen meistens ohne besondere Schutzmittel gegen Wärmeverluste an freier Luft. Holz und Torf kann man daher ohne andere Hilfsmittel als die Stützfläche, auf welcher sie ruhen, verbrennen.

Von der entbundenen Wärme ist alsdann aber nur die durch Strahlung der Flamme und des heiß gewordenen Brennstoffes abgegebene zu benutzen; die Rauchgase werden durch die in Menge zufließende Luft so abgekühlt, daß sie oft nicht einmal im Stande sind, sich genügend rasch aus der Nähe des Feuers zu entfernen.

Die offene Feuerstelle ist daher, selbst für die leicht brennbaren festen Stoffe, nur in Ausnahmefällen verwendbar.

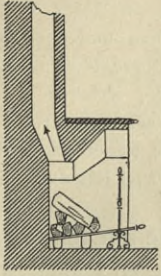
Die halb offene Feuerstelle oder der fog. Kamin (die *Cheminée*) schützt, je nach der Einrichtung, mehr oder weniger gegen übergroße Wärmeverluste.

Fig. 259 ist ein lothrechter Schnitt eines Kamins für Holzfeuerung.

Auf einen Bock werden eiserne Stäbe, fog. Spieße, gelegt, welche zur Stütze der Holzfeuchte dienen und namentlich ermöglichen, dieselben so locker auf einander zu schichten, daß die Luft bequem in die Zwischenräume gelangen kann. Der gebildete Rauch entweicht in den Schornstein, dessen untere Mündung so liegt, daß zunächst der Rauch in dieselbe tritt und die in der Nähe befindliche Luft nur in so weit, als Raum übrig bleibt. Um den Rauch nicht zu sehr abkühlen, bezw. möglichst wenig abkühlende Luft

299.  
Offene  
Feuerstellen  
u. Kamine.

Fig. 259.



Kamin für Holzfeuerung.

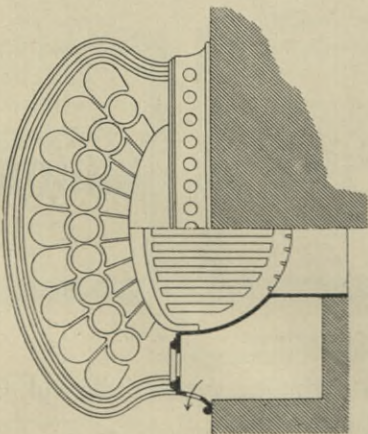
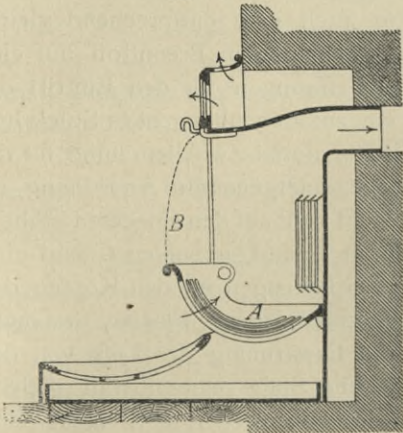
in den Schornstein gelangen zu lassen, muß die untere Schornsteinmündung auf die zulässig kleinste Weite beschränkt werden.

Vorteilhafter ist der Kamin, welchen Fig. 260 darstellt.

Hier wird der Brennstoff (Holz, Torf, Braunkohle, auch leicht entzündliche Steinkohle) in den Korb *A* gelegt, so daß die Verbrennungsluft vorwiegend durch die Spielräume der den Korb bildenden eisernen Stäbe strömen muß. Um den Luftzutritt über dem Feuer zu beschränken, ist ein abnehmbares Metallsieb *B* angebracht. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, einen Theil der frei gewordenen Wärme an die aus Gufseisen hergestellten Einschließungsflächen des Feuers und Rauches abzugeben, welche die sie bespülende Luft erwärmen und hierdurch zur Erwärmung des betreffenden Zimmers beitragen.

Bei näherer Betrachtung des vorliegenden Kamines findet man, daß die Wärmeabgabe der Einschließungsflächen der Feuerstelle an die Luft nothwendig ist, um gleiche Wärmemengen, wie der vorhin besprochene Kamin an die Luft abgibt, in das betreffende Zimmer gelangen zu lassen. Der Korb, in welchem der Brennstoff raftet, wie auch das Sieb *B* hemmen die Ausstrahlung der Wärme und verringern hierdurch diejenige Wärmemenge, welche auf geradem Wege in das Zimmer gelangt. Die Stäbe

Fig. 260.

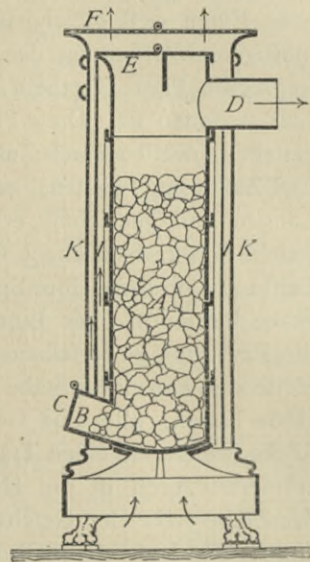


Kamin. — 1/10 w. Gr.

des Korbes sowohl, als auch die Maschen des Drahtsiebes werden dem entsprechend erwärmt; sie geben die aufgenommene

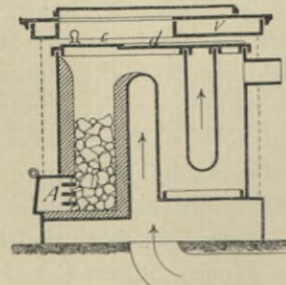
Wärme zum großen Theile an die sie durchströmende Luft ab und mindern hierdurch die Abkühlung des Feuers, welche die Folge der Berührung mit der ihm zugeführten Luft ist. Damit wird ohne Weiteres der Weg gezeigt, auf welchem man der Verbrennungsluft die zur Verbindung ihres Sauerstoffes mit den Brennstoffen nöthige Temperatur zu geben vermag.

Fig. 261.



Meidinger-Ofen. — 1/20 w. Gr.

Fig. 262.



Irischer Ofen. — 1/30 w. Gr.

In sehr einfacher Weise geschieht dies in der Feuerstelle des *Meidinger-Ofens* (Fig. 261).

Der schachtförmige Brennstoffbehälter *A* ist unten mittels eines Bodens geschlossen und über dem letzteren mit dem Halbe *B* versehen, der durch die winkelrecht zur Bildfläche verschiebbare Thür *C* nach Bedarf verschlossen, bzw. frei gelegt werden kann. Die Luft strömt durch den Spalt, welchen *C* frei läßt, trifft zunächst auf die noch warme Asche und macht deren Wärme auf diesem Wege nutzbar.

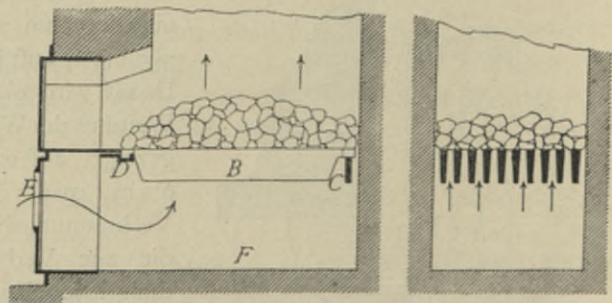
Die vorliegende Feuerstelle verdient zunächst noch Beachtung in Bezug auf die Regelbarkeit der zufließenden Luftmengen, vermöge der verschiebbaren Thür *C*, welche ein Mittel zur Regelung der Wärmeentwicklung bietet.

Größere Brennstoffmengen vermag man in einer solchen Feuerstelle nur schwierig zu verbrennen, indem der Widerstand, den die Luft, bzw. die gebildeten Rauchgase innerhalb der Brennstoffschicht finden, mit der Zunahme der Höhe derselben wächst, auch innerhalb der Wege, welche die Luft zu benutzen vermag, sehr verschieden ist. Holz und Torf lassen sich einigermaßen gleichförmig auffichten; Kohlen und Coke bilden eine Böschung, die der in der Nähe der Stützfläche eintretenden Luft einen wesentlich längeren Weg vorschreibt, als derjenigen, welche an der oberen Fläche des Halbes *B* zum Brennstoff zu gelangen sucht. Durch Anbringen einiger Stäbe bei *A* (Fig. 262, dem irischen Ofen) vermag man die Böschung in mehrere Theile zu zerlegen und hierdurch den beregten Uebelstand zu vermindern.

Einen weit gleichmäßigeren Widerstand, also auch eine entsprechend gleichmäßigeren Vertheilung der Luft gewinnt man, indem man den Brennstoff auf eine wagrechte Platte vertheilt, welche mit zahlreichen Oeffnungen für den Eintritt der Luft versehen ist. Diese Platte wird zuweilen als ein zusammenhängendes Stück hergestellt, zuweilen durch Zusammenlegen einzelner Stäbe, deren Zwischenräume für die Luft-Zuführung dienen, gebildet. Fig. 263 läßt die letztgenannte Anordnung im Längen- und Querschnitt erkennen. Die Brennstoffschicht ruht auf den einzelnen Stäben, welche mit *B* bezeichnet sind. Letztere werden durch einen Querbalken *C* und eine Leiste *D* getragen; ihre Spielräume werden durch Verdickungen an den Köpfen der Stäbe bestimmt. Die Luft bespült die Stäbe längs einer großen Fläche, weshalb die Erwärmung derselben sehr gut gelingt; da die Erwärmung der Luft von der Höhe der einzelnen Stäbe abhängig ist, so müssen die Stäbe eine überall gleiche Höhe haben, also eine Gestalt erhalten, welche Fig. 263 wiedergibt, nicht eine solche, welche an einen Träger erinnert. Auch ist die Höhe der Stäbe von der Geschwindigkeit der Luft innerhalb der Spalte, bzw. der in der Zeiteinheit durch sie strömenden Luftmenge abhängig, keineswegs aber von der Länge der Stäbe. Richtiger ist, die Stabhöhe in ein bestimmtes Verhältniß zur Stabdicke zu setzen. Da eine große Stabhöhe nur durch das Raumerforderniß schadet, so

ist es zweckmäßig, dieselbe immer der kleineren Stabhöhe vorzuziehen und selbst bei dünnen Stäben (5 mm) nicht unter 40 mm zu wählen<sup>175)</sup>.

Fig. 263.



Feuerstelle mit Planroft. — 1/10 w. Gr.

<sup>175)</sup> Vergl.: MEIDINGER. Ueber Feuerungsrofte. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 213.

In Folge der Wärmeabgabe, welche zwischen den Flächen der Stäbe und der Luft stattfindet, werden die Stäbe selbst gekühlt, was zur Erhaltung derselben von großem Werthe ist. Feuerstellen, in denen eine hohe Temperatur herrscht, welche also im Allgemeinen als sehr gute bezeichnet werden müssen, führen den Stäben jedoch oft eine so große Wärmemenge zu, daß diese nur eine geringe Dauer haben. Man drückt alsdann die Temperatur des Feuers durch Wasserdampf herab, welcher in einem unter der Feuerstelle angebrachten Wasserbehälter, einer die Sohle des Aschenfalles *F* (Fig. 263) bildenden, mit Wasser gefüllten Vertiefung entwickelt wird. Der Wasserdampf wird bei Berührung mit der glühenden Kohle in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, wodurch eine entsprechende Wärmemenge gebunden wird. Der Wasserstoff verbrennt demnächst wieder zu Wasserdampf, so daß nur durch die Verdunstung des Wassers ein Wärmeverlust stattfindet.

Die Brennstoffstücke und die gebildete Asche verdecken die Spalte theilweise; letztere klemmt sich sogar in die Spalte. Es ist daher der Querschnitt, welcher der Luft frei liegt, ein überaus wechselnder, je nachdem die Brennstoffstücke gefaltet sind, je nachdem diese unmittelbar auf den sie tragenden Stäben ruhen oder eine Aschenschicht sie von diesen trennt, je nachdem endlich die Spalte frei gehalten werden. Man muß daher durch häufiges »Schüren« den Zustand gleichmäßig zu erhalten suchen; man reinigt insbesondere die Spalte durch rechenartige Geräthe; man bewegt die Stäbe durch besondere Mechanismen<sup>176)</sup>. Die Gesamtheit der Stäbe *B* nebst ihren Trägern wird »Roß« genannt, weil sie zum »Roßen«, Verbrennen der Kohlen u. s. w. dient.

Nicht weniger einflußreich ist die Art und Höhe der Brennstoffschicht, da von derselben die Widerstände abhängen, welche die Luft in ihr findet, also die Luftmenge, welche einfrömt.

Wegen der vielfältigen, einzeln nicht wohl verfolgbaren Einflüsse ist es unmöglich, die zweckmäßigsten Maße für derartige Feuerstellen anzugeben; es folgen deshalb hier die gebräuchlichen Angaben, welche Mittelwerthen entsprechen. Das genauere Regeln des Luftzutrittes kann nur durch Klappen oder Schieber erfolgen, welche z. B. in der Thür *E* (Fig. 263) angebracht sind, und zwar auf Grund von Untersuchungen der entstehenden Rauchgase<sup>177)</sup>.

302.  
Schüren,  
Reinigen  
der Roße.

303.  
Maßangaben.

Benennung des Brennstoffes	Höhe der Brennstoffschicht	Dicke der Brennstoffstücke	Verbrennt stündlich auf 1 qm Roßfläche	Widerstand der Luftbewegung im Feuer für 1 qm Querschnittsfläche
Weichholz . . . . .	20	3	180 bis 250	1 bis 1,6
Hartholz . . . . .	20	3	150 » 200	0,9 » 1,2
Torf . . . . .	18	—	70 » 120	0,9 » 1,2
Steinkohle . . . . .	10	1 bis 2	60 » 110	3 » 8
Anthracit . . . . .	10 bis 15	1 » 2	60 » 130	2 » 5
Coke . . . . .	15 » 25	—	60 » 130	2 » 6
	Centimeter.		Kilogramm.	

Die hier angegebenen Widerstände bilden einen Theil der durch den Auftrieb des Rauchschornsteines zu überwindenden; der zweite Theil besteht aus den in den

176) Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 229, S. 128 u. 226; Bd. 230, S. 453; Bd. 232, S. 106; Bd. 233, S. 180, 265, 353 u. 437.

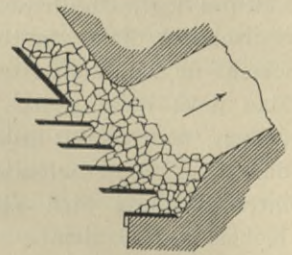
177) Vergl.: FISCHER, F. Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880. S. 220.

Rauchwegen auftretenden Widerständen. Letztere kann man nur in einzelnen Fällen genau berechnen; sie sind aber allgemein auch nicht anzugeben, vielmehr in hohem Grade vom Längenprofil und von den Querschnitten der Rauchwege abhängig. Ueber 10 kg für 1<sup>m</sup> Querschnitt pflegt der am Fusse des Schornsteines zu überwindende Gesamtwiderstand selbst bei Steinkohlenfeuerung nicht zu steigen. Bei einfachen und weiten Rauchwegen, geringerer Beanspruchung des Rostes, als die obige Tabelle angiebt, und sonstigen günstigen Umständen sinkt der Gesamtwiderstand bis auf 2, ja 1 kg herab.

304.  
Treppen-  
roste.

Sehr feinkörniger Brennstoff fällt durch die Rostspalte und geht hierdurch verloren. Eine bedeutendere Schichthöhe und Verwendung einer Feuerstelle nach Art der Fig. 261 (S. 277) ist wegen der Kleinheit der freien Hohlräume nicht anwendbar. Man verwendet für solchen Brennstoff deshalb den sog. Treppenrost (Fig. 264). Derselbe ist aus einer Zahl nach Art der Treppenstufen über einander gelegter eiserner Stäbe gebildet, deren Breite im Verhältniß zu ihrem lothrechten Abstände so gewählt ist, daß die Brennstofftheilchen nicht herausfallen können. Bedarf einer gleichmäßigen Luft-Zuführung sollte die Neigung des Rostes mit dem Böschungswinkel des Brennstoffes zusammenfallen. Dieser Böschungswinkel ist jedoch abhängig von der Korngröße und dem Feuchtigkeitsgehalt des Brennstoffes, der sich fortwährend ändert. Man ist — zumal das Feuer nicht gesehen werden kann — nicht im Stande, eine gleichmäßige Schichthöhe zu schaffen.

Fig. 264.



305  
Verhütung  
der Rufs-  
bildung.

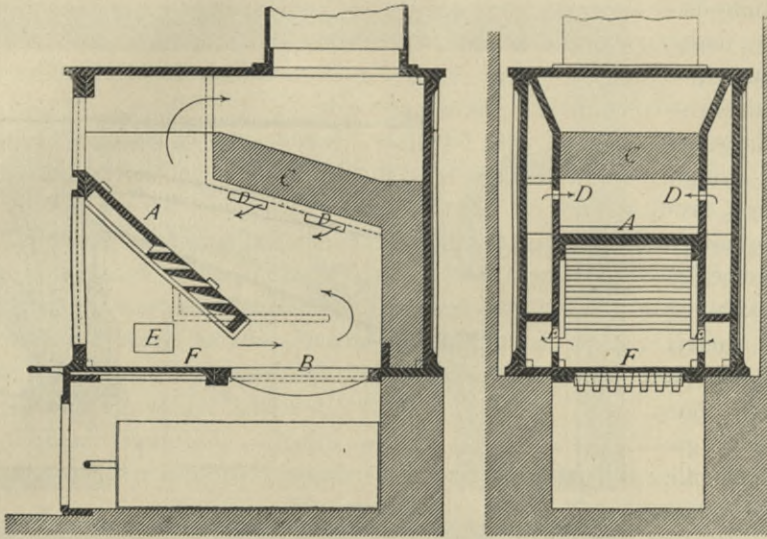
Bezüglich der Bedienung des Feuers in der Feuerstelle ist noch das Folgende zu sagen.

Die Verbrennung des Holzes, des Torfes, der Braunkohle, des Anthracits und der Coke erfordert nur das Beseitigen der Asche, bzw. (bei Anthracit und Coke) der Schlacke, so wie das Aufbringen neuer Brennstoffmengen. Die Steinkohle, namentlich die an Wasserstoff reiche, verlangt eine weiter gehende, sorgfältige Behandlung. Bringt man dieselbe auf das Feuer, so findet eine ziemlich rasche Vergasung der flüchtigen Theile statt. Die gebildeten Kohlenwasserstoffe zerlegen sich, und wenn es, wie häufig der Fall, an der genügenden Temperatur fehlt, so scheidet sich die Kohle theilweise als Rufs aus. Zu vermindern ist die Rufsbildung dadurch, daß man die Rauchgase nicht eher mit kälteren Flächen in Berührung bringt, bis eine vollständige Verbrennung erfolgt ist, und ferner, daß man durch Zuführung erhitzter Luft diese Verbrennung beschleunigt.

Eine zu diesem Zwecke eingerichtete Feuerstelle, die für einen Stubenofen bestimmt ist, zeigt Fig. 265 in zwei Schnitten.

Die Kohle wird durch die obere Thüröffnung eingeworfen, stützt sich theils auf die früher gebildete, auf den wagrechten Rost *B* gestofene Coke, theils auf die Platte *A*, und wird durch die hohe Temperatur der unten liegenden Coke und des Feuerraumes vercoct. Die Gase stoßen zunächst gegen das heiße Gewölbe *C*, woselbst sie sich mit den Rauchgasen des Coke-Feuers, die in der Regel überflüssigen Sauerstoff enthalten, namentlich aber mit derjenigen heißen Luft mischen, die den Oeffnungen *D* entströmt. Die Seitenwände der Feuerstelle sind zu diesem Ende hohl; in den Hohlraum tritt, vermöge der Oeffnungen *E*, Luft ein, welche gezwungen wird, einen größeren Theil der genannten Seitenwände zu bespülen und sich dem entsprechend zu erwärmen. Zu bemerken ist noch, daß sowohl die Rostplatte *A*, als auch der Rost *B* nebst Herdplatte *F* behuf Reinigens des Ofens bequem nach vorn gezogen werden können.

Fig. 265.

Feuerstelle für einen Stubenofen. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

Diese Feuerstelle gewährt zweifellos die Möglichkeit, die Ruffbildung zu verhüten, bezw. den Rauch zu verbrennen. Sobald jedoch die Vercokung sich vollzogen hat, ist die seitliche Luft-Zufuhr unnütz, und da sie einen erheblichen Luftüberschuss liefert, schädlich. Zweckmäßig verwerthbar ist die Einrichtung nur, wenn man sich bequemt, den Luftzutritt dem Verbrennungsvorgange entsprechend zu regeln, d. h. das Feuer regelmässig zu beobachten und sorgfältig zu bedienen.

Die Feuerstelle des fog. Schachtofens (vom Eisenwerk Kaiserslautern, Fig. 266) soll denselben Zweck erfüllen, ohne eine so sorgfame, als die oben angedeutete Bedienung zu verlangen.

Die Kohle gelangt durch die geeigneten Schlote *C* in den Verbrennungsraum *A*, dessen Boden die Rostplatte *h g* bildet. Diese läßt bei *h* einen Spalt für den Zutritt der Luft frei und enthält außerdem in der Nähe von *h* eine Anzahl Schlitzte zu gleichem Zwecke. Die Verbrennung erfolgt deshalb vorwiegend in der linken Hälfte (in Bezug auf die Figur) der Feuerstelle *A*. Die von rechts herankommende Kohle gelangt zur Vercokung; ihre Gase mischen sich mit den Rauchgasen. In der Voraussetzung, daß diese nicht mit dem nöthigen Sauerstoffüberschuss behaftet sind, ist eine besondere Zuführung erwärmter Luft vorgezogen. In den oberen Kanten der Schlote *C* befindet sich je ein Canal dreieckigen Querschnittes, welche Canäle mit *K* bezeichnet sind. Sie stellen eine Verbindung zwischen dem Feuer und dem Freien her, so daß, vermöge des Schornsteinzuges, die unterwegs erwärmte Luft, aus den dreieckigen Mündungen strömend, den oben erwähnten Gasen sich beimischt.

Zu dieser Feuerstelle ist zu bemerken, daß der geplante Vorgang nicht in der erwarteten Weise eintreten wird, sobald die Kohle in nennenswerthem Grade backt, indem alsdann die gebildete Coke mit Schürwerkzeugen zerbrochen werden muß, bevor sie dem Spalt *h* sich nähern kann, und ferner, daß voraussichtlich die Feuerung in der Regel mit großem Luftüberschuss arbeiten muß, um eine vollständige Verbrennung zu erzielen.

Die gewöhnliche Feuerstelle mit ebenem oder Planrost (Fig. 263) vermag bei guter Anordnung und vorsichtiger Bedienung rauchfrei und ohne großen Luftüberschuss zu arbeiten. Man schiebt die klar brennende Coke, nachdem die gebildeten Schlackentheile beseitigt sind, nach hinten und legt die neue Kohlenbeschickung vor

306.  
Feuerstelle  
des  
Schachtofens.

307.  
Bedienung  
gewöhnlicher  
Feuerstellen.

Fig. 266.

diese Cokefschicht. Die Vercokung dieser Kohle findet dann allmählig statt, so dafs — wenn man die gebildeten Gase zwingt, über das klare Cokefeuer hinwegzuziehen, und eine zu rasche Abkühlung derselben hindert — eine rauchfreie Verbrennung ohne Schwierigkeit gelingt. Nachdem die Vercokung vollendet ist, aber nicht früher, behandelt man das Ganze, wie vorhin gefagt wurde. Diese Art des Feuerns liefert gute Ergebnisse, erfordert aber einen fleifsigen und geschickten Arbeiter.

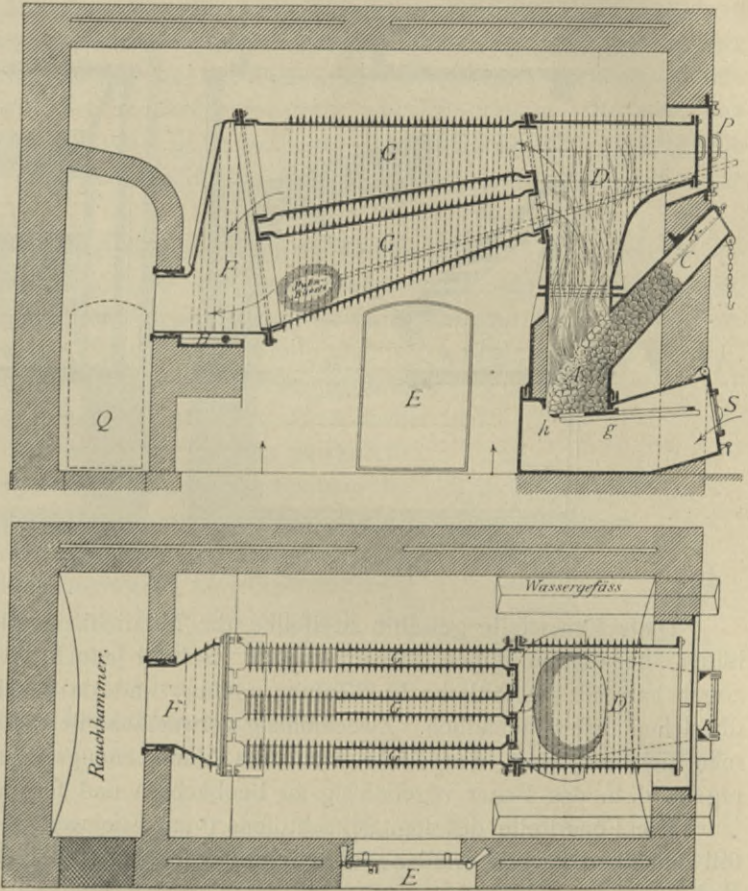
308.  
Füll-  
Feuerungen.

In dem *Meidinger*-Ofen (Fig. 261, S. 277), den man

bis zur Rauchröhre *D* mit Kohle recht gleichförmiger Körnung füllt — nach Öffnen der Klappen *E* und *F* — entzündet man dieselbe von oben, so dafs die der Kohle entweichenden Kohlenwasserstoffe das höher liegende Feuer durchströmen müssen und hier Gelegenheit zum Verbrennen finden.

Man unterscheidet gewöhnliche, Halbfüll- und Füllfeuerungen, je nachdem man die mit Planrost versehene Feuerstelle bei jedesmaliger Bedienung mit weniger oder mehr Brennstoff beschickt. Diejenigen Feuerstellen, welche eine grofse Brennstoffmenge zu fassen vermögen, erleichtern die Bedienung, da sie solche feltener verlangen. Fig. 261 u. 262 (S. 277), 265 (S. 281), 266 (S. 282), 280 (S. 293), 281 (S. 293), 283 (S. 296) u. 286 (S. 298) stellen Feuerstellen dar, welche als Halbfüll-, bezw. Füllfeuerungen benutzt werden. Man kann in denselben backende Steinkohle nur in beschränkter Weise verbrennen, während Anthracit, Coke und Braunkohle sich für Füllfeuerungen eignen.

Wegen anderer Lösungen der vorliegenden Aufgabe verweise ich auf die unten vermerkten Quellen <sup>178)</sup>.



Schachtofen des Eisenwerkes Kaiserslautern. — 1/40 w. Gr.

<sup>178)</sup> TEN-BRINK's rauchverzehrende Feuerung. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 245.

FISCHER, H. Bericht über die Ausstellung von Heizungs- und Lüftungs-Anlagen in Cassel. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 521.



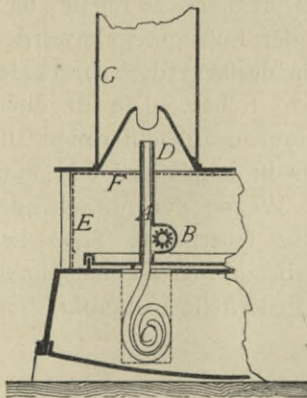
Aus den gegebenen Erörterungen dürfte zur Genüge hervorgehen, daß nur bei guter Bedienung durch geschulte Personen eine tadellose Verbrennung erzielt werden kann. Die Erfahrung hat denn auch gezeigt, daß mit den gewöhnlichen Dienftboten überantworteten Stubenöfen oft nur 15 bis 20 Procent, durchschnittlich 20 bis 30 Procent, höchstens 40 Procent derjenigen Wärme nutzbar gemacht werden, welche die Tabelle auf S. 274 nennt, während gut geleitete größere Feuerungen durchschnittlich 50 bis 70 Procent Wärmeausbeute liefern.

Der Gedanke, die Gewinnung der Wärme zu vereinfachen, indem in besonderen Fabriken der Brennstoff in ein gleichmäßiges, brennbares Gasgemisch verwandelt wird, welches mittels Röhrenleitungen den einzelnen Bedarfsstellen zugeführt wird, ist daher ein durchaus gefunder. Die Großgewerbe benutzen dieses Verfahren in ausgedehntem Mafse; für die Heizung und Lüftung ist zur Zeit nur der Verbrauch des zu Beleuchtungszwecken verfertigten Gases von Bedeutung, weshalb auch nur von diesem weiter unten die Rede sein wird.

Für flüssigen Brennstoff — Erdöl — sind bisher wenige Arten von Feuerstellen bekannt. Die meisten derselben ähneln den Brennern für Beleuchtungszwecke.

Fig. 267 stellt einen Erdölbrenner, welchen ich längere Zeit beobachten konnte, in theilweisem lothrechten Schnitt dar.

Fig. 267.



Erdöl-Brenner. —  $\frac{1}{4}$  w. Gr.

Derselbe besteht aus der  $4 \times 100$  mm weiten Dochröhre A, der Dochtstellwalze B, dem Erdölbehälter C, in welchen der Docht, durch ein Drahtnetz gegen Ueberleitung der Entzündung geschützt, eintaucht, dem  $10 \times 120$  mm weiten Brennermaul D, den durchbrochenen Einschließungswänden E und F, welche den Luftzutritt zur Flamme gestatten, aber auch beschränken, und endlich der Schornsteinröhre G, welche  $50 \times 180$  mm weit und 180 mm hoch ist. Ich konnte stündlich etwa 90 g gebräuchliches Erdöl verbrennen, ohne daß eine Rußbildung eintrat. Mehrere solcher Brenner, in einen Körper vereinigt, dienen zur Erwärmung eines Lockschornsteines.

Man verwendet auch Erdölbrenner ohne Docht, bei welchen das Erdöl in einem engen Spalt rechteckigen oder ringförmigen Querschnittes emporgedrückt wird, oder man spritzt das Erdöl in feinen Strahlen in den Verbrennungsraum, benutzt wohl auch Wasserdampf, um das Erdöl in der Feuerstelle zu zerstäuben u. s. w. Für das Heizungs- und Lüftungswesen hat das Erdöl bisher keine nennenswerthe Bedeutung erlangt, weshalb ich mich begnüge, behufs tieferen Eingehens auf die Einrichtung solcher Feuerstellen die Abhandlung *Busley's*<sup>179)</sup> zu empfehlen.

Mehr Verwendung hat bisher, trotz hohen Preises desselben, das Leuchtgas gefunden, wegen der Bequemlichkeit der Bedienung und der Reinlichkeit desselben.

So fern es sich um Erwärmung solcher Luft handelt, welche mit den Rauchgasen des Leuchtgases verunreinigt werden darf, so genügt eine entsprechende Zahl Einlochbrenner (vergl. Art. 28, S. 31), um die Heizkraft des Gases nahezu vollständig

309.  
Wärme-  
ausbeute.

310.  
Feuerstellen  
für  
flüssige  
Brennstoffe.

311.  
Feuerstellen  
für  
Leuchtgas.

Verdampfungsversuche mit einem TEN-BRINK'schen Dampfkessel. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 461.

MAC DOUGALL's mechanischer Rost mit Rauchverzehrung. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 128.

PROCTOR's mechanischer Heizer. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 226.

Ueber Feuerungsroste. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 474.

Selbstthätige Feuerung mit HOLROYD SMITH's Rostschrauben. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 453.

Neuerungen an Dampfkessel-Feuerungen. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 180, 265, 353, 437.

179) In: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, S. 989, 1013, 1037, 1060, 1089, 1109.

auszunutzen. Die Flammen leuchten und dienen deshalb nicht allein dem Zwecke, Wärme zu entbinden, verurfachen hierdurch also einen allerdings geringen Wärmeverlust. Wesentlich ist, daß diese Flammen rufen, wenn sie, bevor vollständige Verbrennung stattfand, mit kalten Flächen in Berührung kommen. Die Flammen werden nicht leuchtend, also auch nicht rußbildend, wenn das Gas vor der Verbrennung mit Luft gemischt wurde. Dies bezweckende Brennereinrichtungen findet man in den unten genannten Quellen beschrieben<sup>180)</sup>.

Im vorliegenden Falle bringt der Luftüberschuß keine Wärmeverluste hervor. Wesentlich anders ist es, wenn man den Rauch des Gases Wänden entlang führen will, deren entgegengesetzte Flächen die Wärme an Luft oder Wasser abgeben sollen, wenn also die Verbrennungsgase, nachdem sie den benutzbaren Theil ihrer Wärme abgegeben haben, in das Freie entlassen werden sollen. Bei Verwendung des Gases zum Heizen sollte nie anders verfahren werden, um die Verunreinigung der Luft durch den Rauch des Gases zu verhüten.

Folgende Gesichtspunkte sind für den Entwurf derartiger Feuerstellen maßgebend. Offenbar muß die der Feuerung in der Zeiteinheit zugeführte Luftmenge in bestimmtem Verhältniß zur Leuchtgasmenge stehen; wahrscheinlich braucht sie nur wenig größer zu sein, als die in der Tabelle auf S. 274 angegebene einfache Luftmenge. Um die Wärmeentwicklung dem Bedarfe entsprechend zu regeln, muß daher der Zufluß des Gases und gleichzeitig derjenige der Luft geregelt werden, was ohne Schwierigkeit durch eine Handlung möglich sein dürfte, indem die beiden in Frage kommenden Ventile mit einander in Verbindung stehen. Die Regelung dürfte um so leichter gelingen, da der Brennstoff ein durchaus gleichförmiger ist. Eine vorherige Erwärmung der Luft sowohl, als des Gases ist mindestens sehr nützlich, um eine vollständige Verbrennung zu erreichen. Wegen der entstehenden hohen Temperatur wird man den Verbrennungsraum aus feuerfestem Thon herstellen müssen. Die zahlreichen Gasfeuerungen der Gewerbe dürften Gesichtspunkte genug für den Entwurf einer hier in Frage kommenden Feuerstelle bieten<sup>181)</sup>.

### c) Wärmeabgabe der Feuergase an die Luft.

Die Wärmeabgabe der Feuergase an die Luft kann stattfinden:

- 1) ohne jedes Zwischenmittel (Kaminheizung);
- 2) unter Vermittelung einer festen Wand (Ofenheizung), und
- 3) unter Vermittelung fester Wände und von Wasser, bezw. Dampf (Wasser- und Dampfheizung).

Im Nachstehenden wird im Wesentlichen nur die Construction der verschiedenen Arten von Heizkörpern besprochen werden; die decorative Ausstattung derselben ist in Theil III, Bd. 3, Heft 3 (Abschnitt über »Decorativen Ausbau«) dieses »Handbuches« zu finden.

<sup>180)</sup> PRECHTEL, J. J. v. Technologische Encyclopädie. Supplementband 3. Stuttgart 1861. S. 275.

Ein BUNSEN'scher Brenner ohne Rückschlag. *Scientif. American*, Bd. 30, S. 387. *Polyt. Journ.*, Bd. 219, S. 408.

MUENCKE, R. Gaslampe für kohlenwasserstoffreiche Leuchtgase, Fettgas, Oelgas etc. *Polyt. Journ.*, Bd. 225, S. 83.

FISCHER, H. Ausstellung in Cassel. Feuerungen für flüssige Brennstoffe. *Polyt. Journ.*, Bd. 226, S. 15.

GODEFROY's Brenner. *Polyt. Journ.*, Bd. 228, S. 279.

MUENCKE, R. Gaslampe mit Luftregulirungsvorrichtung für gewöhnliches und für an Kohlenwasserstoff reiches Leuchtgas. *Polyt. Journ.*, Bd. 233, S. 227.

FISCHER, F. Ueber die Verwendung des Leuchtgases zur Wärmeentwicklung. *Polyt. Journ.*, Bd. 249, S. 374.

<sup>181)</sup> Siehe auch: REICHARD. Heizung mit Leuchtgas und der Karlsruher Schulofen. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1890, S. 2.

## 1) Wärmeabgabe ohne Zwischenmittel. (Kamine.)

Der reine Kamin (vergl. Art. 299 u. Fig. 259, S. 276), so wie das offene Feuer bieten hierher gehörige Beispiele. Die Wärmeausnutzung ist aus früher angegebenen Gründen hierbei eine sehr geringe. Auch die Beheizung einiger Lockschornsteine (vergl. Art. 218, S. 199) gehört hierher. Diese nutzen jedoch die Wärme der Feuergase vollständig aus, indem die letzteren sich mit der zu erwärmenden Luft mischen.

312.  
Kamine.

## Literatur

über »Kamine und Kamin-Oefen«.

- ARNOTT. Kamine und Oefen zur Zimmerheizung. Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1856, S. 40.  
*A new ventilating stove. Builder*, Bd. 9, S. 533.  
 MANGER. Ruffischer Wandkamin. Zeitschr. f. Bauw. 1858, S. 93.  
 STAMMAN. Kamin aus Gufseifen. Zeitschr. f. Bauw. 1861, S. 109.  
 PELIGOT. Verbesserte Heizkamine von MOUSSERON & Co. *Polyt. Journ.*, Bd. 170, S. 178.  
*Cheminées de M. FÉLINE. Revue gén. de l'arch.* 1863, S. 227.  
*Economical fireplaces. Builder*, Bd. 31, S. 224.  
 Eine neue Kamin-Construction. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1874, S. 117.  
 MORIN. GALTON's ventilirender Kaminofen. *Polyt. Journ.*, Bd. 211, S. 178.  
 WHITWELL. *Stove. Engineer*, Bd. 37, S. 150.  
 BOSCH, E. *Nouveau foyer de cheminée. Système CH. JOLY. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 1.  
 TERRIER, CH. *La cheminée Galton. Gaz. des arch. et du bât.* 1879, S. 19.  
 BODEMER's Ventilationskamin. *Polyt. Journ.*, Bd. 225, S. 105; Bd. 226, S. 116.  
 WAZON. *Cheminée. Annales du génie civil* 1877, S. 393.  
*Cheminée ventilatrice destinée aux casernes. Système DOUGLAS-DALTON. Nouv. annales de la const.* 1876, S. 80.  
*Cheminée d'appartement. Système FURRET. Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 256.  
*Sanitary science and practice. Iron*, Bd. 10, S. 616.  
 Ueber Kaminheizung. *Baugwks.-Zeitg.* 1878, S. 454, 697.

## 2) Vermittelung durch eine feste Wand.

(Oefen für Einzel- und Sammelheizungen; Canal- und Feuer-Luftheizung.)

Hierher gehören die Heizöfen der Einzel- und der Sammelheizungen, so wie mehr oder weniger die Halböfen oder verbesserten Kamine, auch Kamin- oder Cheminée-Oefen genannt.

Die letzteren entspringen den Versuchen, die äußere Erscheinung des für die heutigen Bedürfnisse ungenügenden eigentlichen Kamins beizubehalten, ihn aber derart umzubilden, daß einerseits die Annehmlichkeiten der offenen Feuerstelle und der damit zusammenhängenden reichlichen Luft-Abführung möglichst gewahrt bleiben, andererseits aber die Nachteile der Kaminheizung thunlichst gemildert werden, insbesondere eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes, als die gewöhnlichen Kamine gewähren, erzielt wird. Obwohl ungeachtet dieser Verbesserungen der Kamin-Ofen als wirthschaftlich gutes Heizmittel nicht bezeichnet werden kann, so findet er wegen seiner Gestalt und wegen der angedeuteten Annehmlichkeiten doch vielfache Anwendung, namentlich in solchen Fällen, wo man auf möglichst hohe Wärmeabgabe der Feuergase keinen großen Werth legt. (Vergl. das vorstehende Literatur-Verzeichniß und die unten genannten Quellen<sup>182)</sup>).

313.  
Verbesserte  
Kamine.<sup>182)</sup> *Polyt. Journ.*, Bd. 226, S. 116; Bd. 231, S. 200.

Die Wände der Heizöfen, welche an einer Seite vom Rauche bespült werden und von dieser diejenige Wärme übernehmen, die der an der anderen Seite befindlichen Luft übermittelt wird, bestehen vorwiegend aus Eifen und Thon; nur selten werden sie aus anderen Stoffen hergestellt.

Der grösseren Wärmeleitungsfähigkeit wegen verwendet man Eifen, und namentlich Gufseifen, vorwiegend zu solchen Ofenwänden, welche verhältnismässig klein werden sollen, während thönerne, aus fog. Kacheln, Thonröhren oder Backsteinen gebildete Oefen für diejenigen Fälle Anwendung finden, in denen der grössere Raumbedarf für dieselben nicht lästig ist, zu gleicher Zeit aber grosser Werth auf geringe Heizflächen-Temperatur (vergl. Art. 315, S. 287) gelegt wird. Dicke thönerne Wände vermögen eine grössere Wärmemenge in sich aufzuspeichern, was sie befähigt, den Wechsel in der Wärmeentwicklung weniger fühlbar zu machen. (Vergl. Art. 348, S. 330.)

Eiserne Oefen haben vor thönernen immer den Vorzug, widerstandsfähiger gegen Erschütterungen u. a. zu sein. Man wählt das Eifen deshalb, sobald die Oefen Erschütterungen ausgesetzt sind (in Eifenbahnfahrzeugen, Fabriken, Tanzsälen u. f. w.) oder gar die Gefahr einer absichtlichen Zerstörung vorliegt (in Gefängnissen). Für die Zimmerheizung zieht man oft Kachelöfen den eisernen Oefen vor, indem erstere meistens durch anhaltendere Wärmeabgabe sich auszeichnen.

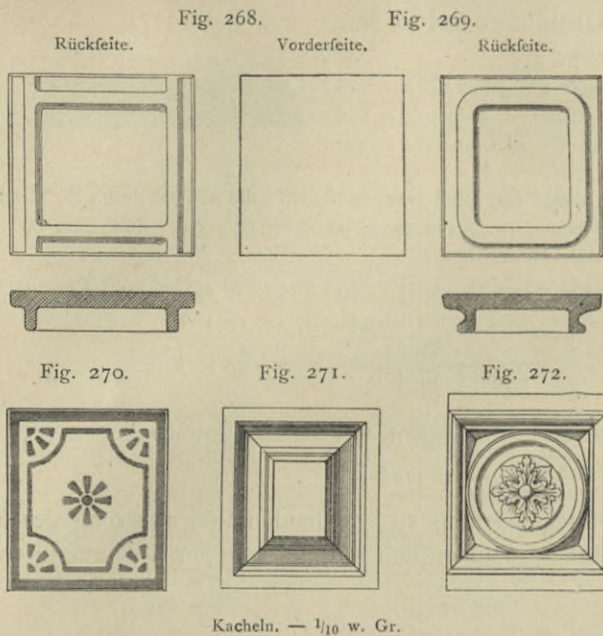
Die Heizung unserer Wohnräume mittels Oefen kann bis auf die frühmittelalterliche Zeit zurückgeführt werden und gehört dem Norden, hauptsächlich Deutschland und der Schweiz an; die ältesten uns erhaltenen Oefen sind grosse Kachelöfen aus dem XV. Jahrhundert. Derlei Oefen wurden Anfangs aus einfach geformten, später aus reicher gegliederten, meist mit plastischem Ornament, mit figurlichen Darstellungen, Inschriften u. f. w. versehenen Kacheln hergestellt, deren Wirkung durch schlichte, farbige Glasur, insbesondere aber durch bunten Farbensmelz gehoben wurde. Es kann auf diese äusserst charakteristischen, oft sehr reichen und schönen Arbeiten des späten Mittelalters und der Renaissance-Zeit hier nicht eingegangen werden; es mag auf die unten genannten Quellen<sup>183)</sup> verwiesen und nur erwähnt werden, dass die alten Vorbilder in neuerer Zeit nicht allein getreu und schön nachgeahmt (dabei mit verbesserten Feuerungs-Einrichtungen versehen) werden, sondern dass sie auch die Anregung zu freier formaler Weiterentwicklung und zur Wiederaufnahme des Farbensmelzes für die neueren Kachelöfen gegeben haben. (Vergl. auch Theil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«, Kap. 2: Keramische Erzeugnisse.)

Die alten (auch die reicher verzierten) Kacheln haben eine Breite von annähernd 20 cm und eine meist grössere Höhe, bis zu 30 cm; die neueren Muster sind niedriger und zeigen vorherrschend grüne und braune Glasur; die bunte Farbenbehandlung ist jetzt weniger häufig, als in früheren Zeiten. Neben diesen sind noch die modernen glatten Kacheln, die vor wenigen Jahren fast ausschliesslich Verwendung fanden und als halbweisse, weisse und feine weisse Schmelzkacheln unterschieden werden, zu erwähnen; ferner die fog. Damastkacheln, bei denen auf der weissen oder farbig glasierten Aussenfläche mittels des Sandblaseverfahrens Muster hervorgebracht sind. (Siehe Fig. 269 bis 272.)

Solche Kacheln werden fast überall in der Grösse von 20 bis 22 cm Breite auf 24 bis 26 cm Höhe, oft auch quadratisch mit 17 bis 20 cm Seitenlänge und verzierten oder einfach abgefasten Kanten hergestellt. Des Verbandes wegen sind Eckkacheln, welche einerseits die ganze, andererseits die halbe Breite haben, nothwendig. Die Gesimse und Ornamente der weissen Kachelöfen, welche durch Glasur an Schärfe der

<sup>183)</sup> ESSENWEIN, A. Buntglasierte Thonwaaren des 15.—18. Jahrhunderts im germanischen Museum. Anzeiger für Kunde der deutschen Vorzeit 1875, S. 33, 65, 137 u. 169.

BÜHLER, CH. Die Kachelöfen in Graubünden aus dem 16.—17. Jahrhundert. Zürich 1881.



Form verlieren, werden häufig als matte Terracotten hergestellt.

Die formale Ausbildung der gußeisernen Oefen wurde, obwohl dieselben in gewissen Theilen Deutschlands u. a. O. schon seit langer Zeit vorwiegend zur Heizung der Wohnräume benutzt werden, bis vor Kurzem vernachlässigt; ziemlich sinnlose Ornamente, welche den Blechplatten des Gufsmodells in geringer Stärke aufgenietet wurden, bildeten fast den einzigen Schmuck (?). Erst der Gegenwart war es vorbehalten, auch auf diesem Gebiete läuternd vorzugehen und Formen zu schaffen, welche künstlerische, wie constructive Anforderungen befriedigen können. In letzterer Beziehung ist vor Allem darauf zu achten, daß die Abmessungen der einzelnen Guftheile, die Lage ihrer Fugen und Stöße so gewählt werden, daß sie einerseits der Construction des Ofens entsprechen, bezw. dieselbe nicht

flören, andererseits ein leichtes und bequemes Zusammenfügen der einzelnen Theile gestatten.

In Rücksicht auf die fabrikmäßige Herstellung der gußeisernen Zimmeröfen ist darauf zu achten, daß der Außenbau derselben aus einer möglichst geringen Zahl lothrechter Platten bestehe, deren Modell sich beim Formen ohne Weiteres aus dem Formband herausheben läßt, so wie aus einer Folge von wagrecht liegenden Ringen, die in gleicher Weise ohne jede besondere, gekünstelte Verunstaltung geformt werden können. Deshalb darf das Modell der Platten nirgends untergeschnitten sein und dasjenige der Ringe keine Nuth und keinen vorspringenden Stab aufweisen. Bei eckig gestalteten Oefen ist auch noch zu berücksichtigen, daß je zwei von den vier lothrechten Platten, welche ein Stockwerk des Ofens bilden, an den Kanten um ein bestimmtes Maß (etwa 1,5 mm) überstehen müssen<sup>184</sup>). Weiteres über architektonische Gestaltung der Zimmeröfen ist im vorhergehenden Hefte dieses »Handbuchs« (Abschnitt über »Decorativer Ausbau«) zu finden.

Auf den Heizflächen liegender Staub oder an ihnen haftender Schmutz zersetzen sich, so weit sie pflanzlichen oder thierischen Ursprunges sind, verhältnismäßig rasch; ja nicht selten ist die Heizflächen-Temperatur hoch genug, um die Schmutztheile zu verbrennen. Die entstehenden Gase verderben natürlich die sich an den Heizflächen erwärmende Luft. Es ist daher die Reinhaltung der Heizflächen von hohem Werthe; man hat dafür zu sorgen, daß sie gut von Schmutz zu reinigen sind.

Dies bedingt zunächst entsprechende Zugänglichkeit, ferner aber einen Zustand der Flächen, welcher ihre Reinigung nicht erschwert.

Glatte, wo möglich mit einem Glasfluß oder Schmelz überzogene Flächen sind von diesem Gesichtspunkte aus die zweckmäßigsten, rauhe Flächen dagegen im Allgemeinen zu verwerfen.

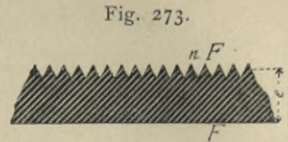
In Rücksicht auf die Wärmeabgabe verhält sich aber die rauhe Fläche günstiger, als die glatte. Dies ersieht man bereits aus der auf S. 98 gegebenen Tabelle für

315.  
Heizflächen.

<sup>184</sup>) Siehe: Eiserne Zimmeröfen. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 2.

die Wärmestrahlung; es geht noch deutlicher aus folgender überschläglicher Rechnung hervor.

Der durch Fig. 273 dargestellte gußeiserne Wandquerschnitt von der Breite  $\epsilon$  wird einerseits von der glatten Fläche  $F$ , andererseits von einer geriefelten Fläche, deren GröÙe durch die Riefung zu  $nF$  geworden ist, begrenzt.



Es werde die eine Seite der Wand durch 450 Grad warmen Rauch, die andere durch 30 Grad warme Luft befüllt; dann wird man in Gleichung 14, bezw. 15 (S. 100) für  $t_1 - t$  die Zahl 200, für  $s$  den Werth 3,2 und für  $l$  die Zahl 6 einsetzen können, so daß

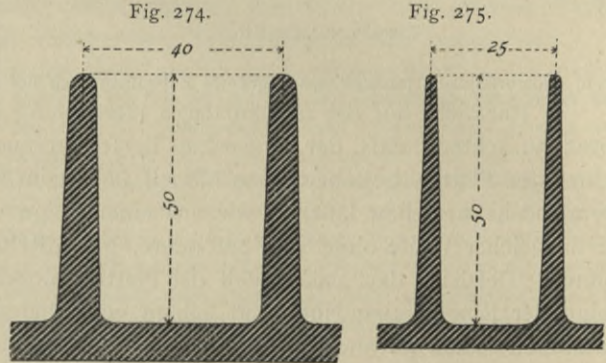
$$\psi = s [1 + 0,0056 (t_1 - t)] + l [1 + 0,0075 (t_1 - t)] = 3,2 \cdot 2,12 + 6 \cdot 2,5 = \text{rund } 17$$
 ist. Wären beide Flächen glatt, d. h.  $n = 0$ , so wäre nach Gleichung 37 (S. 106)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{\epsilon}{\lambda}} = \frac{850}{50 + 50 + 0,17} = \text{rund } 8,5;$$

wäre dagegen  $n = 2$ , also die Riefung unter 60 Grad ausgeführt, so wäre  $\Psi = 2\psi$ , also

$$k = \frac{1700}{50 + 100 + 0,34} = \text{rund } 11,3.$$

Man ist mit der durch eine solche Riefung zu erzielenden Vergrößerung des  $k$  vielfach nicht zufrieden, sondern bildet — namentlich auf der von der Luft befüllten Seite — hohe Rippen nach Fig. 274 u. 275 aus, welche hinsichtlich ihres Abstandes (von 0,02 m ab aufwärts), ihrer Länge (von 0,01 m bis 0,25 m) und ihrer Dicke sehr verschieden sind. Diese Rippen vergrößern die Oberfläche erheblich in dem Sinne, wie das vorige Beispiel dies erläuterte. Indefs sind bei der Werthschätzung dieser Vergrößerung folgende Umstände nicht zu übersehen.



Zunächst geht ein Theil der Wärmestrahlung verloren, indem sich gegenseitig bestrahlende Flächen gleiche Temperaturen haben; Gleiches tritt aber auch bei anderen zusammengesetzten Heizflächen ein. Ferner ist die Temperatur der Rippenoberfläche um so niedriger (wenn, wie fast immer, die gerippte Seite die wärmeabgebende ist), je weiter die betreffende Stelle von der Wurzel der Rippe entfernt liegt.

Deny fand<sup>185)</sup> bei 0,2 m hohen Rippen:

0,04 m von der Wurzel	263 Grad
0,10 m » » »	186 »
0,16 m » » »	134 »

Andere, in derselben Quelle angegebene Versuche liefern ähnliche Ergebnisse. Deny versucht, die Ergebnisse in rechnerische Formen zu kleiden. Ich vermag denselben aber kein Vertrauen zu schenken, weil folgender Umstand nicht berücksichtigt worden ist.

Dieser meines Erachtens wichtige Umstand besteht in der Verschiedenheit der Temperaturen, welche dem wärmeaufnehmenden Mittel, das zwischen den Rippen sich fortbewegt, eigen ist. So lange man annehmen darf, daß dasselbe, z. B. Luft, den dann lothrechten Canal zwischen den Rippen ohne erhebliche Seitenfrömungen

<sup>185)</sup> Siehe: DENY, F. Die rationelle Heizung und Lüftung. Deutsch von E. HAESCKE. Berlin 1886. S. 46.

verfolgt, muß der längs der Sohle strömende Theil viel wärmer werden, als der weiter aufsen fließende, weil ersterer eine verhältnißmäßiger größere Heizfläche befüllt, als letzterer. Der Canal hindert natürlich Seitenströmungen an seiner offenen Seite viel weniger, als in der Nähe der Sohle, so daß die Wärme abführend wirkende Mischen der im Canal sich bewegenden Luft an ersterer Stelle viel lebhafter stattfindet, als an letzterer. Hierdurch wird die Verschiedenheit der Temperaturen weiter gesteigert. Da endlich, wie bereits angegeben, die weiter nach aufsen gelegenen Flächen weniger warm sind, als die der Wurzel derselben benachbarten, so wird auch hierdurch die Temperatur-Verschiedenheit des Wärme aufnehmenden Mittels gesteigert. Für die Wärmeabgabe der Heizflächen ist aber wesentlich deren Temperatur-Ueberschuss gegenüber dem zu Erwärmenden maßgebend.

Aus den erwähnten vielseitigen Einflüssen dürfte nur ein äußerst verwickelter Ausdruck zur Bestimmung des Temperatur-Ueberschusses allgemein zutreffende Ergebnisse liefern, so daß es, wenigstens zur Zeit, zweckmäßiger ist, den Nutzen der Rippen nach Erfahrungswerten zu schätzen.

Dies ist insbesondere hinsichtlich derjenigen Heizflächen richtig, die an einer Seite vom Rauche befüllt werden, weil man selbst die Rauchttemperatur nicht mit Sicherheit zu bestimmen vermag. Weiter unten finden sich hierüber einige Angaben.

Man kann die Heizflächen in dem zu erwärmenden Raume so aufstellen, daß die Wärmestrahlen nur durch die Luft gehemmt werden, sonst frei auf gegenüber befindliche Menschen, Möbel u. s. w. fallen. Dieses Verfahren hat zwei Nachteile. Zunächst stören die Wärmestrahlen diejenigen, welchen sie treffen; ferner findet die Erwärmung der unmittelbar über dem Fußboden befindlichen Luft nur in mangelhafter Weise statt. Stellt man einen Schirm, dessen unterer Rand um ein gewisses Maß vom Fußboden entfernt ist, vor der betreffenden Heizfläche auf, so wird — in erster Linie — nur die zwischen diesem Schirme und der Heizfläche befindliche Luft erwärmt; sie steigt nach oben und veranlaßt die nahe dem Fußboden befindliche kälteste Luft durch den Spalt, welcher zwischen dem unteren Schirmrande und dem Fußboden vorhanden ist, zur Heizfläche zu strömen. Die kälteste Luft wird also befeuchtet; an ihre Stelle tritt wärmere, von oben allmählig nieder sinkende Luft, d. h. unmittelbar über dem Fußboden entsteht eine höhere Temperatur, als wenn der Schirm nicht vorhanden wäre. Der zu einem die Heizfläche ganz umgebenden Mantel ausgebildete Schirm wirkt offenbar vollkommener, so daß meistens die Anwendung solcher Ofenmäntel der freien Lage der Heizflächen vorzuziehen ist. So weit vorläufig über Ofenmäntel und nicht ummantelte Oefen.

Die Wärme des Rauches wird an die Luft abgegeben, indem man den Rauch durch einen Canal (den Rauchweg) führt, dessen Wände mit ihrer Außenfläche Luft berühren. Die Gestalt des Rauchwegs ist von Einfluß auf die Leistung der Oefen. Man kann dem Rauchweg eine nahezu wagrecht liegende, lang gestreckte gerade Gestalt geben<sup>186)</sup>. Diese Anordnung leidet zunächst an dem Mangel des schwierigen Dichthaltens der Verbindungen, indem die große ununterbrochene Länge des Rauchweges entsprechend große Dehnungen verursacht, denen der Canal, seines großen Gewichtes halber, nicht genügend zu folgen vermag. Außerdem bietet diese

316.  
Ofenmäntel.

317.  
Erwärmung  
mittels  
Canalheizung.

<sup>186)</sup> Vergl. das Kapitel über »Canalheizung« in: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880, S. 691 — ferner:

KNOBLAUCH, E. Der Umbau der Jerusalem-Kirche in Berlin. Deutsche Bauz. 1880, S. 216.

Kirchenheizung. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1869, S. 285.

BLANKENSTEIN. Ueber die WAGNER'sche Canalheizung in den Kirchen Leipzigs. Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 37.

Canalheizung erhebliche Schwierigkeiten beim Anheizen (vergl. Art. 184, S. 164), welches meistens ein zuvoriges Anwärmen des Schornsteines verlangt.

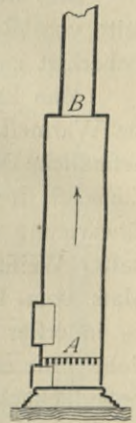
Man begegnet nicht selten der Auffassung, dafs durch die Canalheizung, deren Rauchweg die ganze Länge des zu beheizenden Raumes durchschneidet, letzterer besonders gleichförmig erwärmt werde. Diese Ansicht ist eine irrthümliche, indem nothwendiger Weise in der Nähe der Feuerstelle der Rauch eine weit höhere Temperatur haben mufs, als in der Nähe des ihn abführenden, zugerzeugenden Schornsteines. Der Versuch, der hieraus entstehenden Ungleichheit der Heizflächen-Temperaturen durch Anordnung verschieden dicker oder doch verschieden gut leitender Canalwände entgegenzutreten, ist bisher nicht gelungen; man mufs daher die Ausgleichung der Temperaturen innerhalb des zu beheizenden Raumes der Luft desselben überlassen.

Dies sind schon genug gegen die Anwendung der Canalheizung sprechende Gründe; sie kommt deshalb nur noch selten zur Anwendung. Der lange wagrechte Rauchweg kann auch in mehrere kürzere neben einander liegende Stücke zerlegt werden, von denen jedes einen Theil des Rauches erhält<sup>187)</sup>. Die Schwierigkeit, den Rauch auf die einzelnen Rauchwege gleichmäfsig zu vertheilen, macht diese Anordnung indess wenig empfehlenswerth.

Es ist ferner möglich, den Rauch lothrecht oder doch nahezu lothrecht nach oben strömen zu lassen. Fig. 276 verfinnlicht diese Einrichtung. Nur derjenige Rauch, welcher die Ofenwände berührt, wird unmittelbar abgekühlt, der in der Mitte des Rauchweges befindliche dagegen nur in so weit, als derselbe — vielleicht in Folge von Wirbelungen — an den erstgenannten Wärme abgibt. Der kühlere Rauch ist der schwerere; derselbe ist den Reibungswiderständen der Wandung unmittelbar ausgesetzt, weshalb er sich wesentlich langsamer nach oben bewegt, als der in der Mitte des Rauchweges befindliche wärmere Rauch. Dieser gelangt daher rascher und weniger entwärmt von der Feuerstelle *A* zum Schornsteine *B*, als derjenige Rauch, welcher mit den Ofenwänden in Berührung steht. Die Leistung der Anordnung wird daher eine geringe sein, wie man von den fog. Kanonen- oder Säulenöfen weifs. Je weiter der Querschnitt der den Schornstein bildenden, bezw. der zum Schornstein führenden (fog. Rauch-) Röhre *B* ist, um so rascher wird der wärmere Rauch entweichen, um so geringer die Wärmeabgabe des Ofens werden.

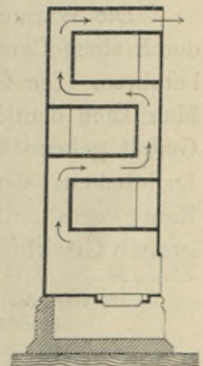
Der Zickzack-Ofen (Fig. 277) ist vortheilhafter, indem an jeder scharfen Ablenkung des Rauchweges lebhaftere Wirbelungen entstehen, die Mischungen des kalten und wärmeren Rauches hervorrufen. Diese Mischungen gelangen jedoch nicht vollständig, so dafs, namentlich bei weiten Rauchwegen, die wärmsten, am wenigsten ausgenutzten Rauchgase den anderen voreilen. Durch zweckmäfsige Wahl der Querschnitte vermag man diesen Uebelstand sehr herabzudrücken; jedoch ist ein vollständiges Anpassen derselben an die zu leitenden Rauchmengen nicht möglich, theils wegen des wechselnden Wärmebedarfes, theils wegen der Rufsansammlung, welche die Querschnitte fortwährend ändert.

Fig. 276.



Säulenofen.

Fig. 277.



Zickzack-Ofen.

318.  
Erwärmung  
mittels  
Ofenheizung.

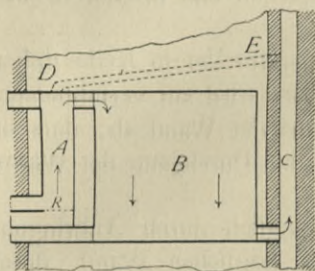
<sup>187)</sup> Vergl.: REDTENBACHER, F. Der Maschinenbau. Bd. 2. Mannheim 1863. S. 444.



In der 1876-er Hygiene-Ausstellung zu Brüssel waren russische Säulenöfen vertreten, bei denen auf folgendem Wege das einseitige Voreilen der heißesten Gase verhütet wurde. In dem Schacht, dessen unterer Theil die Feuerstelle enthielt, waren mehrere wagrechte Platten angebracht, welche dem Rauche nur gestatteten, zwischen ihrem Rande und der Schachtwand emporzufliegen. Angesichts der geringen Weite der betreffenden Oeffnungen kann man wohl erwarten, daß bei jeder Platte eine ziemlich vollständige Mischung der verschiedenen warmen Rauchtheile stattfindet.

Der durch Fig. 278 dargestellte Rauchwegsverlauf, welcher bereits in Art. 231

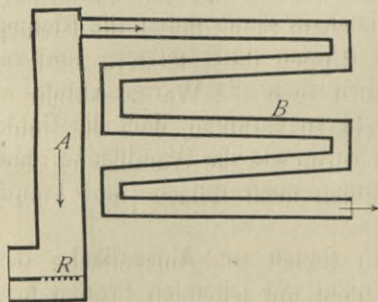
Fig. 278.



(S. 213) besprochen wurde, erscheint als der vortheilhaftere, indem dieser nur den am meisten abgekühlten Rauch in den Schornstein entweichen läßt. Er vereinigt hiermit noch den Vortheil, daß, wenn der betreffende Ofen ummantelt oder derselbe in einer besonderen Heizkammer aufgestellt ist, der kälteste Rauch der kältesten Luft gegenüber sich befindet, also eine möglichst starke Abkühlung des Rauches, bevor derselbe in den Schornstein entweicht, gestattet. Man führt die vorliegende Rauchwegsordnung entweder getreu nach dem vorliegenden Bilde aus<sup>188)</sup>,

wobei nach Umständen eine Zerlegung des Kastens B (Fig. 278) in lothrechte neben einander liegende Theile stattfindet, oder man läßt den Rauch in zickzackförmig gestalteten Röhren B, nach der schematischen Figur 279, vom lothrechten Feuerschacht A nach dem Schornsteine sich bewegen<sup>189)</sup>.

Fig. 279.



Gleichgiltig, ob man den zweiten Theil des Ofens, in welchem der Rauch vorwiegend seine Wärme abgeben soll, kastenförmig oder in der angegebenen Art aus Röhren bildet, ist die Weite der Querschnitte nur in so fern zu beachten, als sie für das Durchströmen des Rauches weit genug sein müssen. Eine beliebige Vergrößerung der Querschnitte über das nothwendige Bedürfnis hinaus stört die Nutzleistung des Ofens nicht.

Die Gestalt der Rauchwege ist mit Rücksicht auf ihre Entruffung zu wählen. Wenn auch die nach zuletzt genannter Art angeordneten Oefen einer Entruffung zu Gunsten des Freihaltens der Rauchwegs-Querschnitte nicht bedürfen, so ist doch die Beseitigung des Ruffes geboten, um die innere Seite der Wandungen rein, sie also zur Wärmeleitung geeigneter zu erhalten. Die feine Zertheilung des Ruffes befähigt denselben, geringem Luftzuge folgend, sich weit zu verbreiten, sobald derselbe von den Rauchwegswänden abgelöst worden ist. Das Entruffen verurfacht

319.  
Entruffung  
der  
Rauchwege.

188) Vergl.: BOYER'S Luftheizungsöfen. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1869, S. 282.

Oefen von CORDES & HERM. FISCHER. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1872, S. 28.

Schachtofen Kaiferslautern. Art. 306 (S. 282) dieses Bandes.

CEDERBLOM. Beheizung mit warmer Luft. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 416.

KÄUFER. Feuerluftheizungsöfen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 418.

GEBR. KÖRTING. Ofen mit Schrägrippen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, S. 746; 1888, S. 780.

189) Vergl.: FISCHER, H. Ausstellung in Cassel. Oefen von REINHARDT in Würzburg und von KELLING in Dresden. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 10 u. 11.

FISCHER, H. Weltausstellung in Paris. Halböfen von GAILLARD, HAILLOT & Co. in Paris. Polyt. Journ. Bd. 231, S. 201.

deshalb, trotz größter Vorsicht, Verunreinigung der Luft. In den Zimmern stehende Oefen wird man, wenigstens in der Regel, nur so einrichten können, daß die Ent-ruffung derselben von diesem Zimmer aus erfolgt; Oefen, die in Heizkammern auf-gestellt sind, können und sollen immer so eingerichtet werden, daß der Ruß nicht in die Heizkammern gelangen kann.

320.  
Verhütung  
zu hoher  
Temperatur.

Die Temperatur in der Feuerstelle und des ihr zunächst liegenden Theiles des Rauchweges ist eine so hohe, daß die mit den Außenflächen derselben in Berührung tretende Luft häufig zu sehr erwärmt wird. Der Luft sind fast immer zahlreiche Staubtheilchen beigemischt, welche, so weit sie pflanzlichen oder thierischen Ur-sprunges sind, an den zu heißen Ofenwänden verfangt werden und hierdurch einen brenzlichen Geruch hervorbringen können.

Es ist daher Sorge zu tragen, daß die Außentemperatur der in Rede stehen-den Ofentheile ein gewisses Maß nicht überschreitet. Dies wird auf verschiedenen Wegen erreicht: man führt die Wärme so entschieden aus der Wand ab, daß die Außentemperatur entsprechend sinkt, oder man erschwert den Durchgang der Wärme vom Feuer bis zur Außenfläche des Ofens.

Eine rasche Abführung der Wärme ist zunächst möglich durch Anbringung von Hohlräumen zwischen Außen- und Innenfläche der fraglichen Wand, durch welche Wasser geleitet wird; das Wasser giebt die aufgenommene Wärme an einem anderen Orte an die Luft ab<sup>190)</sup>.

321.  
Vergrößerung  
der Wärme  
abgebenden  
Fläche.

Sie kann ferner erreicht werden durch Vergrößerung der Wärme abgebenden Oberfläche. Dicke, kugel- oder trommelförmige Wände (vergl. Art. 105 u. 107, S. 102 u. 104) haben eine weit größere Außen-, als Innenfläche und können deshalb im vorliegenden Sinne verwendet werden<sup>191)</sup>. In gleichem Sinne findet die Riefung der Oberflächen, bezw. die Befetzung derselben mit Rippen statt; letztere sind zu-weilen ungemein hoch und dick<sup>192)</sup>. Wenn dieselben auch die Wärme-Abfuhr in ziemlichem Grade fördern, so vermögen sie doch nicht zu verhüten, daß die Sohle der von den Rippen gebildeten Canäle fast so heiß wird, wie die Wandfläche ohne die Rippen werden würde. Statt der Rippen kommen auch spitzen- und knopf-förmige Auswüchse zur Verwendung.

322.  
Erschwerung  
des Wärme-  
durchganges.

Die Erschwerung des Wärmedurchganges vom Rauch zur Außenfläche des Ofens wird zunächst durch Anwendung dicker, aus nicht gut leitenden Stoffen her-gestellter Wände erreicht. Namentlich ist die Auskleidung der Feuerstelle mit feuer-festen Steinen oder feuerfestem Mörtel beliebt und zweckmäßig. Die weiter unten beschriebenen Oefen bieten mehrfach Beispiele dieses Verfahrens. Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß dasselbe zu häufigeren Ausbesserungsarbeiten Veranlassung giebt, da die Asche der Brennstoffe mit der Ausfütterung der Feuerstelle sich verschlackt.

Durch Einschaltung einer Luftschicht zwischen Feuer und Außenwand ist eben so der Wärmedurchgang zu erschweren. Fig. 280 stellt den *Perry'schen*, nur für Anthracit, bew. wenig schlackende Coke verwendbaren amerikanischen Ofen (*Crown-jewel*) in zwei lothrechten, einem wagrechten und einem Nebenschnitt dar.

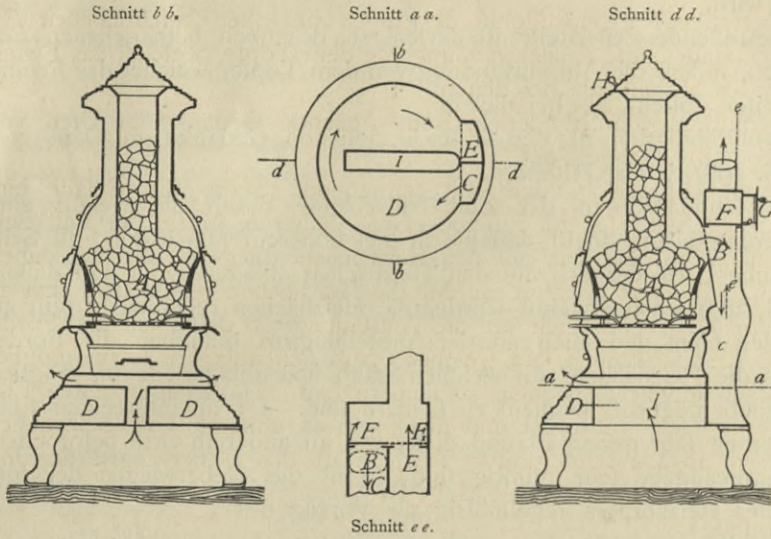
Die Feuerstelle *A* ist ein sich nach unten verjüngender gusseiserner Topf, dessen Boden eine durch-löchernte Platte bildet. Dieser Topf wird durch eine weiter abliegende Wand umschlossen. Es wird daher diese Wand nur vermöge der Strahlung und vermöge der an dem Topf erwärmten, sich jedenfalls rasch bewegenden Luft erwärmt. Die Rauchgase verlassen den Feuerraum bei *B* (Schnitt *dd*). Vorher

<sup>190)</sup> Siehe: Ofen von KELLING. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 122.

<sup>191)</sup> Siehe: Ofen der »Schweizerischen Industrie-Gesellschaft«. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 117.

<sup>192)</sup> Siehe: Luftheizungsöfen von THIERRY, VIOTTE & DEROSNE. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 289.

Fig. 280.

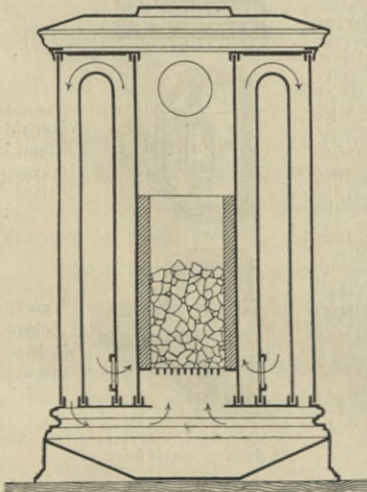


Perry's amerikanischer Ofen.

machen dieselben eine Nebenströmung in dem ringförmigen Hohlraume zwischen dem Vorrathsbehälter des Brennstoffes und der oberen Außenwand des Ofens. Ersterer wird viel wärmer sein, als letztere; folglich flömen die Gase vorwiegend an jenem empor, während der kältere Rauch, unterwegs mit dem aufsteigenden Rauche vielfach Mischungen eingehend, an der Innenfläche der Außenwand niederfinkt, so daß diese nicht im Uebermaße erwärmt wird. Es sei bei dieser Gelegenheit die übrige Ofeneinrichtung kurz erwähnt. Der Rauch soll in der Regel von *B* (Schnitt *dd*) aus durch den Canal *C* nach unten strömen, den im Fuße des Ofens befindlichen Raum *D* durchfließen (Schnitt *aa*), um dann durch den neben *C* liegenden Canal *E* zum Schornsteine zu gelangen. Die Rauchführung ist hiernach im Sinne früherer Erörterungen als zweckmäfsig zu bezeichnen.

Um während des Anfeuerns dem wenig warmen Rauche die Erwärmung des Schornsteines zu erleichtern, kann man die Klappe *F* (Schnitt *ee*) in die punktirte Lage *F*<sub>1</sub> bringen, indem man dieselbe mit Hilfe des Hebels *G* (Schnitt *dd*) um 180 Grad dreht. Die kalte Luft des Fußbodens steigt durch den Spalt *I* des Ofenfusses empor, erwärmt sich an den betreffenden Wandungen des Canales *D* und entweicht seitwärts in das Zimmer.

Fig. 281.



Ofen von Wehrenbold in Lübben a. d. Lippe.

*Wehrenbold* in Lübben a. d. Lippe erwärmt, wie aus Fig. 281 zu erkennen ist, mittels der schon durch Mauerwerk gering leitend gemachten Wände der Feuerstelle Luft, welche, zwei Canäle durchströmend, ihre Wärme an die Zimmerluft abgibt und hierauf zur Nahrung des Feuers dient. Dieser Gedanke würde, wenn zweckmäfsig ausgebildet, im vorliegenden Sinne sehr gut zu verwenden sein; leider ist der Ofen im Uebrigen nicht zu loben.

Endlich ist noch das Verfahren zu nennen, welches die übergroße Erwärmung der Heizflächen dadurch verhindert, daß die Feuerstelle in einen größeren Raum eingebaut ist, so daß die Wände derselben vom niedersteigenden Rauche bespült

werden, während diefem beim Verlassen der Feuerftelle fofort eine grofse Heizfläche dargeboten wird.

Die betreffende Feuerftelle ift derjenigen des oben befchriebenen *Perry*'fchen Ofens ähnlich, indem die Außenwandung von dem Topfe, welcher das Feuer enthält, lediglich weiter abfteht, als bei diefem.

Am vollftändigften ift der in Rede ftehende Gedanke im Ofen von *Weibel* (Fig. 285, S. 298) durchgebildet.

323.  
Verhütung  
der Staub-  
ablagerung.

Wenn fchon der in der Luft fchwebende Staub die Gefahr einer Luftverfchlechterung bietet, fo ift daffelbe in viel höherem Mafse der Fall Seitens desjenigen Staubes, welcher fich auf den Heizflächen ablagert. Es find daher, wie in Art. 315 (S. 287) fchon erwähnt wurde, die Heizflächen regelmäfsig rein zu halten, alfo an jeden Ofen und auch an die Aufftellungsart deffelben die Forderung zu ftellen, dafs die Heizflächen, auf welchen Staub fich ablagern kann, möglicht klein und von Staub möglicht bequem zu säubern find. Da an lothrechten Flächen die Staubablagerung fehr gering ift und diefe, wie an anderem Orte befprochen wurde, für die Wärmeabgabe fehr günstig find, fo ift das Ueberwiegen der lothrechten Flächen eines Heizkörpers regelmäfsig als Vorzug deffelben aufzufaffen.

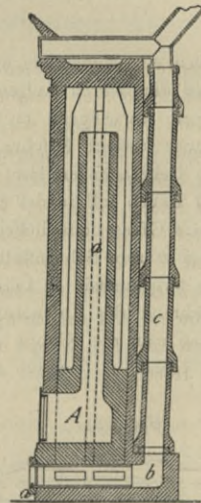
324.  
Einfluss  
der  
Temperatur-  
fchwankungen.

Die lebhaften Temperaturschwankungen, denen die Ofenwände unterworfen find, bedingen wechfelnde und verfchiedenartige Ausdehnungen. Denfelben ift namentlich deshalb Rechnung zu tragen, weil fie — durch Zerspringen der Wände oder allmähliges Zerftören derfelben — Undichtheiten hervorrufen. Diefe veranlafsen einen Wärmeverluft, indem Luft durch fie eingefogen wird; fie laffen aber auch Rauch ausströmen, fobald durch irgend einen Zufall der Druck in den Rauchwegen gröfser wird, als aufserhalb derfelben. Die Verdichtung der Fugen mittels Sand (vergl. Art. 232, S. 214) dient in vielen Fällen, eine genügende Dichtheit hervorzubringen, während die freie Beweglichkeit der Wandtheile nicht gefört wird. In anderen Fällen mufs die Anordnung der Ofentheile fo getroffen werden, dafs diefelben ihrem Dehnungsbestreben, ohne zu grofse Spannungen hervorzubringen, nachzugeben vermögen. Bemerkenswerth ift in diefer Beziehung der Kachelofen von *Wiman* (Fig. 282).

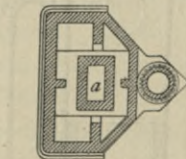
Von der Feuerftelle *A* steigt der Rauch im gemauerten Schachte *a* empor und finft alsdann, feine Wärme abgebend, allmählig in dem den genannten Schacht ringförmig umgebenden Hohlraum bis in den Rauchweg *b*, von wo aus derfelbe mittels der thönernen Röhre *c* zum Schornfteine gelangt. In derfelben wagrechten Ebene haben fonach die zufammenhängenden Theile des Ofens annähernd gleiche Temperaturen, fo dafs fie fich gleichmäfsig zu dehnen vermögen. Der Ofen ift für Holzfeuerung beftimmt und deshalb ohne Rost; Rufs und Flugafche werden durch die einzige Reinigungsöffnung *d* abgezogen<sup>193)</sup>.

Nach den gegebenen, vorwiegend allgemeinen Erörterungen will ich noch einige Heizöfen befonders be-

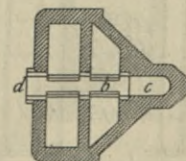
Fig. 282.



Lothrechter  
Schnitt.



Wagrechter  
Schnitt in  
mittlerer  
Höhe.



Wagrechter  
Schnitt  
durch den  
Rauchweg *b*.

Kachelofen von *Wiman*.

<sup>193)</sup> Eingehendere Beschreibung in: Wochchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880, S. 7

schreiben, wenn auch die Auswahl, mit Rücksicht auf den Rahmen dieses »Handbuches«, nur eine sehr knappe sein darf.

In jeder Beziehung empfehlenswerthe Gasöfen kenne ich nicht, verweise deshalb lediglich auf die nachstehend verzeichneten Quellen.

- Le chauffage au gaz (cheminées, fourneaux, foyers divers). Nouv. annales de la const.* 1857, S. 74.
- SCHNUHR. Gas-Heiz- und Koch-Apparate. Zeitschr. f. Bauw. 1861, S. 641.
- SCHNUHR. Gasheizungen für große und hohe Räume, resp. Kirchen. Zeitschr. f. Bauw. 1861, S. 649.
- Ueber Verwendung des Leuchtgases zum Heizen der Kirchen. *Polyt. Journ.*, Bd. 164, S. 32.
- HENNEBERG. Neuer Gasofen. *Maschin.-Confr.* 1871, S. 87.
- BLACKHAM. Verbesserter Gasofen. *Polyt. Journ.*, Bd. 212, S. 79.
- Ueber Gasheizung. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1874, S. 616.
- MÜLLER & EICHELBRENNER. *Nouveau système de chauffage des fours à gaz. Nouv. annales de la const.* 1874, S. 6.
- KIDD's Gasofen für Haushaltzwecke. *Polyt. Journ.*, Bd. 217, S. 105.
- MARLIN, PH. Heizung von Zimmern mit Leuchtgas. *Fourn. de l'éclairage* 1875, S. 341.
- KUHLMANN, F. *De l'éclairage et du chauffage par le gaz au point de vue de l'hygiène.* Paris 1876.
- GERMINET, G. *Chauffage et éclairage par le gaz.* Paris 1876.
- TASKIN. BICHEROUX' Gasofen. *Polyt. Journ.*, Bd. 219, S. 220.
- Gasofen von L. VANDERKELEN. *Polyt. Journ.*, Bd. 222, S. 3.
- WALLACE, J. Die Anwendung des Steinkohlengases zum Heizen. *Eng. and mining journ.*, Bd. 21, S. 37.
- Bericht über die Weltausstellung von Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österreichischen Commission. 17. Heft: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877. S. 16.
- VANDERKELEN. Gasofen. *Maschinenb.* 1877, S. 317.
- Gasheizung der Wohnhäuser und Küchen. *Rohrleger* 1879, S. 160.
- FISCHER, H. Feuerungen für Gas. *Polyt. Journ.*, Bd. 231, S. 197.
- BOHE, A. Kochen und Heizen mit Leuchtgas. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1880, S. 542.
- Zur Anwendung des Gases für Heizzwecke. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1880, S. 741.
- DENNY, W. *Cooking and heating by gas.* *Dumbarton* 1881.
- Gasheizungen für Kirchen, insbesondere die Kosten derselben. *Deutsche Bauz.* 1881, S. 445.
- Schönheyder's sanitary stove. Engng.*, Bd. 32, S. 360.
- Gas cooking and heating apparatus. Sanit. record*, Bd. 12, S. 336, 370.
- WOBBE. Ueber Gaskoch- und Heizapparate. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1882, S. 619.
- FISCHER, F. Verwendung des Leuchtgases zur Wärmeentwicklung. *Polyt. Journ.*, Bd. 249, S. 374.
- WOBBE. Mittheilung über Gas-Koch- und -Heizapparate. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1883, S. 638.
- WOBBE, G. Ueber Gasheiz-Öfen und Gas-Herde. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1884, S. 740.
- WOBBE, J. G. Die Verwendung des Gases zum Kochen, Heizen etc. München 1885.
- RAMDOHR, L. Das Leuchtgas als Heizstoff in Küche und Haus. *HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw.* 1887, S. 46, 49, 57, 67, 75, 81, 89, 100, 110.
- REICHARD. Heizung mit Leuchtgas und der Karlsruher Schulöfen. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1890, S. 2.

Öfen für die sog. präparirte Kohle werden fast nur für Eisenbahnwagen verwendet; ich darf mich daher begnügen, die unten stehenden Quellen zu nennen <sup>194)</sup>.

Von Zimmeröfen mit Mantel erwähne ich zunächst den *Meidinger-Ofen* (vergl. Art. 300 u. Fig. 261, S. 278).

Stark backende Kohle vermag man in diesem Ofen nicht zu verbrennen. Bei Verwendung von Coke ist es leicht möglich, den Ofen mehrere Tage ununterbrochen im Betriebe zu erhalten. Der Verlauf des Rauchweges ist kein günstiger; jedoch zwingt der hoch aufgeschichtete Brennstoff den Rauch, vorwiegend den Wänden entlang zu strömen. Die zu große Erwärmung der Außenflächen soll verhütet werden

325.  
Öfen für  
Gas und präpa-  
rirte Kohle.

326.  
Mantel-  
öfen.

<sup>194)</sup> *Mith. d. Gewbver. f. Hannover* 1871, S. 316.

Handbuch für specielle Eisenbahntechnik. Herausgegeben von E. HEUSINGER v. WALDEGG. Bd. II. 2. Aufl. Leipzig 1876. S. 398.

durch Rippen, welche in großer Zahl an demselben angebracht sind. Der Ofenschacht ist zunächst von einem Blechmantel *I* und ferner von einem zweiten, eben solchen Mantel *K* umgeben, so daß die Außenfläche genügend kalt gehalten wird, um einen Anstrich erhalten zu können. Der vorliegende Ofen erwärmt die im Zimmer befindliche Luft; es ist leicht, den unteren Theil des Ofens so anzuordnen, daß dem Ofen nur oder doch theilweise frische Luft zugeführt wird.

Der irische Ofen (vergl. Art. 300 u. Fig. 262, S. 278) ist dem *Meidinger-Ofen* betreffs der Feuerung sehr nahe verwandt. Die Rauchwärme wird aber durch denselben besser ausgenutzt, indem der Rauch vom Feuerfachte ab noch einmal niederfinken und steigen muß, bevor er zum Schornsteine gelangt. Die Beschickung des Ofens erfolgt von oben, nachdem sowohl die obere Deckelplatte als auch der Deckel *c*, welcher zwischen Leisten *d* Führung findet, zur Seite geschoben sind. Man vermag dem Ofen frische kalte Luft zuzuführen; auch ist durch Anbringung des Wasserbeckens *V* für Anfeuchtung der Luft geforgt.

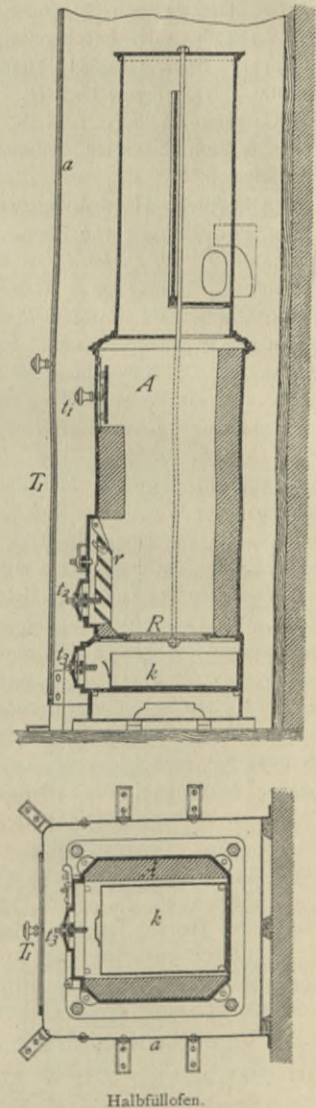
Sehr gebräuchlich ist der Halbfüllofen (Fig. 283).

Die durch einen eisernen Kasten gebildete Feuerstelle *A* ist mit feuerfesten Steinen ausgekleidet. Die Zuführung der Verbrennungsluft erfolgt zum Theile durch den wagrechten Rost *R*, zum Theile durch den lothrecht angeordneten Rost *r*. Letzterer vermag das Feuer auch bei hoher Füllung der Feuerstelle noch mit Luft zu versorgen; es wird alsdann die Luftklappe *t*<sub>3</sub> geschlossen, die Klappe *t*<sub>2</sub> entsprechend geöffnet. Nach entsprechender Verringerung der Brennstoffschicht schließt man die Klappe *t*<sub>2</sub> und öffnet statt ihrer die Klappe *t*<sub>3</sub>. Offenbar ist es möglich, den Ofen sowohl mit dünner Brennstoffschicht, als auch so zu verwenden, daß zur Zeit eine sehr große Brennstoffmenge eingeworfen wird. Behuf des Reinigens ist der lothrechte Rost *r* auszuheben; das Einfüllen des Brennstoffes geschieht durch die Thür *t*<sub>1</sub>. Von der Feuerstelle aus steigt der Rauch in der einen Hälfte des trommelförmigen Ofenaufsatzes empor, überschreitet die Querwand desselben und sinkt nunmehr nach unten, um in den Schornstein abzufließen. Durch Einhüllen des Ofens mittels eines Blechmantels vermag man die lästigen Wärmestrahlen zu vermindern, auch die Anordnung zu treffen, vermöge welcher nach Bedarf den Heizflächen frische Luft zugeführt werden kann.

Fig. 284 stellt einen zweckmäßigen, von *Rafsch*<sup>195)</sup> angegebenen eisernen Ofen in zwei lothrechten Schnitten dar.

Vom Planrost *A* steigt der Rauch in der Röhre *B* empor und entweicht entweder — bei geöffneter Drosselklappe *C*, während des Anheizens — auf kürzestem Wege in die zum Schornsteine führende Röhre *D* oder — während des eigentlichen Heizens — auf dem längeren Wege durch die Röhren *E*, *F*, *G* nach derselben Stelle. Das Erglühen der Feuerstellenwände wird durch den topfförmigen eisernen Einsatz *a* verhütet. *H* bezeichnet die vier Putzöffnungen. Der Ofen ist an drei Seiten von einem aus Kacheln gebildeten Mantel *I* umgeben, der durch die Wand *K* abgeschlossen ist. Der Mantel ist oben offen, unten jedoch bis auf die beiden Oeffnungen *L* geschlossen. Unter dem Ofen befinden sich zwei Luft-Zuführungsöffnungen; je nachdem man nun mittels der

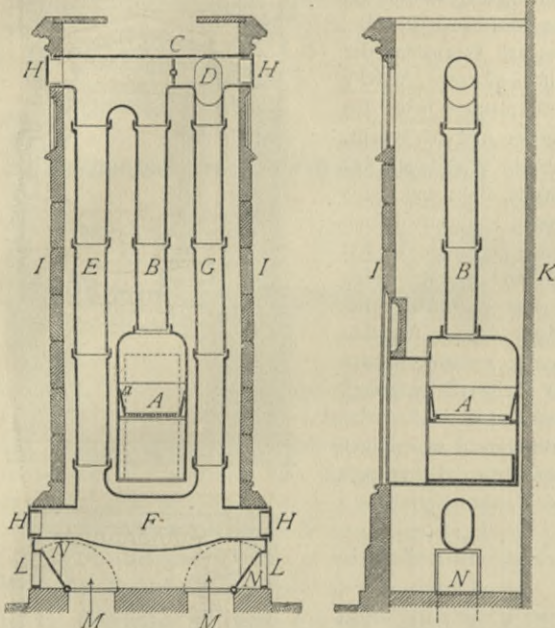
Fig. 283.



Halbfüllofen.

<sup>195)</sup> Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 399.

Fig. 284.



Ofen nach Rafsch. — 1/35 w. Gr.

Klappen *N* die Oeffnungen *L* oder *M* schließt, führt man dem Ofen frische Luft oder Luft des Zimmers zur Erwärmung zu.

Oefen, wie der eben beschriebene, führen häufig den wenig zutreffenden Namen »Ventilationsofen«. Mehrere derselben, so wie zahlreiche Zimmeröfen überhaupt sind in den unten genannten Quellen<sup>196)</sup> beschrieben; es sei auch auf das auf S. 301 aufgenommene Literaturverzeichnis hingewiesen.

Von den Oefen für Sammelheizungen, die früher den Namen Caloriferen führten, nenne ich zunächst den schon erwähnten Schachtofen des Eisenwerkes Kaiserslautern (vergl. Art. 306 u. Fig. 266, S. 281 u. 282).

Der Zutritt der Verbrennungsluft wird durch den Schieber *S* geregelt; die Wände der Feuerstelle sind durch Aus-

mauerung vor übergroßer Erhitzung geschützt. Der Rauch bewegt sich im Schachte *D* zunächst nach oben, durchströmt die Canäle *G* und gelangt, seiner Abkühlung entsprechend, allmählig sinkend durch den Hals *F* zum Schornstein. Die Lage der Rauchwege ist sonach in Bezug auf Wärmeausnutzung sehr zweckmässig; sie ist es nicht weniger in Bezug auf Entrüftung. Nach Lösung der hinter der Thür *P* befindlichen Kopfplatte vermag man mittels einer Bürste mit langem Stiel die Rauchwege *G* zu putzen und Rufs nebst Flugasche in den Raum *F* zu stoßen; von *Q* aus wird der angefammelte Schmutz entfernt. Man vermag ferner, wenn in den Raum *F* ein Licht gehalten wird, von der Oeffnung *P* aus die Innenwände der Rauchwege deutlich zu übersehen und auf ihre Reinheit zu prüfen. Der Ausdehnung der Ofentheile ist dadurch Rechnung getragen, daß der Schacht *AD* nur an seinem unteren Ende gestützt ist, in der Vorderwand der Heizkammer aber sich frei bewegen kann, daß ferner der Hals *F* auf einer Rolle ruht, die auf der Bahn *H* eine bequeme Verschiebung des Ofenhintertheiles vermittelt. Die fast ausschließlich lothrechten Heizflächen sind sowohl in Bezug auf Wärmeabgabe, als auch in Bezug auf Ablagerung des Staubes sehr günstig angelegt; der etwa abgelagerte Staub kann leicht entfernt werden. Die im unteren Theile der Heizkammer eintretende Luft vermag fast ausschließlich in lothrechter Richtung nach oben zu strömen; überall sind reichliche Querschnitte für den Durchlaß der Luft. *E* bezeichnet die Einsteigethür der Heizkammer.

Bemerkenswerth ist der Ofen von *Weibel* in Genf, welchen Fig. 285 im lothrechten, bezw. wagrechten Schnitt wiedergibt.

Die Feuerstelle befindet sich etwa in der Mitte des Ofens; *a* bezeichnet den Planrost, dessen Stäbe sich einerseits gegen die Rostplatte *n*, andererseits auf eine Leiste des Untersatzes *k* stützen. Unter dem Rost befindet sich ein Becken, welches bestimmt ist, Wasser aufzunehmen (vergl. Art. 301, S. 297). Die Feuerstelle ist von gemauerten, mit eisernem Gerüst versehenen Wänden *f* umgeben, deren Außenfläche Seitens der zu erwärmenden Luft nicht befüllt wird. Der Rauch erhebt sich von der Feuerstelle lothrecht nach oben und sinkt dann an drei Seiten der Feuerstelle nach unten, um durch die Blechröhren *l* in die Sammelröhre *m* und von dieser in die zum Schornstein führende Röhre *y* zu gelangen. Der Rauchweg ist in Bezug auf Wärmeabgabe recht zweckmässig, wenn auch die Blechröhrenanord-

327.  
Oefen für  
Feuer-Luft-  
heizungen.

196) SCHOTT, E. Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854.  
Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 327.

nung *lmy* nicht zu loben ist. Um die nöthige Heizfläche zu schaffen, sind der Deckel *h* des Ofens und die Wandungen *g* sowohl gefaltet, als auch an der Außenseite mit Rippen versehen. Die Befestigung des Ruffes und der Flugasche erfolgt nach Wegnahme der Feuerthür *p*, der Aschenfallthür *q* und der Zwischenplatte *r*, welche an den Rahmen *o* geschraubt sind, so wie der Rostplatte *n* nebst den Roststäben, indem ein Arbeiter auf den Boden des Aschenfalls tritt, und mittels eines Besens sowohl die Wände abkehrt, als auch den Boden *i* reinigt, Rufs wie Flugasche aus den beiden, links und rechts von der Aschenfallthür angebrachten Putzöffnungen *s* hinauswerfend. Die Rauchfammelröhre *m* wird von ihren Enden aus gereinigt. Deckel und Boden sind gegen den Mantel durch mit Sand gefüllte Rillen abgedichtet (vergl. Art. 232, S. 214), so daß eine gegenfeitige Beweglichkeit dieser Theile gesichert ist. Ob jedoch der der stärksten Hitze ausgesetzte Deckel, welcher verschiedenartig erwärmt werden wird, durch die verlangten Dehnungen nicht theilweise gesprengt wird, ist mir zweifelhaft. Die Falten des ausgedehnten Deckels werden viel Staub anfammeln, welcher, da man dieselben nicht zu reinigen vermag, recht unangenehme Gerüche entwickeln dürfte. Ueberhaupt ist die enge Einschließung des Ofens Seitens der Heizkammerwände *n* nicht zu loben.

Die zu erwärmende Luft tritt bei *a* ein und verläßt die Heizkammer bei *c*.

Eigenartig ist ein neuerer Feuerluftheizungssofen von *Gebr. Körting* in Hannover eingerichtet. Fig. 286 ist ein theilweiser Längenschnitt, Fig. 287 ein Querschnitt desselben.

In der vorliegenden Figur ist der Ofen mit Füllfeuerung versehen. Dies ist nebenfächlich; man kann ihn eben so wohl — wenn solches vorgezogen wird — mit einem Planrost ausstatten. Immer befindet sich die Feuerstelle in einem gut ausgemauerten eisernen Schachte *A*, aus welchem der Rauch durch den Canal *B* zunächst sich wagrecht fortbewegt. An den mit Steinen ausgefütterten, außen mit Rippen besetzten Canal *B* schliessen sich links und rechts winkelförmig gebogene platte Röhren, welche den Rauch in die Sammelröhren *D* führen; von hier ab gelangt derselbe in den Rauch-Canal *S*. Die zu erwärmende Luft tritt durch *K* unter einen in der Heizkammerfohle befindlichen Schlitz, von diesem aus

Fig. 285.

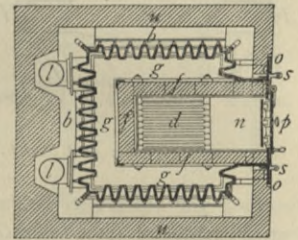
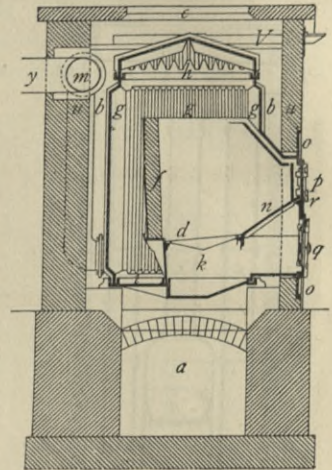
Ofen von *Weibel* in Genf. —  $\frac{1}{50}$  w. Gr.

Fig. 286.

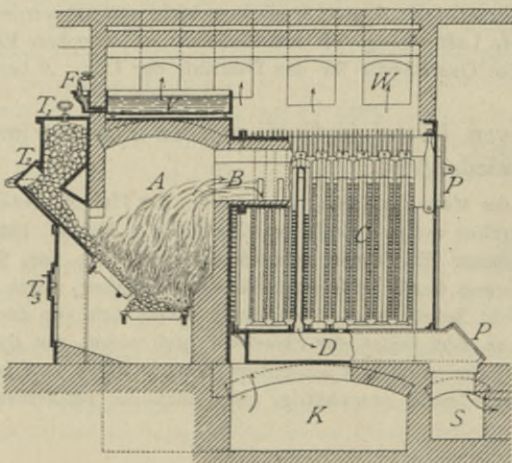
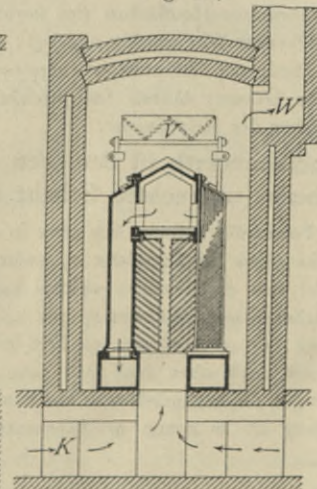


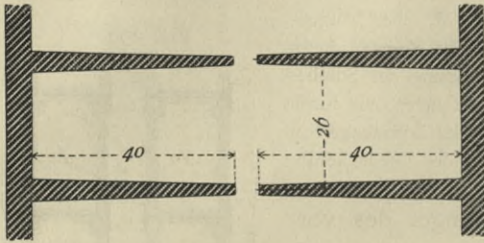
Fig. 287.

 $\frac{1}{60}$  w. Gr.Luftheizungssofen von *Gebr. Körting* zu Hannover.



zwischen den Röhren *D* hindurch und durch die Spielräume, welche zwischen je zwei benachbarten Röhren *C* frei bleiben, in den äußeren Theil der Heizkammer, von wo sie zu den Zimmern, z. B. durch den Canal *W*, emporsteigt. Die breiten Seitenflächen der glatten Röhren *C* sind nun mit schrägen Rippen

Fig. 288.



befetzt, so daß schräg nach oben gerichtete, fast ringsum geschlossene kurze Canäle (Fig. 288) entstehen, welche zu durchströmen die Luft gezwungen wird. Hierdurch erreicht man einerseits, daß die Luft nur einen kurzen Weg längs der Heizflächen zurückzulegen hat, also die Temperatur-Zunahme der Luft eine mäßige ist, ferner, daß die Luft ziemlich gleichmäßig an die Heizflächen vertheilt wird.

Seitens der Verfertiger wird noch behauptet, daß die Luftströmung innerhalb der Canäle eine Staubablagerung verhüte. Das Entrufen des

Ofens findet durch die Putzöffnungen *P*<sub>1</sub> und *P* statt; die winkelförmigen, platten Röhren können nicht mittels einer Bürste durchfahren werden, weshalb stark ruffender Brennstoff für den Ofen unbrauchbar ist. Durch die Seitencanäle gelangt kalte Luft zu den Seitenflächen des Ofentheiles, in welchem sich die Feuerstelle befindet. *V* bezeichnet eine Wasser-Verdunstungschale, *F* den Hahn für dieselbe, *T*<sub>1</sub> und *T*<sub>2</sub> die Einwurftüren für den Brennstoff, von denen je nach Umständen die eine oder andere gebraucht wird, *T*<sub>3</sub> die Achenfallthür mit einem Schieber zum Regeln des Luftzutrittes.

Es sei noch bemerkt, daß es zweckmäßig ist, die Heizkammer weiter, als in Fig. 287 zu machen, um an beide Außenseiten des Ofens gelangen zu können.

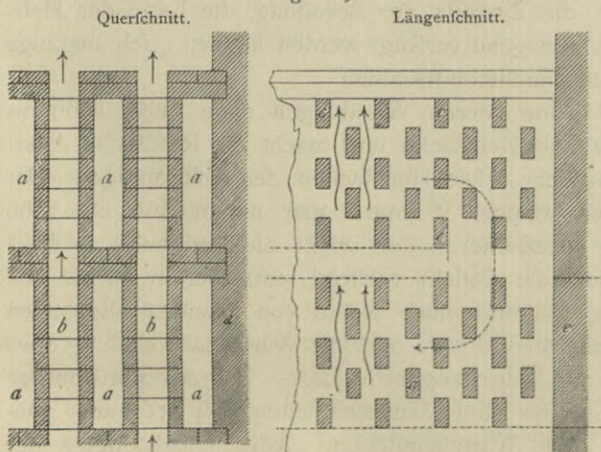
Neuerdings ist diese Ofenart auch in anderer Weise durchgebildet<sup>197)</sup> und dadurch für kleinere Verhältnisse brauchbar gemacht.

Theils um die Temperatur der Heizflächen gering, theils um sie von der wechselnden Wärmeentwicklung unabhängiger zu machen, verfertigen einige Heiztechniker die Oefen ganz aus Steinen. Es mögen hier zwei derartige Oefen kurz besprochen werden. Beide besitzen ihre Feuerstelle im Fusse eines lothrechten Schachtes. Der Rauch tritt am obersten Ende desselben in mehrere neben einander liegende Canäle und strömt in diesen bis nahe an das hintere Ende der Heizkammer, sinkt dann in eine zweite Reihe solcher Canäle, in denen er sich nach vorn be-

wegt u. s. w., bis er endlich aus den unteren Canälen unter Vermittelung eines Sammelcanales in den Schornstein gelangt (vergl. Fig. 279, S. 291). Die Canäle sind durch die Hinterwand der Heizkammer verlängert und dort mit Deckeln versehen, nach deren Entfernung sie bequem geputzt werden können. Sonach ist der Verlauf der Rauchwege ein recht günstiger. In Bezug auf die Einzelausbildung unterscheiden sich beide in Rede stehende Oefen.

Der Ofen von *Wiman*<sup>198)</sup>

Fig. 289.

Luftheizungs-ofen von *Wiman*. —  $\frac{1}{30}$  w. Gr.

<sup>197)</sup> Siehe: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 780.

<sup>198)</sup> Nach: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871, S. 383.

ist theils aus feuerfesten, theils aus gewöhnlichen Ziegeln hergestellt. Die Construction der Rauch- und Luft-Canäle ist aus den beiden lothrechten Schnitten (Fig. 289) erkennbar.

Der Querschnitt läßt die gegenfeitige Lage der Rauch-Canäle *a* deutlich erkennen, während die lothrechten Luftwege *b* durch die Verfeifungssteine *c* theilweise verdeckt sind. Die Rauch-Canäle liegen auch dicht an der Heizkammerwand *d*, was wohl nicht zu loben ist. Der Längenschnitt ist durch die Luft-Canäle geführt. Grundfätzliche Mängel dieses Ofens sind nur die schwierige, bezw. unmögliche Befeitigung des Staubes von den oberen Flächen der Verfeifungssteine *c*, so wie die vielen, nur durch Mörtel gedichteten Fugen, welche den Eintritt erheblicher Luftmengen in die Rauch-Canäle gestatten und dadurch die Nutzleistung des Ofens herabdrücken dürften.

*Gaillard, Haillet & Co.* haben die Mängel des vorhergehenden Ofens theilweise befeitigt<sup>199)</sup>.

Fig. 290 giebt oben einen lothrechten, unten einen wagrechten Schnitt eines Theiles des betreffenden Ofens.

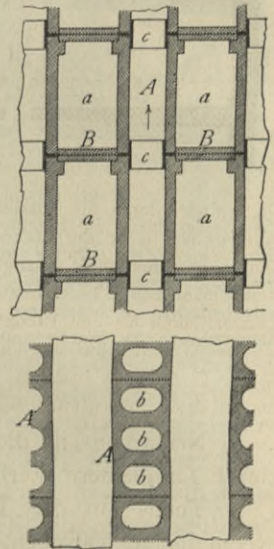
Durch Aufeinandersetzen der Hohlsteine *A* sind die lothrechten Luft-Canäle *b* gebildet; vorpringende Leisten der Steine *A* tragen die Platten *B*, wodurch die wagrechten Rauchwege *a* entstehen. Behuf möglicher Abdichtung der Luft-Canäle *b* gegen die Rauch-Canäle *a* sind erstere an den Fugen der Steine *A* mit eisernen Büchsen *c* versehen.

Die soeben beschriebenen Oefen haben, wie schon erwähnt, auch den Zweck der Wärmeaufnahme, so daß auch bei weniger gleichförmigem Feuer eine gleichförmige Wärmeabgabe vermittelt wird. In welchem Mafse diese Wärmeaufnahme gelingt, ist rechnungsmäßig nicht zu bestimmen.

Die für eine bestimmte Wärmeabgabe erforderliche Heizfläche könnte man bestimmen, indem man die wechselnde Temperatur des Rauches und auch die Temperatur der Luft, welche die Heizflächen zu bespülen hat, zu bestimmen sucht und mit Hilfe der Wärmedurchgangszahlen, die gegeben wurden, rechnet. Das Verfahren ist jedoch nicht allein ein äußerst mühseliges, sondern auch meistens erfolgloses, da die Rauch-Temperaturen, die Einflüsse der Berufung, die Lage der Heizflächen u. s. w. bis jetzt noch nicht genügend verfolgt werden können. Ich begnüge mich daher mit der Angabe einiger Durchschnittszahlen.

Man rechnet für Oefen aus Thon, deren Wandungen dünn sind, 1000 bis 1500 Wärmeeinheiten stündlich für 1 qm Heizfläche und macht die Rostfläche 0,005- bis 0,010-mal so groß, als die Heizfläche. Die Heizflächen der dickwandigen oder Massenöfen liefern selbstverständlich weniger Wärme; man nimmt 500 bis 1000 Wärmeeinheiten stündlich für 1 qm Heizfläche an und wählt die Rostfläche zu 0,016 bis 0,003 der Heizfläche, je nachdem die Absicht vorliegt, entweder in kurzer Zeit so viel Wärme zu entwickeln, wie während einer Reihe von Stunden abgegeben werden soll (Heizung mit aufgespeicherter Wärme), oder die Wärmeentwicklung etwa eben so stattfinden zu lassen, wie die Wärmeabgabe erfolgt. Eiserner, glattwandige Oefen liefern für 1 qm stündlich 1500 bis 2500 Wärmeeinheiten, bei besonders günstiger Einrichtung derselben bis 3000 Wärmeeinheiten. Jedes Quadr.-Meter der Rippenoberfläche vermehrt die Wärmeabgabe um 500 bis 1000 Wärmeeinheiten; die Rostfläche pflegt zwischen dem 0,006- bis 0,010-fachen der Heizfläche gewählt zu werden.

Fig. 290.



Luftheizungs-Ofen von Gaillard, Haillet & Co. — 1/20 w. Gr.

328.  
Erforderliche  
Heiz- und Rost-  
fläche.

199) Nach: Polyt. Journ., Bd. 231, S. 294.

## Literatur

über »Oefen für Einzelheizungen«.

- SCHOTT, E. Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854.
- HERRMANN. Beitrag zur Zimmerheizung mittels Kachelöfen nebst Angabe verschiedener von innen und von außen heizbarer Kachelöfen. Allg. Bauz. 1856, S. 222.
- MANGER. Ruffische Stubenöfen. Zeitfchr. f. Bauw. 1858, S. 259.
- SCHMIDT, E. Kachelöfen für Steinkohlenbrand. Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1859, S. 89. Polyt. Centralbl. 1859, S. 939.
- STAMMAN. Oefen aus Gufseifen. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 110.
- BECKER. Ueber den Nutzen und die Vortheile der Anwendung luftdicht schließender Ofenthüren, so wie über die Nachtheile bei zweckwidriger Behandlung derselben. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1861, S. 24.
- KOCH. Oefen aus Gufseifen mit vergrößerter Heizfläche. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 132.
- LANDAUER. Ueber Cokes- und Steinkohlenöfen zur Beheizung von Zimmern. Polyt. Journ., Bd. 164, S. 101.
- SCHMIDT. Steinkohlenfüllöfen von Gebr. CORNEAU. Polyt. Journ., Bd. 166, S. 183.
- DELABAR. Ueber die Einrichtung, Wirkungsweise und Leistungsfähigkeit des neuen Zimmerofens von SCHIRMER. Polyt. Journ., Bd. 166, S. 258.
- DELABAR. Ueber die weiteren Verbesserungen der neuen Zimmeröfen von SCHIRMER. Polyt. Journ., Bd. 168, S. 17, 114.
- SPILLER, PH. Ueber Beheizungsverfahren und einen neu construirten Stubenofen. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1863, S. 245.
- RÜTHNIK, W. Ueber die Anwendung luftdichter Ofenthüren. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1864, S. 153.
- MOUSSERON. *Nouveau foyer pour le chauffage des appartements. Nouv. annales de la const.* 1864, S. 44.
- JOHANNY, R. Rauchverzehrende Oefen. Zeitfchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1864, S. 113.
- SCHNUHR. Chamottekasten für Cokesheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 77.
- HERRMANN. Zimmeröfen mit Luftkasten und fenkrechten Rauchzügen. Allg. Bauz. 1865, S. 125.
- STAIB. Vervollkommnung von Heizapparaten. Allg. Bauz. 1865, S. 333.
- GRAFF. Ueber einen Ventilations-Zimmerofen. Polyt. Journ., Bd. 177, S. 367.
- REGNAULT & CHEVREUL. Ueber die vermeintliche Ungesundheit gufseiferner Zimmeröfen. Polyt. Journ., Bd. 177, S. 408.
- Heizapparat mit gefättigter Luft. Allg. Bauz. 1866, S. 203.
- BREMEN. Stubenöfen aus Blech. Polyt. Centralbl. 1866, S. 378.
- Verhältnisse der gewöhnlichen Zimmeröfen sowie der mit Ventilation verbundenen Luftkastenöfen zu den geheizten oder ventilirten Räumen. Allg. Bauz. 1867, S. 242.
- Circulationsöfen. Allg. Bauz. 1867, S. 290.
- Ueber Zimmeröfen und Luftheizungs-Apparate. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1867, S. 141, 263.
- Ofen-Regulator. Deutsche Bauz. 1867, S. 392.
- Leistungsfähigkeit verschiedener Oefen. Deutsche Bauz. 1867, S. 476.
- DOBB's Zimmeröfen. Polyt. Centralbl. 1867, S. 241.
- TREUDING. Ueber fehlerhafte Construction von Kachelöfen. Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 326, 462.
- Vorfichtsmaßregeln gegen Entwicklung von Kohlenoxyd-Gas. Deutsche Bauz. 1867, S. 509; 1868, S. 61.
- Nachtheile der eisernen Oefen. Deutsche Bauz. 1868, S. 203.
- Apofte-Oefen. Deutsche Bauz. 1868, S. 482.
- LERAS. Ventilöfen. Maschin.-Confr. 1868, S. 43.
- BUCHNER, O. Ueber Ofenheizung aus der Pariser Ausstellung. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1868, S. 21.
- BOYER. Ventilations-Oefen. Allg. Bauz. 1868—69, S. 215.
- Coaksofen zur Zimmerheizung, theils aus Thon, theils aus Eifen erbaut. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1869, S. 457.
- KÖNIG's Coaksofen zur Zimmerheizung. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1869, S. 458.
- Verjüngt (von unten nach oben) construirte Züge für Stubenöfen zur Brennmaterial-Ersparnis und Vermeidung von Rußverstopfung. Maschin.-Confr. 1869, S. 254.
- Ventilations-Oefen. Deutsche Bauz. 1869, S. 27.
- Les inconveniens hygiéniques des poêles en fonte. Moniteur des arch.* 1869, S. 120, 141.
- MORLOK, G. Die Heizung durch Zimmeröfen. Stuttgart 1870.

- Bericht der Commission des Vereins der Gasfachmänner Deutschlands über die eingegangenen Concurrenz arbeiten für die Construction zweckmäßigster Stubenöfen zu Gascoke. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1870, S. 601.
- Oefen für Bahnwärterbuden. Deutsche Bauz. 1870, S. 91.
- Oefen für Arbeiter-Wohnungen. Deutsche Bauz. 1871, S. 222.
- WOLPERT. Die patentirten WOLPERT'schen Füllöfen. Zeitschr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1871, S. 12.
- Die MEIDINGER'schen Regulirfüllöfen und WOLPERT'schen Oefen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 87, 97. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1871, S. 389.
- RIST-KUSTERMANN. Regulir-Füllöfen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 104.
- HAILER. RIST-KUSTERMANN's pat. Regulirfüllöfen. Polyt. Centralbl. 1871, S. 220.
- WIEDERHOLD. Ueber einige Zimmeröfen neuer Construction. Polyt. Centralbl. 1871, S. 766.
- Amerikanischer hygienischer Heizofen, zugleich ventilirend. Maschin.-Constr. 1871, S. 285.
- MEIDINGER's Füllöfen. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1871, S. 140.
- CORDES. Patentregulirofen. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1871, S. 141.
- OPDENHOFF. Glafirter Chamotteofen. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 173.
- HEINO. Ofen. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 173.
- ZWICK, H. Die Zimmer-Oefen der letzten 10 Jahre. Leipzig 1874.
- KAMMERER. Füllöfen für Zimmerheizung. Polyt. Journ., Bd. 212, S. 79.
- BLAZICEK's neue Ofenconstruction. Polyt. Centralbl. 1874, S. 1275. Maschinenb. 1874, S. 390.
- BLAZICEK. Füllöfen. Maschinenb. 1875, S. 207.
- HOTOP. Ueber einen verbesserten thönernen Zimmerofen. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1351.
- Ueber Stuben- oder Zimmeröfen. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1875, S. 6, 24, 37, 52, 70.
- Füll-Regulir-Oefen. Deutsche Bauz. 1869, S. 237; 1875, S. 78; 1876, S. 48.
- Verbesserte Kachel-Oefen. Deutsche Bauz. 1876, S. 94.
- ZWILLINGER, A. Von den Stuben-Oefen. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1876, S. 97, 117, 161, 200.
- BROC. Ventilationsöfen für Steinkohlen etc. Maschin.-Constr. 1876, S. 363.
- Stubenöfen, genannt Kaminkefföfen. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1877, S. 93.
- Der Zimmerofen von HOTOP. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1877, S. 26.
- STÜBBEN. Construction einiger neuen Zimmeröfen. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1877, S. 46.
- MEIDINGER. PERRY's (amerikanischer) Füllöfen. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 203; Bd. 226, S. 117.
- BLAZICEK. Ventilirofen. Maschinenb. 1877, S. 402.
- BOSC, E. *Un nouvel appareil de chauffage.* Gaz. des arch. et du bât. 1877, S. 289.
- SCHMÖLCKE's patentirter Ventilationsofen für Luftab- und -zuführung. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 329.
- Univerfal-Heizapparat. Patent BLAZICEK. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 149.
- Der Zimmer-Schachtofen des Eisenwerks Kaiserslautern. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 194.
- Der Pfälzer Ofen des Werkes Kaiserslautern. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 348.
- WOLFFHÜGEL, G. Kohlenoxyd und gusseiserne Oefen. Zeitschr. f. Biologie 1878, S. 506.
- FISCHER, F. Zur Heizung mit Stubenöfen. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 322.
- GROTEFEND's Regulir-Füllöfen. Maschinenb. 1878, S. 123.
- WÄCHTLER. Wiener Sparöfen. Techn. Bl. 1878, S. 157.
- Die Reform des Kachelofens. Thonind.-Ztg. 1878, S. 339.
- FISCHER, F. Ueber neuere Heizversuche an Zimmer-Oefen. Deutsche Bauz. 1879, S. 242.
- LENTZ. Heizung für größere Räume. Wochsch. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 482.
- Die Ausstellung von MARCUS ADLER, Fabrik wirthschaftlicher Heiz- und Kocheinrichtungen. Rohrleger 1879, S. 209.
- WOLPERT's Strahlenraum-Ofen. Zeitschr. f. Baukde. 1879, S. 65.
- FISCHER, F. Ausnutzung der Brennstoffe durch Zimmeröfen. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 133.
- STEINMANN. TÄUBRICH's Ventilationsmantelöfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 105.
- WOLPERT's Strahlenraumofen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 458.
- Description des poêles à double circulation d'air employés au collège du Locle.* Eisenb., Bd. 10, S. 77.
- Bringen gusseiserne Oefen die Gefahr der Vergiftung durch Kohlenoxyd? Gefundheit 1879, S. 226.
- WIMAN's Kachelöfen. Wochsch. d. Ver. deutsch. Ing. 1880, S. 7.
- Zerlegbarer eiserner Mantelofen mit innerem Lusterhitzungsrohr von E. F. O. BERNHARD. Baugwks.-Ztg. 1881, S. 17.

- Patentirter Ofen mit Ventilations-Einrichtung und Sicherheitsklappe. Deutsche Bauz. 1881, S. 167.  
 Neuer Ventilations-Zimmerofen von SCHNELL und SCHNECKENBURGER. Schweiz. Gwbl. 1881, S. 174.  
 Neue Ofenconstruction. Deutsche Bauz. 1881, S. 218.  
 Neue Kachelofen-Konstruktion von A. und E. BRUCKS. Deutsche Bauz. 1882, S. 37.  
 BRÜMSER, F. Die Ofen- und Glafurfabrikation nach dem jetzigen Stande dieser Industrie etc. Weimar 1884.  
 Der Ofen. Gefundh.-Ing. 1884, S. 185.  
 Eiserne Zimmeröfen. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 2.  
 Les nouveaux appareils de chauffage domestique. Nouv. annales de la const. 1887, S. 37.

## Literatur

## über »Feuer-Luftheizung«.

- BRUCKMANN, J. A. v. Beitrag zu der Luftheizung. Mergentheim 1829.  
 WILLIAMS. Ueber den Gebrauch heißer Luft bei Heizungsanlagen. *Mechan. magaz.*, Bd. 61, S. 491.  
 Ofen zur Luftheizung von Chamottesteinen in der Ulanen-Caferne zu Moabit bei Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1851, S. 258.  
 Ofen zur Luftheizung von Eisen nach FELD'scher Construction. *Zeitschr. f. Bauw.* 1851, S. 260.  
 JANNIARD, H. *Des appareils calorifères en général et de celui de M. FONDET en particulier. Revue gén. de l'arch.* 1853, S. 166 u. Pl. 18.  
 JOHANNY. Erfahrungen in Betreff der Luftheizung. *Allg. Bauz.* 1855, S. 235.  
 VINEY. *Calorifère.* *Allg. Bauz.* 1855, S. 389.  
 BARTLETT. Luftheizungsöfen. *Scientific American*, Bd. 4, S. 113.  
 LÜBKE. Praktische Bemerkungen über Luftheizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1857, S. 509.  
 HENNICKE. Ueber Luftheizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1859, S. 5.  
 Ueber Luftheizung. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1859, S. 49.  
 Ueber Luftheizungsanlagen. *Pract. mech. journ.*, 2. Folge, Bd. 3, S. 88.  
*Chauffage général d'une maison à loyer économique par un appareil à air chaud du système GROUVELLE. Nouv. annales de la const.* 1860, S. 42.  
 Heizungs-Canäle für Luft und Dampf. *Zeitschr. f. Bauw.* 1861, S. 303.  
 Heizapparat mit erwärmter Luft. *Allg. Bauz.* 1861, S. 247.  
 Luftheizungsöfen, construirt von SCHWATLO. *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 652.  
 CAMPF. Ofen für Luftheizung. *Scientific American*, Bd. 5, S. 216.  
 Heizapparat mittels heißer Luftströmungen zum Heizen der Wohnzimmer, der Verwaltungsbureaux etc. *Allg. Bauz.* 1864, S. 6.  
 BÖCKMANN. Erfahrungen bei Anwendung von Luftheizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1867, S. 433.  
 Ueber Zimmeröfen und Luftheizungs-Apparate. ROMBERG's *Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1867, S. 141, 263.  
 CERBELAUD. *Calorifère à air chaud et à eau chaude. Nouv. annales de la const.* 1867, S. 147.  
 GAILLARD & HAILLOT. *Calorifère vertical entièrement en fonte. Nouv. annales de la const.* 1868, S. 51.  
 GAILLARD & HAILLOT. *Calorifère à lames ondulées entièrement en fonte. Nouv. annales de la const.* 1868, S. 52.  
 TRESCA. *Expériences exécutées sur un calorifère, présenté par M. M. WEIBEL & Cie. Annales du conserv. des arts et métiers*, Bd. 8, S. 225.  
 BROC. Central-Luftheizöfen. *Polyt. Centralbl.* 1869, S. 1544.  
 TRESCA. *Expériences sur un calorifère en briques réfractaires creuses construit par M. M. GAILLARD ET HAILLOT. Annales du conserv. des arts et métiers*, Bd. 8, S. 392. *Maschin.-Constr.* 1870, S. 216.  
 WIMAN, E. A. Luftheizungs-Calorifère aus Ziegeln. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1871, S. 383.  
 INTZE. Centralheizöfen. *Polyt. Centralbl.* 1874, S. 1068.  
 REINHARDT. *Air-heating apparatus. Engng.*, Bd. 18, S. 253.  
 MEISSNER's Luftheizung. *Maschin.-Constr.* 1875, S. 291, 309.  
 FISCHER & STIEHL. Neuer Luftheizapparat. *Maschinenb.* 1875, S. 201. *Polyt. Centralbl.* 1875, S. 1009.  
 Verbesserter Luftheizapparat. *Maschin.-Constr.* 1875, S. 190.  
 KELLING. Luftheizungsöfen. *Maschin.-Constr.* 1875, S. 345.  
 FRANCHOT. *Calorifère à air chaud. Revue gén. de l'arch.* 1875, S. 157.  
 REINHARDT, J. H. Ueber Luftheizungen. *Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öff. Gesundheitspfl.* 1876, S. 49.  
 FISCHER & STIEHL. Neue Luftheizung. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1876, S. 24, 39.  
 Ueber Luftheizungen. *Eisenb.*, Bd. 6, S. 7, 15, 29, 38, 79.

- WOLPERT. Ueber Luftheizung. Maschinenb. 1877, S. 329.
- Poêle-calorifère en fonte. Système* CHIACOMETTI. *Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 235.
- GOTTSCHALK, F. Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxydes in sehr kleinen Mengen und einige Bemerkungen zu der fog. Luftheizungsfrage. Leipzig 1878.
- DIETRICH & Cie. *Calorifères. Revue industr.* 1878, S. 44.
- RIETSCHEL. Ueber Luftheizung. Deutsche Zeitschr. f. prakt. Med. 1878, S. 595.
- Ueber die Luftheizung. Rohrleger 1878, S. 177, 195, 213, 229, 247, 267, 285.
- PAUL's patentirter Luftheizapparat. Maschinenb. 1879, S. 147.
- Neuere Luftheizapparate. Maschinenb. 1879, S. 327.
- LASIUS, G. Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung. Eisenb., Bd. 11, S. 145, 151.
- THOMS, G. Ueber Luftheizung. Rigafche Ind.-Ztg. 1879, S. 89.
- HELLER. Ueber die Luftheizung. Viert. f. ger. Medicin 1879, S. 160.
- Technische Mittheilungen des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. 17. Heft: Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung. Von G. LASIUS. Zürich 1880.
- ZIUREK. Gutachten, betreffend die Beschaffenheit der Zimmerluft in den mit Luftheizung versehenen Schulclassen des französischen Gymnasiums und der Vorschule des Friedrich-Wilhelms-Gymnasiums zu Berlin in gesundheitslicher Beziehung. Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 237.
- SCHWATLO's Luftheizungs-Apparat. Deutsche Bauz. 1880, S. 125.
- FISCHER & STIEHL. Verbesserungen an Luftheizungs-Einrichtungen. Deutsche Bauz. 1880, S. 459.
- WUTTKE, O. Central-Luftheizungs-Anlagen ohne Beiordnung von Centrifugal-Ventilatoren. Rohrleger u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 66.
- Calorifère à air chaud* de M. NICORA. *Revue industr.* 1880, S. 23.
- Das neue Luftheizungssystem des Professors PINZGER. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 211.
- FISCHER & STIEHL. Verbessertes Luftheizungssystem. HAARMANN's Zeitsch. f. Bauhdw. 1881, S. 150, 158.
- Circular-Erlafs des preufs. Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 28. Jan. 1882, betreffend das Reinigen der Luftzuführungs-Canäle und Heizkammern bei Luftheizungen. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 45.
- Luftheizofen (*Calorifère*) von HECKMANN, ZEHENDER & KÄUFFER, Mainz. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 241.
- LENZNER. Das WUTTKE'sche System der Pulsions-Central-Luftheizung und Ventilation etc. Danzig 1884.
- KEIDEL's Luftheizung für Schulen, Krankenhäuser, Säle, Theater u. dergl. Gefundh.-Ing. 1887, S. 579.

### 3) Vermittelung durch feste Wände und Wasser, bezw. Dampf. (Wasser- und Dampfheizung.)

329.  
Erzeugung  
des  
Dampfes.

Es kann nicht die Aufgabe der nachfolgenden Erörterungen sein, eine Beschreibung, bezw. Erörterung der verschiedenen Dampfkeffelarten zu liefern. Ich begnüge mich hinsichtlich der größeren Dampfentwickler zu bemerken, daß unter bewohnten Räumen nur solche zulässig sind, welche einen sehr kleinen Wasserraum besitzen, und füge hinzu, daß 1 qm Heizfläche durchschnittlich 10 bis höchstens 15 kg Dampf stündlich liefert.

Den Dampfentwicklern für Niederdruck-Dampfheizungen gebührt hier ein breiterer Raum, seitdem die letzteren in größerem Umfange zur Anwendung kommen. Sie fallen unter den § 18, Absatz 15 der polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkeffeln (Erlafs des Reichskanzlers vom 29. Mai 1871), nach welchem solche Dampfentwickler, deren Wasserraum mittels einer mindestens 0,08 m weiten, höchstens 5 m hohen Röhre, der fog. Standröhre, mit der Atmosphäre in freier Verbindung steht, einer polizeilichen Beaufsichtigung nicht unterliegen.

Kennzeichnend für die gebräuchlichen Niederdruck-Dampfkeffel ist ferner, daß man bei ihnen die Dampf-, also die Wärmeentwicklung durch selbstthätige Regelung des Luft-Zutrittes zum Brennstoff dem jederzeitigen Bedarfe anzupassen sucht. Deshalb sind von den festen Brennstoffen nur nicht backende und schwer vergasende (also nur Coke und Anthracit) verwendbar. Aber selbst diese würden bei Beschränkung des Luftzutrittes unvollkommen verbrennen (zu Kohlenoxydgas umgewandelt werden),

wenn nicht durch entsprechend rasche Wärme-Abfuhr das Glühen zu großer Brennstoffmengen verhütet würde. Es sind daher stets die Wände der Feuerstelle durch die vom Wasser befüllten Wände des Kessels gebildet.

Als Beispiele dieser Dampfkessel mögen folgende dienen.

a) Niederdruck-Dampfkessel von *Bechem & Poff* in Hagen. Das Wesen desselben erläutert Fig. 291, welche ihn in lothrechttem Schnitt darstellt<sup>200)</sup>. In der Mitte des lothrecht aufgestellten Kessels befindet sich ein Füllschacht zur Aufnahme einer größeren Brennstoffmenge. Derselbe mündet unten in eine den Kessel quer durchschneidende wagrechte Röhre *G*; der auf zwei eisernen Trägern ruhende Kessel kommt nur mit seinem oberen Rande in der Nähe der Feuerthür *B* und längs einer Zunge *H*, die an den hinteren Rand von *G* sich anschliesst, mit dem Mauerwerk in Berührung. Die Verbrennungsluft, deren Menge durch einen vor dem Kesselmauerwerk aufgestellten Regler (vergl. weiter unten

bei *F* ein, jenseits des Cokehaufens — links in Bezug auf die Figur — aus der Röhre *G* in den den Kessel umgebenden Hohlraum, wendet sich nach oben und vorn, überschreitet den Hals, welcher wegen der Feuerthür gegen den Kessel gemauert ist, in der Richtung nach hinten, befüllt die hintere Hälfte des Kessels und entweicht schliesslich dicht hinter der Zunge *H* in den zum Schornsteine führenden (punktirt gezeichneten) Rauch-Canal *I*. Diese Rauchführung gestattet, die im Feuer sich bildenden Schlacken einfach nach hinten zu stofsen; fallen dabei auch einige noch brauchbare Cokestücke in den Aschenraum, so können sie bei dessen wöchentlich ein- oder zweimal vorzunehmender Leerung leicht wiedergewonnen werden. Die

Fig. 291.

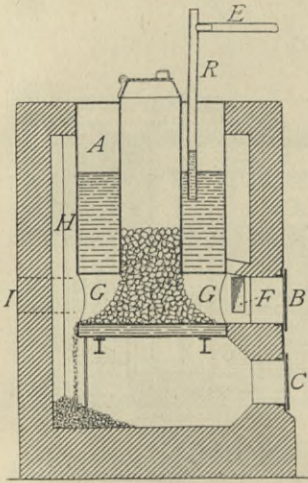
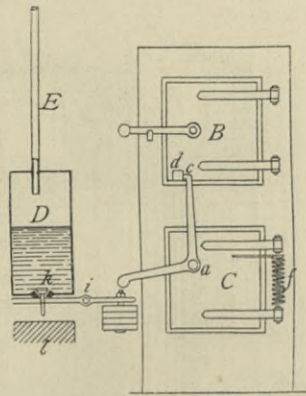
Niederdruck-Dampfkessel von *Bechem & Poff* in Hagen.

Fig. 292.



Einrichtung gestattet ferner — nach Verlöfchen des Feuers —, vom Aschenraume aus die Aussenfläche des Kessels zu reinigen und zu besichtigen.

Bei grösserer Weite der Röhre *G* wird der Fuss der Cokefüllung recht breit, so dass das eigenmächtige Herausfallen der Coke zu befürchten steht. Um dies zu verhüten, werden einige lothrechte Stäbe angebracht, welche an der Kante der Röhre *G* und der Füllröhre befestigt sind. Im Directions-Gebäude der Lagerhausgesellschaft im Freihafen zu Hamburg, welches *R. O. Meyer* daselbst mit der Heizungs-Anlage versehen hat, sah ich zu gleichem Zwecke *Field*-Röhren angewendet.

Mit dem Kessel ist eine Sicherheitsvorrichtung verbunden, welche Fig. 292 darstellt. Die Feuerthür *B* wird mittels einer gewöhnlichen Klinke geschlossen, die Aschenfallthür *C* mittels eines Winkelhebels, der sich bei *a* um einen in *C* befestigten Bolzen dreht und bei *c* mit einer Nase in eine an *B* befestigte Oefse *d* greift. Es kann somit zwar die Thür *C* für sich geöffnet werden, nicht aber die Thür *B*. Werden aber beide Thüren gemeinsam geöffnet, so zieht der Schornstein die Luft nicht durch das Feuer, sondern auf dem bequemeren Wege unter dem Kessel hindurch heran, wodurch eine Steigerung der Dampfentwicklung in Folge unvorrichtigen Thürenöffnens unmöglich gemacht wird.

*R* in Fig. 291 bezeichnet die Standröhre, von welcher die Röhre *E* in solcher Höhe sich abzweigt, dass die Wasserfäule zwischen *E* und dem Wasserpiegel im Dampfenwickler dem höchsten Dampfdrucke entspricht. Sobald nun, trotz des Verbrennungsreglers, der in Aussicht genommene höchste Dampfdruck überschritten wird, fließt Wasser durch *E* ab, und zwar in das an einem belasteten — nicht gezeichneten — Hebel hängende Gefäss *D* (Fig. 292). Dieses senkt sich, stößt gegen den Hebel *i*, welcher gegen den links liegenden Arm des an *C* befestigten Winkelhebels wirkt, schiebt dadurch *c* aus *d* und gestattet der gespannten Feder *f*, die Thür *C* zu öffnen, wodurch die kalte Luft freien Zutritt zum Schorn-

<sup>200)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 392.

steine erhält. Wenn man die Nafe *c* von links in die Oefen *d* greifen läßt, so kann man den Zwischenhebel *i* sparen. Das Ventil *k* bewirkt, indem sein Stiel auf *l* stößt, die selbstthätige Entleerung des Gefäßes *D*.

Wenn man auch auf die selbstthätige Oeffnung der Thür *C* verzichtet, so wird doch stets die Einrichtung getroffen, daß *B* nicht ohne *C* geöffnet werden kann, was man durch eine an *C* befestigte Schiene erreicht, welche fest auf den Rand der Thür *B* drückt.

Der Deckel des Füllschachtes muß dicht schließeln. Läßt derselbe Luft durch, so wird letztere durch das Feuer gefaßt und facht dieses an, so daß die Regelung des Luft-Zutrittes unwirksam wird.

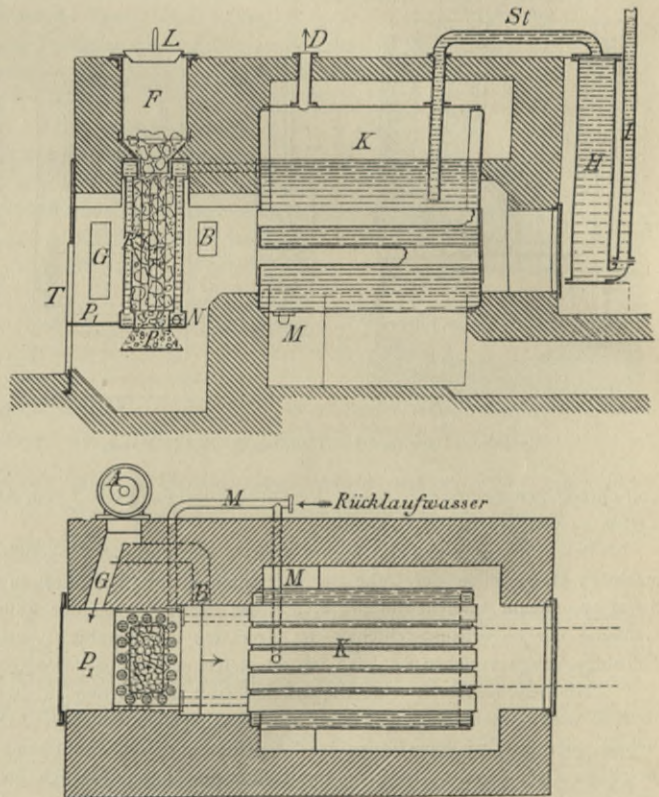
Mit dem Kessel verbindet man, behuf Beobachtung des Wasserinhaltes desselben, ein Wasserstandsglas. Die regelmäßige Speifung des Kessels erfolgt durch das selbstthätig zurückfließende Wasser; nur zum Ersatz durch Undichtheiten verlorenen Wassers ist eine besondere Speifung erforderlich, die meistens unmittelbar durch die Wasserleitung des Hauses bewirkt wird.

β) In mancher Beziehung ist mit dem soeben beschriebenen Dampfwärmer derjenige von Gebr. Körting in Hannover verwandt, welcher durch Fig. 293 in lothrechttem und in wagrechttem Schnitt<sup>201)</sup> dargestellt ist. Der Rost *R* besteht

aus zwei wagrechten, hohlen Ringen rechteckigen Querschnittes, welche durch zahlreiche lothrechte Röhren verbunden sind. Unter dieser korbartigen Bildung ist eine Platte *P* angebracht, auf welcher die Füllung des Rostes ruht. *F* ist ein Vorrathsbehälter und *L* dessen luftdicht schließender Deckel. Der Hohlraum des beschriebenen korbartigen Rostes *R* ist mit Wasser gefüllt, welches unten eintritt und oben nach dem Kessel *K* abfließt. Nachdem das Feuer einige Zeit im Betriebe gewesen ist, liegt auf der Platte *P* nur Schlacke, bezw. Afche, welche nach Bedarf leicht nach hinten gestofsen werden kann, da der Haufen in der Richtung des thätigen Schürwerkzeuges nur schmal ist. Bei dieser Arbeit kann eine gefährliche Steigerung der Dampfentwicklung nicht eintreten, weil bei *N* ein Spalt kalte Luft frei einströmen läßt, sobald die Afchenfallthür geöffnet ist. Es leidet der Rost an dem Uebelstande, daß — wenn die Brennstoffstücke nicht die geeignete Größe haben — das Nachrutschen nicht ganz regelmäßig erfolgt. Man ordnet alsdann das Feuer mittels eines Spießes, der zwischen den vorderen Röhren hin-

durch geschoben wird. Hierbei kann ebenfalls kalte Luft frei durch den Spalt *N* eintreten, indem die Thür *T* des Feuerraumes mit der Afchenfallthür aus einem Stücke hergestellt ist, also die in Rede stehende Arbeit ohne Oeffnen des Afchenraumes nicht vorgenommen werden kann. Der Verbrennungsregler *A* liefert durch den Canal *G* die das Feuer nährende Luft; übersteigt der Dampfdruck eine gewisse Höhe, so läßt der Verbrennungsregler — vermöge des Canales *B* — auch kalte Luft hinter den Rost, so daß nicht allein die auf den Rost wirkende Saugkraft geschwächt, sondern auch der Kessel *K* unmittelbar ge-

Fig. 293.



Niederdruck-Dampfkessel von Gebr. Körting zu Hannover.

ca. 1/40 w. Gr.

<sup>201)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869, S. 562.



Fig. 294.

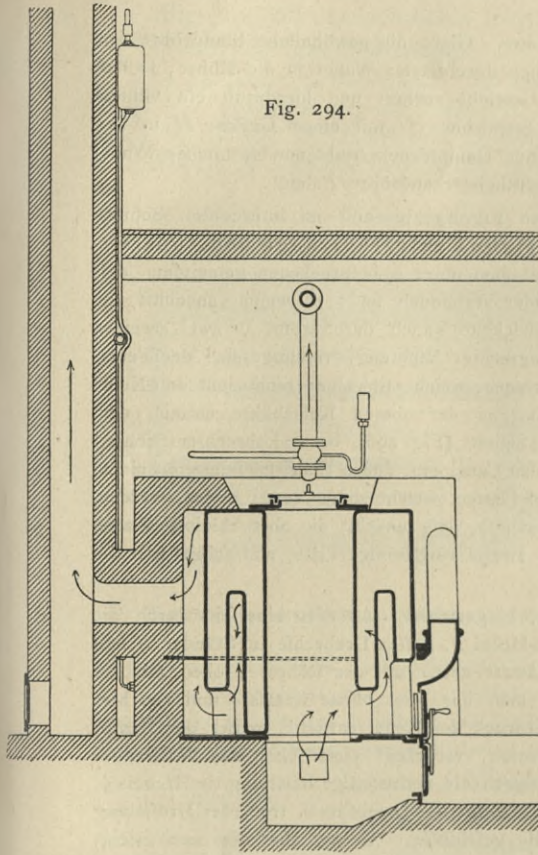


Fig. 295.

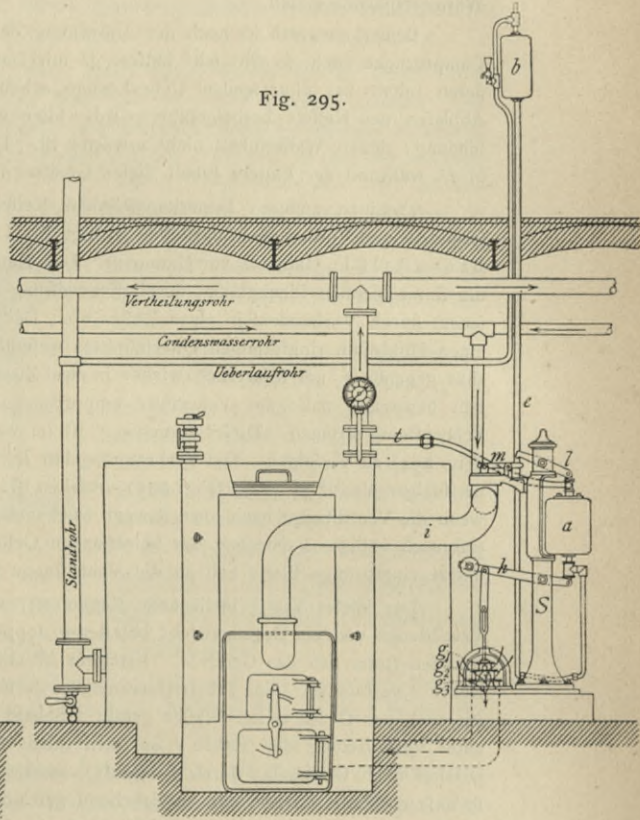
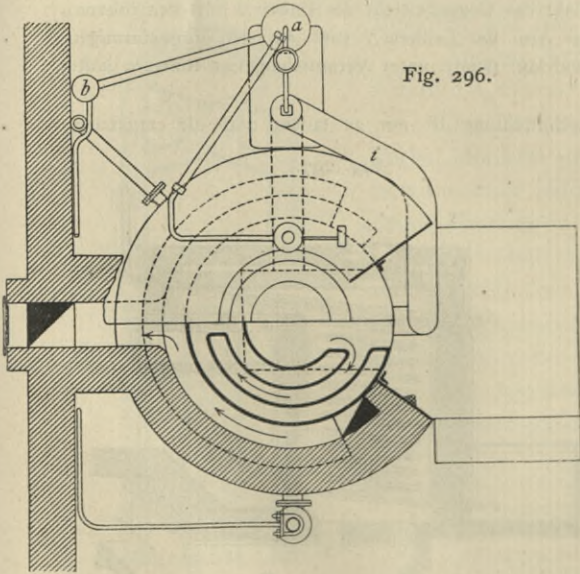


Fig. 296.



Niederdruck-Dampfkessel  
 der  
 Hannoverfchen Centralheizungs-  
 und Apparate-Bauanstalt  
 in  
 Hainfadt vor Hannover.

1/40 w. Gr.

kühlt wird. Man hat indeffen neuerdings vorgezogen, diese kalte Luft — statt zwischen Rost und Kessel — unter Umgehung des Kessels in den Schornstein zu leiten und hierdurch eine nennenswerthe Wärmefersparnis erzielt.

Bemerkenswerth ist noch die Anordnung der Standröhre. Giebt die gewöhnliche Standröhre dem Dampfdrucke nach, so tritt sehr heisses, ja mit Dampfbläschen durchsetztes Wasser in die Röhre, so dass deren Inhalt bei eintretendem Ueberkochen erheblich an Gewicht verliert und hierdurch ein völliges Abblafen des Kessels herbeigeführt wird. Hier steht die Standröhre *St* mit einem Gefässe *H* in Verbindung, dessen Wasserinhalt nicht erwärmt ist. Der steigende Dampfdruck treibt nun das heisse Wasser in *H*, während der kältere Inhalt dieses Gefässes in die eigentliche Standröhre *I* steigt.

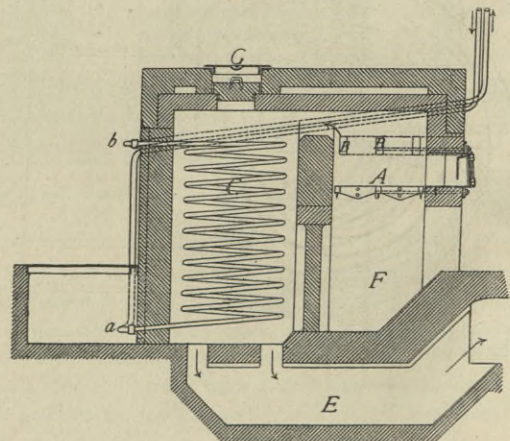
γ) Einen anderen bemerkenswerthen Kessel, welchen Fig. 294 bis 296 im lothrechten Schnitt, Grundriss und Vorderansicht darstellen, fertigt die Hannover'sche Centralheizungs- und Apparate-Bauanstalt in Hainholz vor Hannover. Der Kessel hat mit dem unter  $\alpha$  besprochenen gemeinsam, dass die ihn bildenden Blechplatten durch Schweissung mit einander verbunden sind; er weicht zunächst von jenem durch Vorhandensein eines Rostes ab. Der hier entwickelte Rauch durchströmt in zwei Zweigen einen Hohlraum ringförmigen Querschnittes wesentlich in wagrechter Richtung, vereinigt sich der Feuerthür gegenüber, um sofort sich wieder in zwei Zweige zu zerlegen, welche links und rechts um den Kessel sich bewegen, nahe der Feuerthür emporsteigen und dann an der oberen Kesselhälfte entlang dem Schornsteine strömen. Dieser Rauchweg ist im wagrechten Schnitt (Fig. 296), bezw. lothrechttem Schnitt (Fig. 294) zu verfolgen. Die Verbrennungsluft tritt durch den Canal ein, dessen Eintrittsöffnung mit einem dreifitzigen Ventil  $g_1 g_2 g_3$  (Fig. 295) versehen ist. Die drei Platten, welche dieses Ventil bilden, werden, wenn die Ventiltange nach oben bewegt wird, gehoben, jedoch so, dass zunächst die obere kleinste Platte, erst nach völliger Freilegung der betreffenden Oeffnung die zweite ringförmige Platte und schliesslich die untere ringförmige Platte sich an die Ventiltange hängt.

Der dieses Ventil bedienende Regler ist, wie folgt, eingerichtet. Auf den einerseits durch die Ventiltange und ein Gegengewicht belasteten doppelarmigen Hebel *h*, dessen Drehachse im Ständer *S* sich befindet, stützt sich das Gefäss *a*. Letzteres ist mittels Schläuche unten mit der Röhre *e*, oben mit der Röhre *t* verbunden. Vor Inbetriebnahme des Kessels hatte man das oben offene Gefäss *b* und von hier aus auch das Gefäss *a* mit Wasser gefüllt. Sobald ein Ueberdruck im Kessel entsteht, wirkt der Dampf unter Vermittelung der Röhre *t* auf den Inhalt des Gefässes *a*, verdrängt einen Theil des Wassers — welcher nach Umständen durch *b* abläuft — und mindert dadurch die rechtsseitige Belastung des Hebels *h*, so dass das Lufteintritts-Ventil entsprechend geschlossen wird. Steigt der Dampfdruck trotz der Drofflung des Luft-Zutrittes weiter, so wird schliesslich das Ventil völlig geschlossen. Genügt aber dies noch nicht, um das Steigen des Dampfdruckes zu hindern, so sinkt das Gegengewicht des Hebels *h* mit dem oberen Theile der Ventiltange noch weiter; der linksseitige Arm des Lenkers *l* trifft auf den doppelarmigen Hebel *m*, hebt das an diesem hängende Luftventil und lässt damit, unter Vermittelung der Röhre *i*, kalte Luft in die Rauch-Canäle strömen.

An dieser sonst sehr hübschen und wirkamen Einrichtung ist nur zu tadeln, dass die regelnden Theile den spielenden Händen unverständiger Menschen preisgegeben sind; man sollte das Ganze mit einer hiergegen sichernden Hülle versehen.

Die Feuerstellen der zum Erwärmen des Wassers dienenden Einrichtungen sind von den Feuerstellen überhaupt nicht verschieden; sie selbst unterscheiden sich hauptsächlich wegen der Verschiedenheit des Druckes, der in ihnen eintreten kann. Die Wärmeaufnehmer der Hochdruck-Wasserheizungen sind deshalb ausschliesslich aus eben solchen Röhren gebildet, wie sie zur Leitung des Wassers verwendet werden, während diejenigen der Nieder-

Fig. 297.

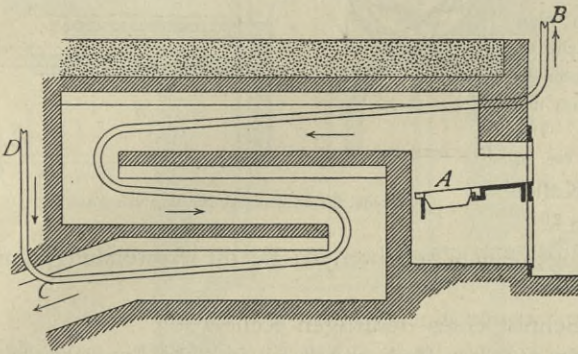
Feuerchlange für Hochdruck-Heizung. —  $\frac{1}{60}$  w. Gr.

druck-Wasserheizungen vielfach an die Gestalt der Dampfkeffel erinnern, bezw. Keffel sind.

Fig. 297 ist der lothrechte Durchschnit eines gebräuchlichen Wärmeaufnehmers für Hochdruck-Wasserheizungen.

*A* bezeichnet die Feuerstelle. Die Luft-Zufuhr erfolgt theils durch die Roßpalte, theils durch feitlich der Feuerstelle liegende Canäle *B*, welche über dem Roß in den Feuerraum münden. Der Rauch überschreitet die Feuerbrücke, befüllt niedersteigend die schraubenförmig gebogenen Röhren *C* und entweicht in den Rauch-Canal *E*. Das zu erwärmende Wasser tritt bei *a* ein und verläßt die Schlange bei *b*. Die Hinterwand des Afchenfalles *F* ist »verloren« gemauert, so daß sie ohne große Umstände entfernt, somit die Feuerchlange zugänglich gemacht werden kann. Die Klappe *G* gestattet nach ihrer Oeffnung das Reinigen der Röhrenchlange von Flugasche.

Fig. 298.



Wassererwärmer für Hochdruck-Heizung von Schinz. —  $\frac{1}{50}$  w. Gr.

Nach Umständen legt man in den Schacht, in welchem die Feuergase niedersteigen, mehrere Schlangen, welche jede für sich mit ihren Leitungs- und Wärme abgebenden Röhren eine besondere Heizung bilden.

Wegen der ungünstigen Befüllung der Röhrenoberfläche der vorliegenden Anordnung

empfiehlt *Schinz* die Röhrenanlage, welche Fig. 298 versinnlicht.

Von der Feuerstelle *A* aus durchströmt der Rauch längs der Röhren *BC* über einander liegende Canäle bis zum untersten derselben; das Wasser fließt von *D* über *C* allmählig steigend und in der der Rauchbewegung entgegengesetzten Richtung nach *B* und von dort zu der Wärme abgebenden Röhren.

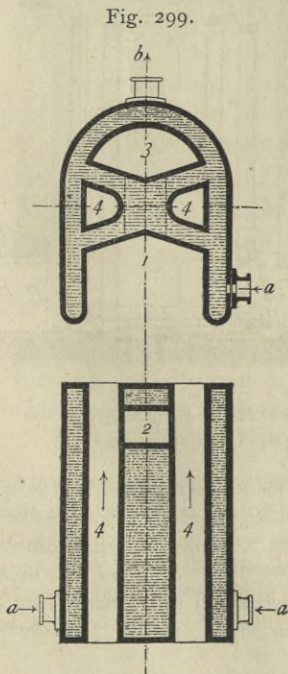
Wegen der starken Abnutzung, welche die gemauerten Feuerstellenwände in Folge des Zusammenschmelzens der Ache mit dem Mauerwerk erfahren, bildet man diese Wände zuweilen aus den das Wasser führenden Röhren<sup>202)</sup>.

Andere Anordnungen findet man in den unten genannten Quellen<sup>203)</sup> beschrieben.

Das Erwärmen des Wassers der Mitteldruck-Heizungen findet meistens in ähnlichen Einrichtungen statt; zuweilen benutzt man jedoch keffelartige Gefäße, die bei den Niederdruck-Heizungen meistens im Gebrauche sind.

Gewöhnliche, wie auch die verschiedenen Röhrendampfkeffel sind als Wasserheizkeffel brauchbar. Von den den Warmwasser-Heizungen eigenen Wärmeaufnehmern sollen einige beschrieben werden.

Fig. 299 stellt den Querschnitt und wagrechten Längenschnitt eines gußeisernen Keffels von *Hartly & Sugden* dar.



Heizkeffel für Niederdruck-Heizung von *Hartly & Sugden*.

<sup>202)</sup> Siehe: HAUSDING, A. Die Heizungs-, Ventilations- u. f. w. Anlagen der Actiengesellschaft *Schäffer & Walcker*. Berlin 1884.

<sup>203)</sup> Heizapparat für Heißwasserheizung von R. O. MEYER in Hamburg. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 103.

Feuerung für Heißwasserheizung von FISCHER & STIEHL in Essen a. d. Ruhr. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 372.

FISCHER. Das Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim. Beschreibung der Heiz- und Ventilations-Einrichtungen. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1870, S. 172.

Der zugehörige wagrechte Roft liegt im Canal 1; von der Feuerstelle steigt der Rauch durch den Canal 2 nach oben, bewegt sich in 3 nach vorn und wird, durch eine im Mauerwerk ausgeparte Vertiefung, in die beiden Canäle 4, 4 geleitet, welche den Rauch wieder nach hinten führen. Nach Umfländen wird derselbe noch weiter, mit Hilfe gemauerter Canäle, um den Kessel geleitet.

Zani hat einen kupfernen Kessel in der Weise angeordnet, wie Fig. 300 im Längen- und Querschnitt erkennen läßt.

Hier ist im Raume *A* ebenfalls ein wagrechter Roft angebracht, dessen Feuergase zunächst die gewölbte Decke des Raumes *A*, dann, den Spalt *B* durchströmend, die gewellte Fläche *C*, hierauf in Raume *D* sich wendend, die trommelförmige Fläche *E* bespülen. Von *E* aus kann der Rauch noch um den Kessel geführt werden. Das Wasser tritt bei *F* ein und verläßt den Kessel bei *H*.

Bezüglich anderer derartiger Kessel siehe die unten genannten Quellen<sup>204)</sup>.

Lothrechte Kessel sind im Allgemeinen beliebter, da sie die Anwendung einer Füllfeuerung bequemer machen.

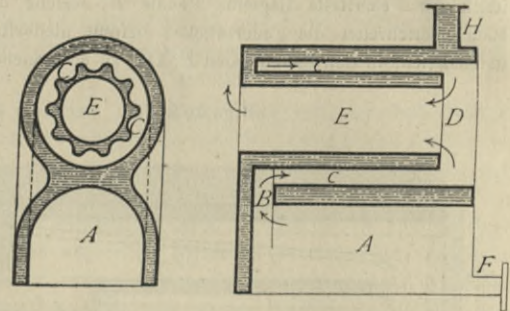
Fig. 301 ist der lothrechte Schnitt eines derartigen Kessels<sup>205)</sup>.

Derselbe besteht aus zwei in einander gesteckten Blechtrommeln mit seitlichem Feuerhalse *B*. Die Feuerung ist so, wie die des *Meidinger*-Ofens; der Brennstoff (Coke) wird von oben eingeworfen und stützt sich auf die ebene Bodenplatte des inneren Kesseltheiles, im Feuerhals eine entsprechende Böschung bildend. Die Thür *C* ist in der Mitte getheilt und jede Hälfte auf dem Gelenkbolzen verschiebbar, so daß man die Weite des entstehenden Spaltes, der die Luft zum Feuer treten läßt, bequem regeln kann. Nach dem Niederklappen der Thür *C* vermag man Asche und Schlacke herauszuziehen; bei gehöriger Voricht kann man das Feuer während des ganzen Winters ununterbrochen erhalten. Der Kessel *A* ist in einem gemauerten Schachte aufgestellt, so daß zwischen ihm und der inneren Schachtwand ein Canal ringförmigen Querschnittes entsteht, in welchem der im Kessel emporgestiegene Rauch sich weiter abkühlend nach dem Rauch-Abführungs-Canal *E* niederfinkt. Der gemauerte Schacht ist mittels des Deckels *D* geschlossen und das Mauerwerk mit einer eisernen Platte abgedeckt. Durch die Röhre *F* gelangt das Wasser in das Innere des Kessels, steigt von hier aus, sich erwärmend, empor und verläßt den Kessel durch die Röhre *H*, welche seitwärts am Kessel befestigt ist.

Die Einrichtung eines größeren derartigen Kessels stellt Fig. 302 in lothrechtem Schnitt dar<sup>206)</sup>.

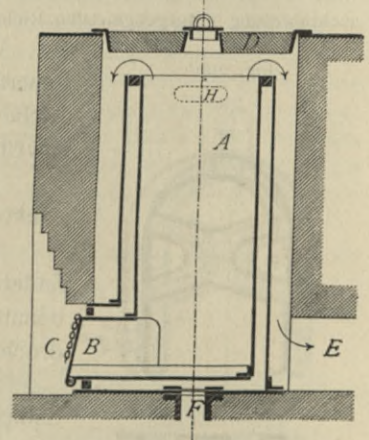
Der Kessel *A* selbst besteht aus zwei in einander gesteckten Blechröhren, die oben und unten mit Hilfe eingelegter Flacheisenringe mit einander vernietet sind. Die Röhre *B* führt von der zu vier derartigen Kesseln gehörigen Sammelröhre *C* das Wasser in den Kessel; die Röhre *D* leitet es aufwärts. Der Kessel *A* steht auf einer eisernen Platte *H*, in welcher zwei Zapfen *a* des Roftes gelagert sind; die Axe dieser Zapfen geht nicht durch die Mitte des Roftes, so daß der letztere am Kippen durch einen dritten Stützpunkt gehindert werden muß, der als Schieber *d* an der Platte *H* befestigt ist. Will man nun, nach längerem Heizen, die angesammelten Schlacken beseitigen, so ist nur der Schieber bei geschlossener Thür *I* zurückzuziehen; der Roft kippt um und läßt Schlacken u. f. w. niederfallen, ohne daß der bedienende

Fig. 300.



Heizkessel für Niederdruck-Heizung von Zani.

Fig. 301.



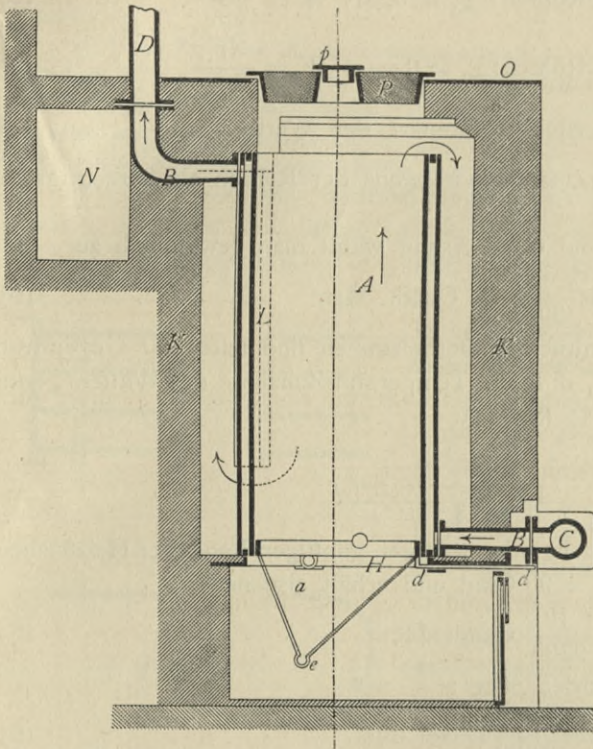
Heizkessel für Niederdruck-Heizung von Hermann Fischer. — 1/30 w. Gr.

204) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 532; 1885, S. 891.

205) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 221, S. 423.

206) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 221, S. 423.

Fig. 302.



Heizkessel für Niederdruck-Heizung von Hermann Fischer. — 1/30 w. Gr.

Arbeiter durch Staub belästigt wird. Nachdem der Staub sich gelegt hat, erfasst man mittels eines Hakens die Schleife *e*, dreht den Roßf in die richtige Lage und bewegt den Schieber *d* wieder unter den Roßf. Die gewöhnliche Aschenentfernung geschieht, indem man einen Haken durch die Oeffnungen des an der Aschenraum-Thür *l* befindlichen geschlitzten Schiebers — der sonst zur Regelung des Luft-Zutrittes dient — steckt und von unten in die Roßfspalte führt. Rings um den Kessel ist durch das Mauerwerk *K* ein ringförmiger Raum gebildet, welchen die diagonal liegenden (punktirten) Zungen *L* in zwei gleiche Theile zerlegen. Der Rauch bewegt sich, nachdem derselbe im Kessel emporgestiegen ist, in dem einen Theile nach unten, in dem anderen Theile nach oben zu dem mehreren Kesseln gemeinsamen Rauch-Canal *N*.

Andere Heizkessel findet man in den unten genannten Quellen <sup>207)</sup> beschrieben.

Die nöthigen Heizflächen werden wie folgt berechnet.

Bei Heißwasser-Heizungen wird fast immer Gegenstrom

331.  
Berechnung  
der Heiz- und  
Roßflächen.

angewendet, so daß die Heizfläche nach Formel 50 (S. 110) ist:

$$F = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat. } \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)}$$

Die Temperatur des Feuers  $T_1$  nimmt man zu 1200 Grad, diejenige des abziehenden Rauchs  $T_2$  zu 300 Grad, die Temperatur des heißeren Wassers  $t_2$  zu 200 Grad, jene des zurückkehrenden Wassers  $t_1$  zu 50 Grad an. Alsdann wird

$$F = \frac{W}{k} \cdot 0,0017 \dots \dots \dots 160.$$

Der äußere Röhrendurchmesser ist 0,025 m, bzw. 0,033 m, also die äußere Röhrenfläche — welche wegen der großen Wärmeleitungsfähigkeit von Wasser in Metall hier als maßgebend angenommen werden muß — einer  $\varrho_1$  langen Röhre

$$F = 0,025 \pi \varrho_1, \text{ bzw. } = 0,033 \pi \varrho_1.$$

Wegen der großen Verschiedenheit der Röhrenweite und des äußeren Röhrendurchmessers darf man  $k$  nicht größer als 13 nehmen, so daß durch Einsetzen dieses Werthes und Gleichsetzen beider für  $F$  genannten Ausdrücke entsteht:

<sup>207)</sup> FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege und Rettungswesen in Brüssel 1876. Polyt. Journ. Bd. 222, S. 6.  
 FISCHER, H. Feuerung des Wassererwärmungskörpers von der »Berliner Actiengesellschaft für Central-Heizungs-, Wasser- und Gasanlagen, vormals SCHÄFFER & WALCKER«. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 12.  
 FISCHER, H. Oefen für Wasser- und Dampfheizungen. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 295.  
 Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österreichischen Commission. 17. Heft. Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Von L. STROMMAYER. Wien 1877. S. 41.  
 Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 532.

für 0,025 m dicke Röhren:  $\mathcal{R}_1 = 0,0017 \quad W = \frac{W}{590}$  ; . . . . . 161.

für 0,033 m dicke Röhren:  $\mathcal{R}_1 = 0,00125 \quad W = \frac{W}{800}$  . . . . . 162.

*Redtenbacher* giebt für die erstere Röhrenart den Werth  $\mathcal{R}_1 = \frac{W}{425}$  an, was wegen des früher gebräuchlichen Zusammendrängens der Röhren als berechtigt bezeichnet werden kann.

Die Rostfläche für Kohlen- und Cokeheizung wählt man gewöhnlich zu

$$R = \frac{W}{200\,000} \text{ bis } \frac{W}{300\,000} \text{ Quadr.-Met.} \quad . . . . . 163.$$

Wärmeaufnehmer der Niederdruck-Wasserheizungen sind felten für Gegenstrom eingerichtet. Da der Werth  $t_2 - t_1$ , d. h. die Temperatur-Zunahme des Waffers gering ist, so rechnet man nach Formel 51 (S. 111):

$$F = \frac{W}{k} \frac{1}{\frac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}}$$

setzt  $k = 15$  bis  $18$ , je nach der mehr oder weniger günstigen Lage der Heizflächen,  $T_1 = 1200$ ,  $T_2 = 200$ ,  $t_1 = 60$ ,  $t_2 = 90$  Grad und erhält alsdann

$$F = \frac{W}{11\,150} \text{ bis } \frac{W}{9\,290} \text{ Quadr.-Met.}, \quad . . . . . 164.$$

wofür im Mittel genommen zu werden pflegt:

$$F = \frac{W}{10\,000} \text{ Quadr.-Met.} \quad . . . . . 165.$$

Die Rostfläche macht man im Durchschnitt

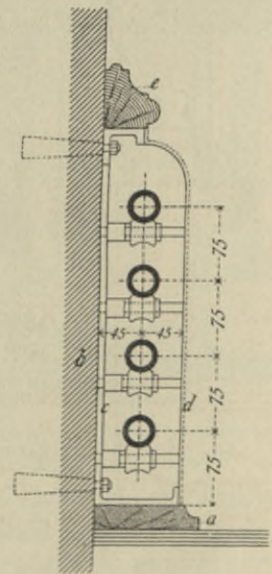
$$R = \frac{F}{20} \text{ bis } \frac{F}{25} \quad . . . . . 166.$$

Die Wärmeaufnehmer der Mitteldruck-Wasserheizungen werden, je nach ihrer Construction, nach Formel 162 bzw. 163 oder 164, bzw. 165 u. 166 berechnet.

Es wird das Wasser auch mittels Dampfes erwärmt. Wegen des großen Wärmeüberleitungsvermögens aus Dampf in Wasser (siehe Art. 125, S. 124) genügen hierfür kleine Heizflächen. In manchen Fällen ist lediglich eine Röhre in den Wasserbehälter gesteckt, in anderen diese Röhre zu einer Schlange gebogen. Beispiele hierfür findet man in den unten genannten Quellen<sup>208</sup>). Man kann im Mittel für 1 Grad Temperatur-Unterschied zwischen Wasser und Dampf 1 qm Heizfläche und 1 Stunde auf die Ueberführung von 1000 Wärmeinheiten rechnen.

Die Wärmestrahler der Hochdruck-Wasserheizungen bestehen aus längs den Wänden liegenden Röhren, aus Schlangen oder aus schmiedeeisernen Röhren, welche mit gusseisernen Rippen versehen sind<sup>209</sup>).

Fig. 303.



Röhrenanordnung für eine Hochdruck-Wasserheizung.

332.  
Erwärmen  
des Waffers  
mittels Dampf.

333.  
Wärmestrahler  
der  
Hochdruck-  
Heizungen.

<sup>208</sup>) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 439; 1883, S. 537; 1884, S. 737.

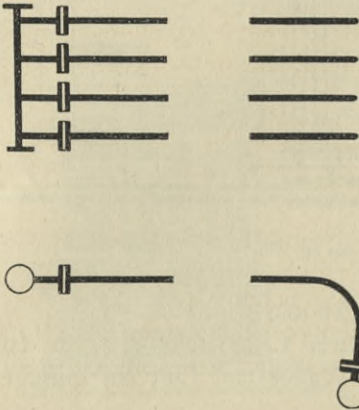
<sup>209</sup>) Siehe: FISCHER, H. Dampf- und Warmwasser-Heizungskörper des Eisenwerkes Kaiserslautern. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 225.

Fig. 303 stellt beispielsweise den Querschnitt einer Röhrenanordnung längs einer Wand dar.

Auf dem Fußboden ist eine Fußleiste *a* befestigt; über sie erheben sich die an die Wand *b* geschraubten Röhrenträger *c*, welche die Röhren mittels Rollen unterstützen. An *c* sind dünne eiserne Bügel und die Ziervergitterung *d* geschraubt, und eine Leiste *e* schließt das Ganze oben ab. Die Befestigung der Bügel mit dem Ziergitter *d* ist derartig gewählt, daß sie, behuf Reinigens der Heizröhren von anhaftendem Schmutz, leicht gelöst werden kann.

Es ist den Röhren selbstverständlich freie Ausdehnbarkeit zu gewähren. Dies bedingt, entweder jede Röhre gewissermaßen selbständig zu machen, oder — nach der Aufrifs- und Grundrifs-Zeichnung in Fig. 304 — jede der Röhren mit einer besonderen Biegung zu versehen, da nicht anzunehmen ist, daß sämtliche Röhren jederzeit gleich warm sind.

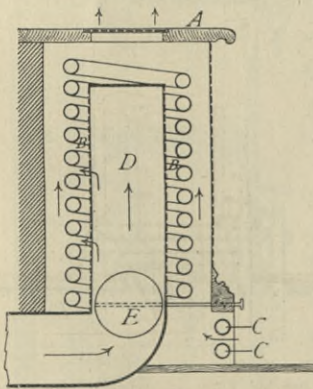
Fig. 304.



Eine gebräuchliche Einrichtung einzelner Heizkörper läßt der lothrechte Durchschnitt in Fig. 305 erkennen. Unterhalb der Fensterbank *A* liegen die Windungen *B* der Heizschlange, welcher eine der Röhren *C* das Wasser zuleitet, während die andere zur Zurückführung desselben dient. Die Röhren *C* dienen gewöhnlich mehreren derartigen Schlangen (vergl. Art. 268, S. 248) und sind selbst Heizröhren, da sie hinter einem Gitter den Wänden entlang laufen. Eine Ventilanordnung (vergl. Art. 290, S. 269) gestattet, daß man das Heizwasser ganz

oder theilweise durch die Schlange *B* strömen läßt oder ganz von dieser absperrt. Die Luft, welche sich an den Röhren *B* erwärmt, steigt nach oben und veranlaßt die kältere Zimmerluft von unten einzutreten. In der Mitte der Heizschlange befindet sich ein Blechkasten, dessen Wände durchbrochen sind. Derselbe steht mit einer Leitung, die frische Luft führt — und vielleicht unmittelbar in das Freie mündet — in Verbindung, sobald die Drosselklappe *E* geöffnet ist. Man vermag deshalb frische Luft an den Röhren *B* sich erwärmen und im erwärmten Zustande in das Zimmer treten zu lassen.

Fig. 305.



Wärmestrahler für Hochdruck-Heizung.  
1/20 w. Gr.

Die Lage des Warmluftgitters in der Fensterbank, wie überhaupt in der wagrechten Abdeckplatte ist nicht zweckmäßig, weil durch die Oeffnungen des Gitters leicht Schmutz niederfällt und auf den Heizflächen sich ablagert. Man zieht daher neuerdings vor, sowohl die Warmluftöffnung, als auch die Zutrittsöffnung für die zu erwärmende Luft in die Vorderwand des Mantels zu legen.

Ähnliche Röhrenschlangen finden in Wandchränken und besonderen Heizkammern Aufstellung; sie werden auch zu Mitteldruck- und Niederdruck-Wasserheizungen, so wie zu Dampfheizungen, verwendet und haben gemeinlich — da man es versteht, die Röhren durch Zusammenschweißen einzelner Stücke sehr lang zu machen — den Vorzug, daß sie mit weniger Verbindungsstellen behaftet sind und, da sie geringe Weite haben, den nothwendigen Dehnungen leicht nachgeben.

334.  
Oefen für  
Warmwasser-  
und  
Dampfheizung.

Für Warmwasser- und Dampfheizungen sind außerdem vielfache Formen der Wärmefrahler oder Oefen gebräuchlich; es soll hier eine kleine Auslese gegeben werden. Ein beliebter Ofen <sup>210)</sup> ist durch Fig. 306 im lothrechten Durchschnit und in der Ansicht dargestellt.

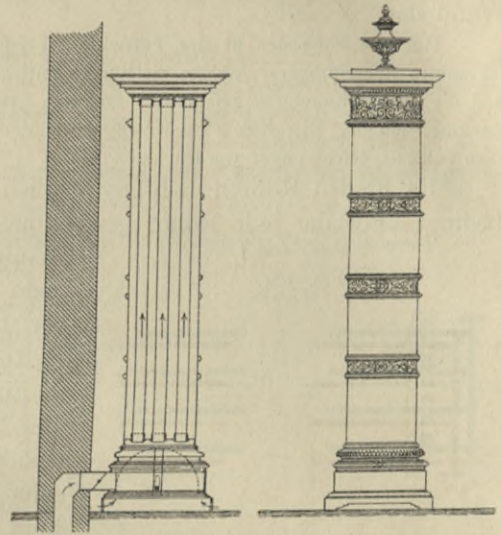
Man bemerkt, das auf einem Sockel eine Blechtrommel gestellt ist, durch deren Böden eine Zahl oben und unten offener Röhren führen. Den Raum zwischen der Außenwand und den soeben genannten Röhren füllt das warme Wasser oder der Dampf aus. Die Außenfläche des Ofens steht mit der Zimmerluft in Berührung, während den Innenwänden der Röhren entweder die Zimmerluft (nach Oeffnen zweier im Sockel liegender Klappen) oder frische Luft (nach Oeffnen der Drosselklappe im Luft-Zuführungs-Canal) zur Erwärmung dargeboten wird.

Die Röhren dieses Ofens sind im Vergleich zu ihrer Länge sehr eng, so das in einiger Höhe der Temperatur-Unterschied zwischen Wasser und Luft ein geringer wird, also die Wärmeabgabe für jedes Quadr.-Meter der Fläche von der durchschnittlichen Wärmeabgabe weit entfernt bleibt (vergl. Art. 336, S. 321). Es ist deshalb vorzuziehen, wenige, aber weitere Röhren zu verwenden. Fig. 307 zeigt einen derartigen Ofen mit nur einer inneren Röhre; er besteht aus zwei in einander gesteckten, oben und unten verbundenen Blechtrommeln, die auf einem Sockel ruhen. Die Innenfläche der Röhre dient entweder zur Wiedererwärmung der Zimmerluft oder zur Erwärmung der frischen Luft, welche der Schieber *A* aus der Blechröhre *B* zuströmen läßt.

Hinter Mänteln oder in Heizkammern verwendet man ähnliche Oefen einfacherer Gestalt. Fig. 308 zeigt z. B. den theilweisen lothrechten Schnitt eines Ofens von *d'Hamelin-court*. Beide Trommeln *A* und *B* sind aus Gufseifen angefertigt, die äußere *A* auch mit Rippen versehen. Die Verbindung beider ist oben und unten durch je einen Ring *C* bewirkt.

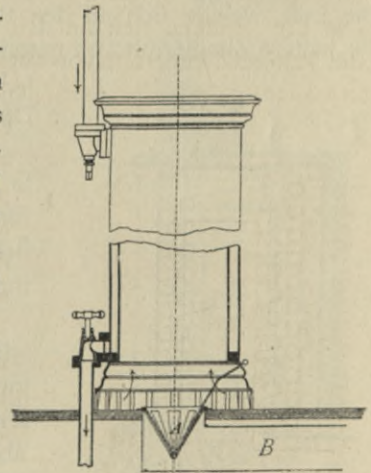
Des geringeren Raumbedarfes halber gestaltet man die Oefen häufig plattenförmig. Man nietet z. B. zwischen die Ränder ebener Blechtafeln einen Flacheisenring und steift die Platten in der nöthigen Zahl von Punkten mittels Stehbolzen ab. Beliebt sind die gufseisernen Heizkasten mit Rippen (Fig. 309 in theilweiser Aufsicht

Fig. 306.



Ofen für Warmwasser-Heizung.

Fig. 307.



Ofen für Warmwasser-Heizung. — 1/20 w. Gr.

<sup>210)</sup> Die Abbildung ist von *Aird & Marc* in Berlin.



Fig. 308.

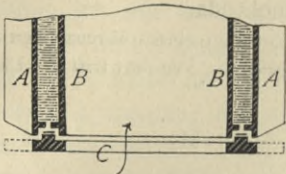
Ofen für Warmwasser-Heizung von  
*d'Hamelin-court.*

Fig. 309.

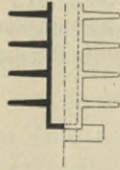
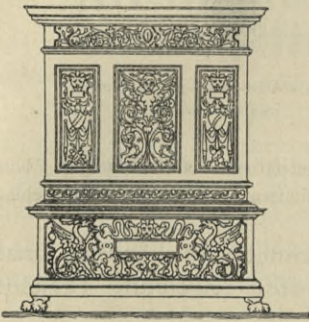
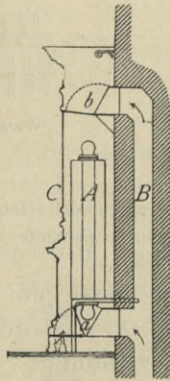
Heizkasten für Warm-  
wasser-Heizung.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 310.

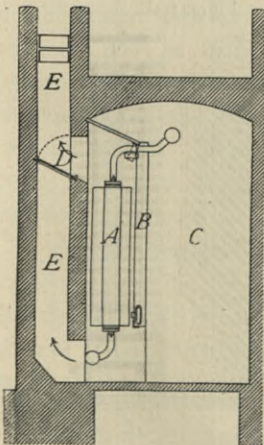
Heizkörper für Warmwasser-Heizung von *Aird & Marc* in Berlin.  
 $\frac{1}{60}$  w. Gr.

und theilweisem wagrechten Schnitt), von welchen oft mehrere zusammengebaut werden. Man stellt dieselben unter den Fensterbänken, in Wand-schränken und in Heizkammern auf. Eine Aufstellung in einem Wand-schrank zeigt Fig. 310 (*Aird & Marc* in Berlin) in Querschnitt und Vorder-anficht. *A* bezeichnet den gußeisernen, mit Rippen versehenen Heiz-kasten; *C* den Mantel, welcher theils aus gestanztem Blech, theils aus Zink-gufs besteht; *a* eine Klappe, welche gestattet, entweder den Luft-Zufluss aus dem Zimmer oder denjenigen aus dem Frischluft-Canal *B* abzusperren, bezw. beide theilweise frei zu halten; *b* eine Klappe, welche entweder der erwärmten Luft oder der unerwärmten frischen Luft oder beiden gleich-zeitig den Eintritt in das Zimmer ge-stattet.

Fig. 311 ist der lothrechte Durch-schnitt einer Aufstellung desselben Ofens in der Heizkammer. *A* be-

zeichnet den Ofen, *B* die verschiebbare Vorderwand der Heizkammer, *C* den Frisch-luft-Canal. Je nach der Stellung der Mischklappe *D* muß die frische Luft entweder den Ofen *A* bespülen oder gelangt durch den Canal *E* in unerwärmtem Zustande nach dem Orte ihrer Bestimmung oder frömt endlich theilweise durch die Heizkammer, theilweise seitwärts derselben durch den Canal *E*.

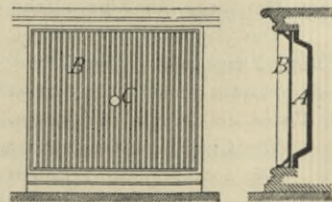
Fig. 311.



Warmwasser-Ofen für Heizkammern.

wird die Luft besonders geleitet.

Fig. 312.



Heizkasten für Warmwasser-Heizung.

Recht niedlich sind die Heizkasten, welche Fig. 312 versinnlicht <sup>211)</sup>. Unter der Fensterbank ist ein gußeiserner Kasten *A* eingelegt, dessen Deckel *B* aus Messing angefertigt und mit zahlreichen Rippen versehen ist. *C* bezeichnet den Knopf des Ventils, mittels dessen der Umlauf des Wassers geregelt oder abge-sperrt werden kann. Die Platte *B* erwärmt die im Zimmer befindliche Luft unmittelbar; an die Rückseite des Kastens *A*

<sup>211)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 9.

Einen eigenartigen Wärmestrahler, welchen *Käuffer & Co.* in Mainz für Niederdruck-Dampfheizungen verwenden, stellt Fig. 313 in Ansicht dar.

Der Dampf tritt in den Fuß eines gußeisernen Mittelkörpers und wird in einer röhrenartigen Ausparung desselben zu dem an seinem Kopfe befindlichen Regelungsventil geführt. Von dort tritt der Dampf

Fig. 313.

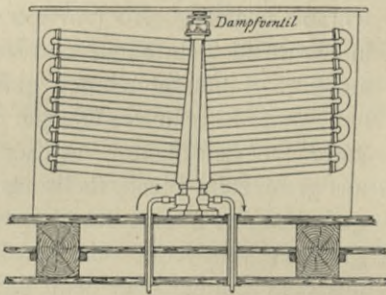
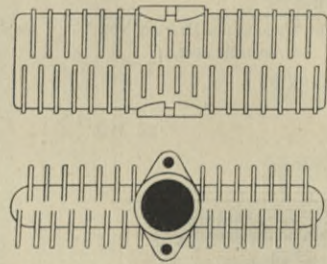
Warmwasser-Ofen von *Käuffer & Co.* in Mainz.

Fig. 314.

Warmwasser-Ofen von *Gebr. Körting* in Hannover.

in die Haupthöhlung des gußeisernen Körpers, in welchen die schmiedeeisernen, hufeisenförmigen Röhren frei münden, so daß der Dampf in sie einzutreten und das Wasser abzuliefern vermag. Das Niederflagswasser entweicht aus dem Fuß des gußeisernen Ständers.

Um den Wärmestrahler billig und doch gut herstellen zu können, haben *Gebr. Körting* in Hannover seit dem Jahre 1876 Gliederöfen eingeführt. Dieselben werden jetzt von zahlreichen Fabriken gefertigt und haben die älteren Einrichtungen fast verdrängt.

Fig. 314 zeigt ein einfaches stabförmiges Glied, welches aus einer platten, an beiden Enden verschlossenen, mit Rippen versehenen Röhre und zwei einander gegenüber liegenden Stützen besteht. Den unteren Stützen des untersten Gliedes eines Ofens schließt ein gußeiserner Fuß, der zur Ableitung des Niederflags-, bezw. abgekühlten Wassers geeignet eingerichtet ist, den oberen Stützen des obersten Gliedes eine Platte, in welcher die Dampf-, bezw. Wasserleitung mündet; im Uebrigen legt sich Glied auf Glied. Ein solches etwa 0,6 m langes Glied hat etwa 0,9 qm Heizfläche, die Rippenfläche eingeschlossen.

Die doppelten stabförmigen Glieder (Fig. 315) haben größere Länge und größere Höhe und sind mit einer Mittelwand versehen, welche die wärmeabgebende Flüssigkeit zwingt, die Enden des Gliedes aufzsuchen.

Die Glieder werden auch kranzförmig ausgeführt.

Die Schrägrippen (siehe Art. 327, S. 299), auf welche weiter unten noch einmal zurückgekommen werden wird, sind besonders wirksam für Wasser- und Dampfheizöfen. Sie sind denn auch für die Gliederöfen verwertbar.

Fig. 316 veranschaulicht eines dieser Glieder in Ansicht und Schnitt, von denen eine Anzahl mittels der angegebenen Flansche mit einander verbunden werden, um einen gewissermaßen beliebig langen Heizkörper zu bilden. Es sei darauf hingewiesen, daß die am Ofen zu erwärmende Luft fast genau gleiche Wege längs dessen Flächen zurückzulegen hat. Im Uebrigen sei bezüglich der Gliederöfen auf die unten genannte Quelle<sup>212)</sup> verwiesen.

Fig. 315.

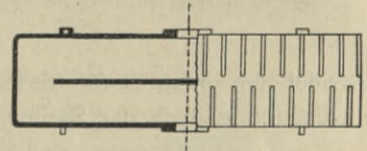
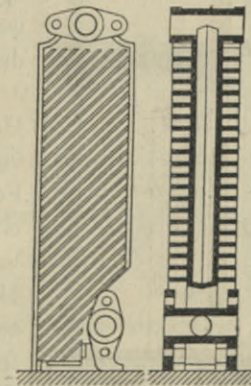


Fig. 316.



<sup>212)</sup> Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 533; 1885, S. 892.

Vielfach verschiedene Zusammenstellungen von Röhren mit und ohne Rippen erwähne ich nur und verweise im Uebrigen auf die unten genannten Quellen<sup>213)</sup>.

Die Berechnung der Wärme abgebenden Flächen der Dampf- und Wasserheizkörper muſs der niedrigen Temperaturen halber mit gröſerer Vorſicht vorgenommen werden, als diejenige der gewöhnlichen, unmittelbar vom Rauche berührten Heizflächen. Bei letzteren läſſt ſich, ſo fern die Leiſtung eines ſolchen Ofens hinter den Anforderungen zurückbleibt, durch lebhafteres Schüren und Anfachen des Feuers die mittlere Rauchtemperatur erhöhen, wobei allerdings die Nutzleiſtung der Gewichtseinheit des Brennstoffes geringer wird; bei erſteren ſind die Temperaturen eng begrenzt.

Man berechnet die Heizflächen nach der Gleichung 51 (S. 111):

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)},$$

muſs aber, oft auf umſtändlichem Wege, die Temperaturen  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $t_1$  und  $t_2$  beſtimmen.

Die Anfangs-Temperatur  $T_1$  des Wärme abgebenden Mittels iſt am leichtesten zu beſtimmen. Die Temperatur des Dampfes entſpricht immer ſeiner Spannung und iſt der Tabelle auf S. 241 zu entnehmen. Für Waſſer iſt die Temperatur, mit welcher daſſelbe in den Heizofen tritt, in der Regel ebenfalls leicht zu beſtimmen, da der Temperaturverluſt vom Waſſererwärmer bis zum Wärmeftrahler nöthigenfalls berechnet, in den gewöhnlichen Fällen auch genügend genau geſchätzt werden kann.

Die Temperatur des Dampfes bleibt bis zu ſeiner Verdichtung unverändert; alſo iſt bei Dampfheizungen  $T_1 = T_2$  anzunehmen. Die Temperatur  $T_2$  des Waſſers muſs jedoch beſonders beſtimmt werden, und zwar auf Grund der verwendeten Röhrenleitung (vergl. Art. 267, S. 245). Man wird in vielen Fällen, um  $T_2$  möglichſt groſs zu erhalten, verhältniſsmäſſig weite Röhren anwenden, hierdurch zwar die Koſten der Röhrenleitungen vermehren, aber die Koſten der Wärmeftrahler vermindern.

Die Anfangs-Temperatur  $t_1$ , mit welcher die Luft den Heizkörper trifft, iſt bei verſchiedenen Anlagen fehr verſchieden. Für Umlaufheizungen, alſo wenn man die Luft des zu heizenden Raumes den Heizflächen zuführt, ſetzt man für  $t_1$  die Temperatur, welche die Luft nach der Erwärmung des Raumes hat; da während des Anheizens die Temperatur  $t_1$  geringer iſt, ſo iſt die Wärmeabgabe eine gröſſere, was nicht ſtört. Entnimmt man die zu erwärmende Luft dem Freien, ſo ſetzt man für  $t_1$  diejenige Temperatur, welche für den Wärmebedarf als Außen-Temperatur angenommen wurde.

Am ſchwerſten iſt die End-Temperatur  $t_2$  der erwärmten Luft zu beſtimmen. So fern man die Heizflächen frei im Raume aufſtellt, dieſelben alſo unbehindert von der Zimmerluft beſpült werden können, ſo wird man unbedenklich für  $t_2$  die mittlere Zimmertemperatur, alſo  $t_2 = t_1$  ſetzen können. Hierbei darf jedoch nicht überſehen werden, daſs bei hohen Heizflächen die Temperatur der die oberen Theile

<sup>213)</sup> FISCHER, H. Warmwaſſeröfen. *Polyt. Journ.*, Bd. 222, S. 9.

FISCHER, H. Öfen für Waſſer- und Dampfheizungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 231, S. 295.

WIMAN, E. A. Warmwaſſer-Heizung des Schulgebäudes in Weſterwik. *Zeitchr. d. Ver. deutſch. Ing.* 1871, S. 679.

MEYER, F. Die Warmwaſſer-Heizung von FRANZ SAN GALLI in St. Petersburg. *Zeitchr. d. Ver. deutſch. Ing.* 1872, S. 239.

RÖSICKE, H. Warmwaſſer-Heizung für kleine Anlagen. *Zeitchr. d. Ver. deutſch. Ing.* 1876, S. 31.

RÖSICKE, H. Heizkörper-Ummantelung für Centralheizungen. *Zeitchr. d. Ver. deutſch. Ing.* 1879, S. 323; 1883, S. 533; 1885, S. 892.

derfelben befüllenden Luft oft erheblich höher ist, indem diese vorher die unteren Theile der Heizflächen befüllt hat. In Rücksicht hierauf wählt man geringe Heizflächenhöhen oder für hohe Heizflächen die Werthziffer  $k$  kleiner, als gewöhnlich.

Bestehen die Heizflächen aus von aussen erwärmten Röhren (vergl. Fig. 306 u. 307) oder sind die Oefen ummantelt, bezw. in Heizkammern untergebracht, so ist anders zu verfahren.

In einigen Fällen treibt man die Luft mittels besonderer Kraft, Gebläse u. f. w., den Heizflächen entlang. Alsdann ist die Wärmemenge  $W$ , welche von der Luft aufgenommen wird, wenn  $\mathfrak{L}$  die stündlich gelieferte Luftmenge (in Kilogr.) bezeichnet,

$$W = \mathfrak{L} \cdot 0,24 (t_2 - t_1) \quad 167.$$

oder

$$t_2 = \frac{W}{\mathfrak{L} \cdot 0,24} + t_1 \quad 168.$$

In der Mehrzahl der Fälle soll jedoch der durch die Erwärmung hervorgerufene Auftrieb die Luft an den Heizflächen entlang führen. Alsdann ist die Frage, welche End-Temperatur  $t_2$  die Luft hat, während sie die verschiedenen Stellen des Ofens verläßt, nur auf Umwegen zu bestimmen.

Fig. 317 stelle eine Röhre dar, die von aussen durch warmes Wasser der Anfangs-Temperatur  $T_1$  und End-Temperatur  $T_2$  berührt wird. Die Luft durchströme das Innere der Röhre und werde in derselben von  $t_1$  auf  $t_2$  erwärmt. Der Querschnitt der Röhre sei  $q$  Quadr.-Met., der Umfang derselben  $U$  Met., und die mittlere secundliche Luftgeschwindigkeit  $v$  Met.; der Auftrieb werde nur durch die Höhe  $h$  gebildet. Alsdann ist nach Gleichung 51 (S. 111):

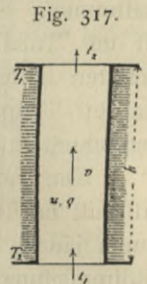


Fig. 317.

$$F = Uh = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} \quad 169.$$

Ferner ist nach Gleichung 167, wenn für  $\mathfrak{L}$  gesetzt wird

$$\mathfrak{L} = qv \cdot 3600 \gamma, \quad 170.$$

$$W = \mathfrak{L} (t_2 - t_1) 0,24 = 0,24 \cdot 3600 \gamma qv (t_2 - t_1) \quad 171.$$

Der verfügbare Auftrieb beträgt

$$\mathfrak{A} = h \left( 1,3 - 0,004 t_1 - 1,3 + 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) = 0,002 (t_2 - t_1) h, \quad 172.$$

und die Widerstände sind

$$\mathfrak{B} = \gamma \left[ \alpha \frac{u}{q} h \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2g} \quad 173.$$

In letzterer Gleichung mag behuf deren Vereinfachung

$$\alpha \left( \frac{1}{v} + 20 \right) = 0,009$$

gesetzt werden, so daß durch Gleichsetzung des Auftriebes und der Widerstände

$$0,002 (t_2 - t_1) h = \gamma \left( 0,009 \frac{u}{q} h + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g} \quad 174.$$

wird, und hieraus

$$v = \sqrt{\frac{0,002 (t_2 - t_1) 2g h}{\gamma \left( 0,009 \frac{u}{q} h + \Sigma \xi \right)}} \quad 175.$$

Es sei darauf hingewiesen, daß der Umfang einmal mit  $U$  (Gleichung 169), bei den Widerständen aber mit  $u$  bezeichnet ist. Dies ist geschehen, weil nicht immer der gesammte, die Widerstände bedingende Umfang auch Wärme abgebend ist. Weiter unten ist die Benutzung der verschiedenen Bezeichnungsweise zu finden.

Durch Vereinigung der beiden Gleichungen 169 u. 171 entsteht ferner

$$\frac{U h}{2} k [T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)] = 0,24 \cdot 3600 \gamma q v (t_2 - t_1); \quad 176.$$

fonach

$$v = \frac{U}{q} \frac{[T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)] h k}{2 \cdot 0,24 \cdot 3600 \gamma (t_2 - t_1)} \quad 177.$$

Setzt man nun die Werthe in den Gleichungen 175 u. 177 für  $v$  einander gleich, so findet man, nach einigen Umgestaltungen,

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{342} k \sqrt{\frac{(0,009 \frac{u}{q} h + \Sigma \xi) h}{\gamma (t_2 - t_1)^3}} \quad 178.$$

Man wird in dieser Gleichung für  $\gamma$ , zumal  $\gamma$  unter dem Wurzelzeichen steht, unbedenklich denjenigen Werth (1,18) setzen, welcher 30 Grad warmer Luft eigen ist, wodurch man endlich erhält

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{371} k \sqrt{\frac{(0,009 \frac{u}{q} h + \Sigma \xi) h}{(t_2 - t_1)^3}} \quad 179.$$

In dem Falle, daß die Luft, nachdem sie die Heizflächen verlassen hat, noch in einem anschließenden Canale von  $q_1$  Quadr.-Meter Querschnitt,  $u_1$  Meter Umfang und  $h_1$  Meter Höhe emporsteigt und dann erst in das zu beheizende Zimmer sich ergießt, gewinnt man auf gleichem Wege

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{525} k h \sqrt{\frac{0,009 \left( \frac{u}{q} h + \frac{u_1}{q_1} h_1 \right) + \Sigma \xi}{(t_2 - t_1)^3 \left( \frac{h}{2} + h_1 \right)}} \quad 180.$$

Dagegen entsteht aus Gleichung 179 für den besonderen Fall, daß  $q$  kreisförmig ist, wegen

$$\frac{q}{U} = \frac{D^2 \frac{\pi}{4}}{D \pi} = \frac{D}{4},$$

$$D = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{93} k \sqrt{\frac{(0,036 \frac{h}{D} + \Sigma \xi) h}{(t_2 - t_1)^3}} \quad 181.$$

Man kann die Gleichungen 179 u. 180 auch so gestalten, daß aus denselben unmittelbar  $h$ , bzw.  $h_1$  bei gegebenem  $\frac{q}{U}$  zu gewinnen ist.

Es wird

$$h = \sqrt{\left( 55,5 \frac{q}{u} \Sigma \xi \right)^2 + \frac{[250 (t_2 - t_1)]^3 q^3}{u U^2 (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2 k^2}} - 55,5 \frac{q}{u} \Sigma \xi \quad 182.$$

und

$$h_1 = \frac{- [65 (t_2 - t_1)]^3 q^2 \frac{h}{2} + \left( 0,009 \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) U^2 h^2 k^2 (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2}{+ [65 (t_2 - t_1)]^3 q^2 - 0,009 \frac{u_1}{q_1} U^2 h^2 k^2 (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2} \quad 183.$$

Keine der hier aufgestellten Gleichungen ermöglicht nun,  $t_2$  unmittelbar zu bestimmen; es muß vielmehr  $t_2$  nach Schätzung angenommen und versucht werden, ob der betreffende Werth mit den übrigen Größen im Einklange steht.

Regelmäßig pflegt man statt dessen von vornherein  $t_2$  anzunehmen, zumal ein hoher Werth des  $t_2$  ungünstig auf die Gleichmäßigkeit der Temperatur des zu beheizenden Raumes in lothrechter Richtung einwirkt, und hiernach die anderen Werthe zu bestimmen.  $t_2$  wird zwischen 30 und 40 Grad, fast niemals höher gewählt.

Behuf Erläuterung des Verfahrens seien einige Beispiele angeführt.

Gegeben ist:  $T_1 = 90$  Grad;  $T_2 = 50$  Grad;  $t_1 = 18$  Grad;  $t_2 = 38$  Grad und  $h = 16$ .

336.  
Beispiele.  
α) Es soll berechnet werden, welches Verhältniß  $\frac{q}{u}$  für eine glattwandige Röhre nach Fig. 317, bzw. Fig. 306 u. 307 bei 1,0 m Höhe anzuwenden ist. Das obere Röhrenende ist frei offen; unterhalb desselben kommt eine Vergitterung mit  $\xi = 0,8$ , eine gute Abrundung mit  $\xi = 0,3$  und das die Luftbewegung überhaupt erzeugende  $\xi = 1$ , also  $\Sigma \xi = 2,1$  in Frage.  $\frac{u}{q}$  ist zu 20 geschätzt. Alsdann ist nach Gleichung 179

$$\frac{q}{U} = \frac{90 + 50 - 18 - 38}{371} 16 \sqrt{\frac{(0,009 \cdot 20 \cdot 1 + 2,1) 1}{(38 - 18)^3}} = 0,06$$

oder  $D = 0,24$  m.

Es ist hiernach  $\frac{u}{q}$  zu groß geschätzt; Angesichts des geringen Einflusses dieses Werthes innerhalb der Rechnung schadet dies nichts.

Den selben Werth für  $D$  gewinnt man natürlich auch aus Gleichung 181.

Man sieht, daß die Röhre, trotz der geringen Länge, eine erhebliche Weite haben muß, um  $t_2 = 38$  Grad werden zu lassen.

β) Es soll die Höhe  $h$  berechnet werden, wenn  $D = 0,05$  angenommen wird. Wie vorhin sei  $\Sigma \xi = 2,1$ ;  $\frac{u}{q}$  ist = 80. Alsdann wird nach Gleichung 182

$$h = \sqrt{\left(\frac{55,5 \cdot 2,1}{80}\right)^2 + \frac{[250(38 - 18)]^3}{80^3(90 + 50 - 18 - 38)^2 \cdot 16^2}} - \frac{55,5}{80} 2,1 = 0,044 \text{ m.}$$

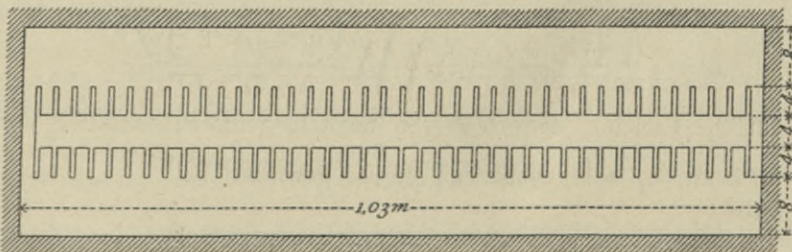
So enge Röhren dürfen also, wenn nur der in ihnen wirksam werdende Auftrieb zur Luftbewegung dient und man  $t_2$  nicht sehr groß machen will, nur sehr kurz werden.

Selbst, wenn  $t_2 = 68$  Grad angenommen wird, ergibt sich  $h$  nur zu 0,6 m.

Etwas günstiger würden die Rechnungsergebnisse sein, wenn die Vergitterung am Fuße der Röhre hinwegfiel.

γ) Es sei mit Hilfe der Gleichung 182 die zulässige Höhe eines nach Fig. 318 ummantelten Gliederofens, der mittels Dampf von 10 500 kg Spannung geheizt wird, zu berechnen.

Fig. 318.



Es ist  $T_1 = T_2 = 101$  Grad; ferner sei  $t_1 = + 18$  Grad,  $t_2 = + 40$  Grad und  $h = 8,5$ . Aus Fig. 318 ergibt sich  $U = 8,4$ ,  $u = 11$ ,  $q = 0,25$  und  $\frac{q}{u} = 0,022$ . Der Luft-Zutritt, wie deren Austritt sei unbehindert, sonach  $\Sigma \xi = 1$  und

$$h = \sqrt{(55,5 \cdot 0,022 \cdot 1)^2 + \frac{[250(40 - 18) 0,25]^3}{11 \cdot 8,4^2 (101 + 101 - 40 - 18)^2 8,5^2}} - (55,5 \cdot 0,022 \cdot 1) = 0,71 \text{ m.}$$

d) Endlich sei, wegen Raummangels, die Weite des Mantels — statt  $0,28\text{ m}$  — nur  $0,24\text{ m}$ ; die Ofenhöhe solle  $2\text{ m}$  betragen, die sonstigen Verhältnisse unverändert bleiben; nur sei die obere Oeffnung leicht vergittert ( $\xi = 0,5$ ); vor ihr befinde sich eine gut abgerundete Ablenkung ( $\xi = 0,3$ ) und die Querschnittsänderung nahe über dem Ofen verurfache den Widerstand  $\xi = 0,2$ , so dafs  $\Sigma \xi = 2$  wird. Wie hoch ( $h_1 = ?$ ) muß der Schacht vom Querschnitt  $q_1 = 1,03 \times 0,16 = 0,165\text{ qm}$  und vom Umfange  $u_1 = 2(1,03 + 0,16) = 2,38\text{ m}$  sein?

Aus Gleichung 183 ergibt sich

$$h_1 = \frac{(65 \cdot 22)^3 0,2^2 \frac{2}{2} + (0,009 \cdot 54 + 2) (8,4 \cdot 2 \cdot 8,5 \cdot 144)^2}{(65 \cdot 22)^3 0,2^2 + 0,009 \cdot 14,4 (8,4 \cdot 2 \cdot 8,5 \cdot 144)^2} = 12,9\text{ m}.$$

Man wird nun nicht daran denken, beim Entwurfe einer Heizungs-Anlage für jeden einzelnen Heizkörper diese umständlichen Rechnungen durchzuführen. Sie sind vielmehr Seitens des Verfertigers der Ofen, bzw. Ofenmäntel, anzustellen, so dafs dieser Auskunft zu geben im Stande ist, welche Werthe aus den von ihm gewählten Verhältnissen sich ergeben. Nach Umständen wird man den einen oder anderen Fall einmal nachrechnen.

337.  
Folgerungen.

Die Rechnungen ergeben aber, wenn man sie auf vorliegende Ausführungen anwendet, dafs vielfach zu enge Querschnitte gegenüber der Wärme abgebenden Fläche gewählt werden; sie geben auch Auskunft darüber, welche Aenderungen vorzunehmen sind, um günstige Werthe der Temperaturen benutzen zu können; sie lassen endlich den Werth der in Art. 327 u. 333 (S. 299, bezw. 316) erwähnten Schrägrippen erkennen.

Man erfieht aber gleichzeitig aus dem Rechnungsverfahren, dafs die Luft auf etwa vorhandene, verschiedenartige Luftwegs-Querschnitte eines Wärmestrahlers, bezw. zwischen diesem und dem Mantel oder der Heizkammerwand liegende Luftwege, im Verhältniss zu der Leistungsfähigkeit der betreffenden Heizflächen vertheilt werden müßte <sup>214</sup>).

338.  
Berechnung  
der  
Heizflächen.

Nach den gegebenen Erörterungen kann ich mich bezüglich der Heizflächenberechnung kurz fassen. Man versteht unter der Heizfläche der Dampf- und Wasserheizungen immer diejenige, welche von der Luft bespült wird. Für glatte Heizflächen wählt man bei Wasserheizungen zwischen  $k = 13$  bis  $20$ , je nachdem die Heizflächengröße die vom Wasser berührte Flächengröße mehr oder weniger überwiegt, bezw. je nachdem die Heizflächen für die Luftbepülung weniger oder mehr günstig liegen. Eben so wählt man bei Dampfheizungen  $k$  zwischen  $11$  bis  $18$ .

Die Wärmeabgabe gerippter Flächen ist, wie in Art. 315 (S. 288) bereits angedeutet, nur unsicher zu bestimmen. Wenn die Bepülung der betreffenden Flächen eine günstige ist, insbesondere auch der Querschnitt der von den Rippen gebildeten Canäle, bezw. die Menge der sie durchfließenden Luft mit der Leistungsfähigkeit der Flächen im Einklange steht, so darf man für die Sohlen der Canäle das Gleiche rechnen wie für glatte Wände, für die Rippenflächen aber  $0,3$  bis  $0,45$  der betreffenden Werthe.

Beispiele. Ein Warmwasser-Heizofen mit nur äußerer Heizfläche stehe frei in einem auf  $20$  Grad zu erwärmenden Raume. Es sei  $T_1 = 90$  Grad,  $T_2 = 60$  Grad,  $k = 16$ ; alsdann wird die Heizfläche

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} = \frac{W}{880}.$$

Der Ofen befinde sich in einem Mantel und werde von der Luft sehr günstig bespült, habe über-

<sup>214</sup>) Diese Auffassung wurde in der »Zeitschr. f. techn. Hochschulen 1879, Heft 1« zuerst von mir veröffentlicht, hiernach von *Weiss* ausführlicher behandelt in: Kritische Bemerkungen über die für Wasserheiz-Anlagen angewendeten Berechnungsmethoden und die Minimalgröße der Röhrenoberfläche einer Wasserheizung etc. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 150, 173.

haupt fast gleiche Flächen für die Wasser- und Luftberührung, so daß  $k = 19$  gesetzt werden darf;  $t_2$  sei = 40 Grad. Man erhält dann

$$F = \frac{W}{855}.$$

Dem Ofen werde nur frische Luft zugeführt; die niedrigste Temperatur derselben sei  $t_1 = -20$  Grad; es ist dann

$$F = \frac{W}{1235}.$$

Endlich befinde sich der Ofen in einem Mantel, welcher der Luftbewegung viele Widerstände bietet, und bestehe aus einer Röhrenschlange, die ziemlich enge Windungen hat, so daß  $t_2 = 70$  Grad,  $k = 13$  genommen werden muß. Im Uebrigen sei wie immer  $T_1 = 90$  Grad,  $t_1 = 20$  Grad,  $T_2$  aber (wegen enger Röhrenleitung) = 40 Grad. Dann entsteht

$$F = \frac{W}{260}.$$

Diese wenigen Beispiele ergeben den ungemeinen Einfluß der Temperaturen auf die Leistungsfähigkeit, beweisen also, daß fog. Faustrechnungen für den vorliegenden Gegenstand nicht geeignet sind.

### Literatur

über »Wasserheizung und Wasser-Luftheizung«.

- The history of heating by hot water.* Builder, Bd. 3, S. 67.  
 Von der Wassercirculation als Mittel zur Heizung und Lüftung öffentlicher Gebäude. Allg. Bauz. 1853, S. 3.  
 TASKER. Sich selbst regulirender Wasserofen. Civ. eng. and arch. journ. 1855, S. 288.  
 BEYER. Ueber Anlage von Warmwasser-Heizungen. Zeitschr. f. Bauw. 1857, S. 11.  
 HAAG, J. Neues System für Heißwasser-Heizung und Ventilation in Wohngebäuden und öffentlichen Anstalten. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1858, S. 193.  
 LOHSE. Warmwasser-Heizung in Privatwohngebäuden. Zeitschr. f. Bauw. 1860, S. 624.  
 RIDDELL. Ofen und Kessel für Warmwasser-Heizung. Polyt. Centralbl. 1861, S. 1046.  
 HAAG. Ueber Heißwasser-Heizungen und Ventilation. Polyt. Journ., Bd. 163, S. 50.  
 HAAG. Der Brennmaterialverbrauch bei der Heißwasser-Heizung im Vergleich mit der Ofenheizung. Polyt. Journ., Bd. 165, S. 425.  
 SCHMIDT. PURNELL's neue Anordnung der Wasserheizungsanlagen. Polyt. Journ., Bd. 166, S. 256.  
 CLARKE. Kessel oder Apparat für Wasserheizung. Engineer, Bd. 14, S. 155.  
 KLOTZBACH, J. Beschreibung eines Warmwasser-Heiz-Apparates in der Strafanstalt zu Brieg. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1863, S. 285, 405.  
 Die Anlage von Warmwasser-Heizungs-Apparaten in öffentlichen und Privat-Gebäuden. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1863, S. 115.  
 SONNENSTEIN. Warmwasser-Heizung, Anlage, Kosten und Resultate. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 283.  
 BÖCKMANN. Ueber Warmwasser-Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 433.  
 BÖCKMANN. Ueber Heißwasser-Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 434.  
 Anwendung der Heißwasser-Heizung nach LONGBOTTOM & EASTWOOD. Polyt. Centralbl. 1867, S. 383.  
 Ueber Warmwasser-Heizung. Deutsche Bauz. 1867, S. 415, 423.  
 CERBELAUD. Calorifère à air chaud et à eau chaude. Nouv. annales de la constr. 1867, S. 147.  
 Warmwasser-Heizung. Brennmaterial-Bedarf im Rathhause zu Berlin. Deutsche Bauz. 1868, S. 124.  
 WEISS. Die vortheilhaftesten Temperaturverhältnisse und Dimensionen der Wasserheizung. Allg. Bauz. 1868—69, S. 395.  
 HAAG, J. Anlage für Heißwasser-Heizung der Lazarethbaracken. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1869, S. 281.  
 Vortheilhafte Temperatur-Verhältnisse und Dimensionen der Wasserheizung. Deutsche Bauz. 1870, S. 350.  
 Ueber Heißwasser-Heizung. Maschin.-Confr. 1870, S. 210, 229.  
 HENSE. GRANGER & HYAN's Röhrenkessel für Wasserheizungen. Polyt. Centralbl. 1870, S. 1667.  
 Warmwasser-Heizung. Röhren-Kessel. Deutsche Bauz. 1870, S. 354.  
 FISCHER, H. Ueber Warmwasser-Heizung. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 217.



- MEYER, F. Die Warmwasser-Heizung von SAN GALLI in St. Petersburg. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1872, S. 239.
- GRANGER & HYAN's Wafferheizmethode. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1872, S. 23.
- GRANGER & HYAN. Wafferheizmethode mit Schüttkeffeln. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1872, S. 217.
- Heiſswaffer-Heizung mit Glycerinfüllung. *Deutsche Bauz.* 1873, S. 7.
- JÄGER. Ein neuer Heiſswaffer-Ofen. ROMBERG's *Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1873, S. 243.
- DENNIS' Füllofen für Heiſswafferheizungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 214, S. 287.
- LIEBELT. Wafferheizkeffel. *Mafchin.-Confr.* 1875, S. 345.
- RÖSICKE, H. Wafferheizung für kleine Anlagen. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1876, S. 31.
- SCHINZ. Conſtruction der PERKINS'schen Wafferheizung. *Polyt. Journ.*, Bd. 219, S. 68, 97, 210, 331, 439, 480.
- FISCHER, H. Heizkeffel für Warmwasserheizungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 221, S. 423.
- Ueber PERKINS Hochdruckwafferheizung. *Mafchinenb.* 1876, S. 349.
- BURR. *Heating building with hot water. Scientific American*, Bd. 32, S. 290.
- JASPER. Wafferheizapparat. *Polyt. Zeitg.* 1877, S. 5.
- BACON's Heiſswafferapparat für Heizung und Ventilation. *Mafchinenb.* 1877, S. 385. *Mafchin.-Confr.* 1877, S. 355.
- LIEBAU. Combinirter Warmwasser-Heiz- und Kochapparat mit Contactfeuerung. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1878, S. 314.
- WRIGHT's Heiſswafferkeffel. *Mafchin.-Confr.* 1878, S. 293.
- Neuer Wafferheizkeffel mit ſtehenden Röhren (Thermofiphon) und Schüttfeuerung von BERGER & BARILLOT zu Moulins. *Rohrleger* 1878, S. 193.
- LÜNING, F. Warmwasser-Heizapparat, genannt Kreuz-Mantel-Keffel. *Rohrleger* 1878, S. 252.
- Niederdruck-Wafferheizung. *Rohrleger* 1878, S. 305.
- Engliſche Heiſswafferapparate. *Rohrleger* 1878, S. 313.
- Amerikanifcher Heiſswaffer-Apparat. *Rohrleger* 1878, S. 314.
- Mitteldruckheizung. *Rohrleger* 1878, S. 324.
- Hochdruckheizung, Heiſswaffer-Heizung. *Rohrleger* 1878, S. 324.
- MEYER, R. O. Heizapparat für Heiſswaffer-Heizung. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 103.
- Feuerung für Heiſswaffer-Heizung von FISCHER & STIEHL. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 372.
- Warmwasser-Heizapparat. *Mafchinenb.* 1879, S. 18.
- MEYER, R. O. Neue Ofen-Conſtruction für Heiſswaffer-Heizungen. *Deutsche Bauz.* 1880, S. 164.
- LIEBAU. Combinirter Warmwasser-Heizapparat. ROMBERG's *Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1880, S. 70.
- PESCHLOW, L. Verbesserung an Heizkeffeln für Warmwasser-Heizungen. *Rohrl. u. Gefundh.-Ing.* 1880, S. 52. *Water-heating apparatus. Iron*, Bd. 16, S. 129.
- HAUSER. Zur Theorie der Heiſswaffer-Heizungen. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 61. *Improved mode of warming and ventilating. Builder*, Bd. 39, S. 54.
- PLANAT, P. *Chauffage par l'eau chaude. La semaine des const.*, Jahrg. 4, S. 133, 193.
- Einige Beobachtungsergultate über Heiſswafferheizung. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 332.
- FISCHER & STIEHL. Berechnung der Circulationsgeſchwindigkeit bei Wafferheizungen, inſondere bei PERKINS-Heizungen. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 373, 393.
- MEYER, R. O. Neue Röhren-Heizapparate für Wafferheizung. *Deutsche Bauz.* 1881, S. 423.
- FAWKES, F. A. *Hot water heating on the low preſſure ſystem etc.* London 1882.
- MEYER, R. O. Verbesserter Heiſswafferapparat. *Deutſches Baugwksbl.* 1882, S. 29.
- LINDENHEIM, M. Ueber einige eigenthümliche Erſcheinungen an Heiſswaffer-Heizungen. *Gefundh.-Ing.* 1883, S. 601.
- Das PESCHLOW'sche Warmwasser-Heizungſyſtem. *Gefundh.-Ing.* 1884, S. 161.
- EINBECK, J. Theorie der Heiſswafferheizung. Stuttgart 1887.
- BALDWIN, W. J. *Hot water, heating and fitting, or warming buildings by hot water etc.* London 1889.

#### Literatur

über »Dampf, Dampfwaſſer- und Dampf-Luftheizung«.

- GLUCKSAK, G. Dampfheizung. *Zeitschr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1860, S. 225.
- Dampfheizungen von verzinnem Eifenblech. *Polyt. Journ.*, Bd. 165, S. 75.
- LEWIS & VAUX. Zimmerheizung durch Dampf. *Scientific American*, Bd. 4, S. 196.
- Ueber Dampfheizungsanlagen. *Scientific American*, Bd. 4, S. 283.

- WIEDENFELD. Dampfheizung. *Polyt. Centralbl.* 1865, S. 97.
- WEISS. Die vortheilhaftesten Temperaturverhältnisse der Dampfheizung. *Allg. Bauz.* 1868—69, S. 410.
- SULZER's combinirte Dampf- und Wasserheizung. *Maschin.-Confr.* 1869, S. 67.
- KLEIN, J. Ueber Dampfheizungen. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1872, S. 745. *Polyt. Centralbl.* 1873, S. 226. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1873, S. 155.
- Das combinirte Dampf- und Warmwasser-Heizsystem. *Maschin.-Confr.* 1874, S. 322.
- Les appareils de chauffage du nouveau collège Rollin. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 155.
- KIDD's method of heating buildings. *Iron*, Bd. 5, S. 73.
- LAPORTE-MOTZ'scher Condensationsapparat für Dampfcentralheizungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 221, S. 309.
- KAFFER. DE LACY, verbesserter Dampfheizapparat für Wohnräume. *Maschinenb.* 1876, S. 203.
- Dampf-Wasserheizung (System SULZER). *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1877, S. 541.
- Chauffage à la vapeur aux États-Unis. Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 152.
- Luftheizung mittels Dampfrohren. *Maschinenb.* 1878, S. 324.
- Dampfheizung. *Rohrleger* 1878, S. 340.
- Dampf-Wasserheizung. *Rohrleger* 1878, S. 371.
- Beschreibung eines Dampfwasser-Heizofens nach neuer Construction. Von Gebr. SULZER in Winterthur. *Bayer. Ind.- u. Gewbebl.* 1878, S. 290.
- KÄUFFER's Dampf-Ofen mit veränderlicher Heizfläche. *Deutsche Bauz.* 1879, S. 266.
- FISCHER, H. Ueber Dampf-Wasseröfen. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 34.
- FISCHER, H. Ueber Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 161.
- INTZE. Größere Central-Dampfheizungen der Neuzeit. *Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1879, S. 377.
- FISCHER, H. Vorrichtungen zur Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1880, S. 177.
- FISCHER. Ueber Mittel zur Regelung der Temperaturen bei Dampföfen. *Deutsche Bauz.* 1880, S. 46.
- HOLLY's System der Dampfheizung. *Maschinenb.* 1880, S. 35.
- Welche Vortheile ergeben sich aus der Bedeckung von Dampfleitungsrohren etc. mit Korkholz. *Maschinenb.* 1880, S. 379.
- Ist es besser ein Dampfheizungssystem, wenn kalt, luftleer oder luftvoll zu haben. *Gefundh.-Ing.* 1880, S. 246.
- Beschreibung der patentirten Niederdruck-Dampfheizung mittels Thermophoren. *Baugwks.-Ztg.* 1880, S. 611.
- BALDWIN, W. J. *Steam heating for buildings etc.* London 1881. New-York 1882.
- BRECHT. Dampfheiz-Anlagen in Kirchen. *Deutsche Bauz.* 1882, S. 607.
- Dampfwasseröfen der Universitäts-Frauen-Klinik zu Berlin. *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1882, S. 317.
- Central-Niederdruck-Dampfheizung mit selbstthätiger Regulirung. System BECHEM & POST in Hagen i. W. *Gefundh.-Ing.* 1882, S. 381.
- BRIGGS, H. *Steam heating etc.* New-York 1883.
- Die Ausführung von Dampfheizungen in Amerika. *Gefundh.-Ing.* 1883, S. 529.
- Niederdruck-Dampfheizung, System BECHEM & POST. *Deutsche Bauz.* 1884, S. 145.
- Patent-Niederdruck-Dampfheizung mit Selbstregulirung (System BECHEM & POST). *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1884, S. 152.
- MARTINI, H. Ventilations-Heizung mit Central-Selbstregulirung etc. Chemnitz 1885.
- Chauffage à vapeur d'un grand établissement industriel. Portef. éconóm. des machines* 1885, S. 2.
- BÖCK, F. Die wirklichen Betriebskosten bei der Hoch- und Niederdruck-Dampfheizung etc. *Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1886, S. 77.
- EINEBECK. Zentral-Niederdruck-Dampfheizung für Wohnhäuser. *Gefundh.-Ing.* 1886, S. 148.
- Neuerungen auf dem Gebiete der Dampf-niederdruck-(Niederdruckdampf-)heizungen. *Centralbl. d. Bauverw.* 1889, S. 163; 1890, S. 37.

## II. Kapitel.

## Abkühlung der Luft.

## a) Mittel zur Abkühlung.

Das scheinbar am nächsten liegende Mittel besteht in der Benutzung der Erdtemperatur. Dieselbe liegt zwischen der Sommertemperatur und derjenigen des Winters; sie ist wegen der Fähigkeit der Erde, des in ihr befindlichen Grundwassers u. f. w., große Wärmemengen aufzuspeichern, im Sommer niedriger, im Winter höher als im Freien. Führt man sonach die warme Sommerluft so tief und weit durch Erde oder Felsen, daß eine entsprechend große Berührungsfläche vorhanden ist, so gelingt die Kühlung ohne Schwierigkeit. Es ist hierbei jedoch nicht zu übersehen, daß vermöge dieses Verfahrens die Erdtemperatur wesentlich rascher der Temperatur des Freien sich nähert, also im Sommer die niedrige mittlere Temperatur der Erde rascher einer höheren weicht, als wenn der Wärmeaustausch nur durch die Erdoberfläche stattfindet. Die betreffenden Erdflächen nehmen, wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Erde, wenn letztere trocken ist, verhältnismäßig rasch eine höhere Temperatur an, wodurch die Leistungsfähigkeit des Verfahrens sehr bald wesentlich beeinträchtigt wird.

339-  
Benutzung  
der  
Erdtemperatur.

Man benutzt Brunnen, Keller, ausgedehnte im Kellergeschoß befindliche Luftleitungs-Canäle in diesem Sinne, erreicht hierdurch aber im Durchschnitt nur eine geringe Kühlung, die außerdem sehr wenig gesichert, durch Rechnung nicht bestimmbar ist.

*Fischer & Stiehl* in Essen haben sich das Verfahren patentiren lassen<sup>215)</sup>, das Grundwasser durch Röhren zu leiten, längs deren Oberflächen die zu kühlende Luft streicht. Dasselbe hat gegenüber dem Verfahren, welches die kühleren Erdflächen, bezw. Kellergeschoßwände benutzt, offenbar den Vortheil, daß wesentlich größere Erd- und Grundwassermassen zum Wärmeaustausch herangezogen werden können. Beide Verfahren — das letztgenannte, wie das vorhin angeführte — können während des Winters zu einer theilweisen Vorwärmung der Luft benutzt werden.

340-  
Kühlung  
durch  
Wasser.

Die Kühlung durch anderes, z. B. Leitungswasser, welches durch Röhren strömt, ist vom *Fischer & Stiehl'schen* Verfahren nur in so weit unterschieden, als die Temperatur des Wassers näher bekannt, das Wasser fast an jedem Orte verwendbar, dabei aber, in größeren Mengen benutzt, viel theurer ist.

Man hat die Kühlung durch Wasser in der Gestalt vorgeschlagen, daß die Luft ohne eine vermittelnde Zwischenwand, also unmittelbar, ihre Temperatur mit derjenigen des Wassers ausgleicht, und hierbei in zwei Richtungen eine Wirkung erwartet. Die Einen wollen lediglich durch Erwärmen des Wassers der Luft Wärme entziehen. Sie lassen daher das Wasser in mehreren, über einander liegenden Canälen allmählig nach unten fließen, während die Luft über dem Wasserspiegel und unter der nächst höheren Canalsohle entlang allmählig nach oben getrieben wird, gerade entgegengesetzt, wie dies beim *Schins'schen* Wassererwärmer (Fig. 298, S. 309) der Fall ist, oder sie drücken die Luft geradezu durch das Wasser (vergl. Art. 157, S. 145, *Lacy* und *Vogt*), oder endlich, sie lassen das Wasser in Gestalt eines feinen Regens in die Luft fallen. Die zuletzt genannten beiden Verfahren ge-

<sup>215)</sup> D. R.-P. Nr. 122.

statten keinen Gegenstrom, verlangen somit große Wassermengen und sollen deshalb keine weitere Beachtung finden.

Die Anderen erwarten von der Verdunstung des Wassers die Kühlung der Luft. Sie machen sich hierbei des Irrthumes schuldig, daß die Luft immer geneigt sei, Wasser zu verdunsten, während doch mit zunehmender Abkühlung der Sättigungsgrad der Luft zunimmt, so daß in vielen Fällen eine Verdichtung des Wassers eintreten muß, also eine Entbindung der Wärme eintritt. Für Länder, denen bei höherer Temperatur sehr trockene Luft eigen ist, kann vielleicht die Wasserverdunstung in bescheidenem Grade wirksame Hilfe gewähren; um die Wirkung zu sichern, wird man jedoch das künstliche Trocknen der Luft zu Hilfe nehmen müssen<sup>216)</sup>.

341.  
Kühlung  
durch  
Eis.

Die Kühlung durch Eis ist in so fern mit der zu Eingang dieses Kapitels genannten Kühlung verwandt, als die Winterkälte im Eise aufgespeichert ist. Im Uebrigen ist die Kühlung durch Eis recht wohl verwendbar, da der Rohstoff Handelsware geworden ist. Durch Schmelzen zu Wasser von 0 Grad bindet das Eis 80 Wärmeeinheiten; läßt man das Wasser der zu kühlenden Luft entgegenströmen, so kann man in vielen Fällen dasselbe durch diese auf 20 Grad sich erwärmen lassen, so daß auf Bindung von 100 Wärmeeinheiten durch 1 kg Eis gerechnet werden kann. Wenn noch bemerkt wird, daß 1 cbm aufgehäuften Eises etwa 800 kg wiegt, so ist ersichtlich, welche Eismengen und welcher Raum für eine größere Kühl-Anlage erforderlich sind. Die Eisstücke lassen im Haufen zahlreiche Oeffnungen frei, durch welche die Luft zu strömen vermag, so daß eine große, nicht von vornherein bestimmbare Kühlfläche entsteht. In den Eiskellern der Brauereien pflegt man daher das Eis zusammenfrieren zu lassen, um der Luft nur die Oberfläche des so gebildeten, gewaltigen Eisklumpens darzubieten<sup>217)</sup>. Des Preises halber dürfte für die Luftkühlung das künstliche Eis nicht in Frage kommen, wohl aber unter Umständen die Mittel, welche zur künstlichen Erzeugung des Eises dienen<sup>218)</sup>.

342.  
Kühlung  
verdichteter  
Luft.

Von denselben soll hier nur der Ausdehnung vorher verdichteter und hierauf gekühlter Luft gedacht werden.

Nach *Poisson* ist, wenn  $t_1$  die Anfangs-,  $t_2$  die End-Temperatur trockener Luft bezeichnet, die von der Spannung  $p_1$  auf die Spannung  $p_2$  verdichtet wird,

$$\frac{273 + t_2}{273 + t_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,29} \dots \dots \dots 184.$$

Feuchte Luft verhält sich ein wenig anders; jedoch ist die Abweichung gering, weshalb sie hier vernachlässigt werden kann. Läßt man die Luft von der höheren Spannung  $p_2$  auf die kleinere  $p_1$  sich ausdehnen, so ist die entstehende Temperaturabnahme nach derselben Formel 184 zu berechnen.

Beispielsweise werde Luft von 30 Grad Temperatur und atmosphärischer Spannung (etwa 10 000 kg auf 1 qm) auf 15 000 kg Spannung für 1 qm verdichtet, so daß nach Gleichung 184

$$\frac{273 + t}{273 + 30} = \left(\frac{15000}{10000}\right)^{0,29} \text{ oder } t_2 = 67,8 \text{ Grad}$$

216) Vergl.: DESOLLIERS, H. Bau der Häuser warmer Länder. Paris 1883 — ferner: *Annales industr.* 1883, S. 559. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1884, S. 304.

217) Vergl. auch Theil III, Bd. 6 (Abth. 5, Abfchn. 3, Kap. 3: Befondere Constructionen für Eisbehälter) dieses Handbuches.

218) FISCHER, F. Ueber die Herstellung von Eis. *Polyt. Journ.*, Bd. 224, S. 165.

SCHÖTTLER. Eismaschinen. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1883, S. 549; 1884, S. 130, 697, 722, 738.

FISCHER, F. Ueber die Verwendung von Kälte. *Zeitsch. f. angewandte Chemie* 1888, S. 7.

SCHWARZ, A. Die Eis- und Kühlmaschinen etc. München 1888.

BEHREND, G. Eis- und Kälteerzeugungs-Maschinen etc. 2. Aufl. Halle 1888.

wird. Kühlt man diese verdichtete Luft durch irgend ein Mittel bis auf 40 Grad ab, ohne die Spannung zu ändern, und läßt man dieselbe hierauf bis zur atmosphärischen Spannung sich ausdehnen, so erhält man, da nunmehr  $t_1 = 40$  Grad ist,

$$\frac{273 + t_2}{273 + 40} = \left(\frac{10\,000}{15\,000}\right)^{0,29} \quad \text{oder } t_2 = 5,28 \text{ Grad.}$$

Offenbar ist es weit leichter, die Luft von 67,8 Grad auf 40 Grad, als von 30 Grad auf 5,28 Grad abzukühlen; aus diesem Grunde dürfte das erwähnte Verfahren oft gut zu verwenden sein.

Für bescheidene Ansprüche läßt sich der innerhalb kürzerer Zeit stattfindende Temperaturwechsel des Freien, insbesondere der Temperatur-Unterschied der Nachtzeit gegenüber demjenigen des Tages, benutzen.

In diesem Sinne veranlaßt man einen lebhaften Luftwechsel innerhalb der betreffenden Räume während der Nacht, sucht aber am Tage den Wärme-Zutritt möglichst zu verhüten, so daß die Kälteaufspeicherung in den Wänden zum Niedrighalten der Temperatur genügt, oder man bringt grössere Speicher (die aus Mauerwerk oder auch ausgedehnten Wasserbehältern bestehen können) in den Luftkammern, bezw. Luft-Canälen an, so daß hier während der wärmeren Tagesstunden Wärme gebunden, in der Nacht aber durch möglichst lebhafte Luftströme die aufgespeicherte Wärme abgeführt wird.

In Art. 140 bis 145 (S. 132 u. 138) wurden die nöthigen Unterlagen für die Verfolgung des Sättigungsgrades der Luft während einer Temperaturänderung gegeben, auch schon erwähnt, daß man bei Kühlung der Luft an ein Mittel zum Trocknen derselben denken müsse. Hierauf werde ich unten noch zurückkommen. Ein hiermit zusammenhängender Umstand, nämlich die Entbindung von Wärme bei Verdichtung des Dampfes, erfordert sofort ein näheres Eingehen. Nach *Clausius* werden bei 10 Grad rund 600 Wärmeeinheiten gebunden, wenn 1 kg Wasser in Dampf derselben Temperatur verwandelt wird. Dieselbe Wärmemenge wird selbstverständlich frei, sobald der Dampf wieder in Wasser verwandelt wird. Es muß daher nicht allein für die Kühlung der Luft Wärme gebunden werden, sondern auch für die Verdichtung des Wasserdampfes. Der erstgenannte Theil der gesammten, durch das Kühlverfahren zu beseitigenden Wärme ist leicht zu bestimmen; er beträgt 0,24 Wärmeeinheiten für 1 kg Luft und für jeden Grad Temperaturerniedrigung. Der zweite Theil ist abhängig vom zufälligen Sättigungsgrade der zu kühlenden Luft.

343.  
Wärme-  
entbindung  
durch Dampf-  
verdichtung.

Da eine Kühl-Anlage insbesondere bei Sättigung der Luft, bei schwülem Wetter ficheren Erfolg haben soll, so wird man bei Berechnung der zu bindenden Wärmemenge regelmässig diesen ungünstigsten Fall zu Grunde legen und nur in besonderen Fällen anders verfahren. Aus der Tabelle auf S. 133 ist die zu verdichtende Dampfmenge leicht zu entnehmen.

Beispielsweise möge eine gefättigte Luft, deren Temperatur 25 Grad beträgt, zur Verwendung kommen; sie solle auf 5 Grad abgekühlt werden. Alsdann ist für je 1 kg der Luft die Wärme zu binden:

$$20 \cdot 0,24 + (19,6 - 5,2) 0,6 = 4,8 + 8,64 = 13,44 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Es ist somit die für die Verdichtung des Dampfes zu bindende Wärmemenge nahezu doppelt so groß, als diejenige, welche die eigentliche Luftkühlung erfordert.

#### b) Verwendung der Mittel.

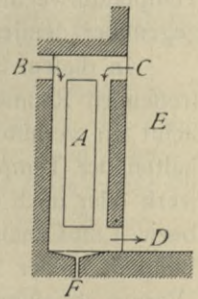
Der jedenfalls recht unangenehmen Kältestrahlung halber wird man die abzukühlenden Flächen meistens so anbringen, daß die Strahlung derselben Menschen nicht treffen kann. Es wird daher in der Regel die Kühlung der Luft in beson-

344.  
Kühlkammern.

deren Kammern erfolgen müssen. Die erforderliche Bewegung der Luft kann wieder durch den Auftrieb — der hier negativ wirkt — erfolgen, welchen die Temperaturänderung hervorruft, oder durch Gebläse und Lockschornsteine. Bei Verwendung kalten Wassers bewirkt der Auftrieb auch das Emporsteigen des Wassers.

Fig. 319 verfinnlicht die Anordnung einer Kühlkammer, in welcher der Körper *A* entweder einen mit Eis gefüllten Korb oder ein Gefäß, bezw. eine Röhrenschlange bezeichnet, durch welche 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 Niederschlagswasser.

Fig. 319.



Die Berechnung der Abmessungen einer solchen Anordnung findet nach denselben Grundfätzen statt, welche für die Berechnung der Heizung 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. 99, S. 95)  $100 \cdot 100 = 10\,000$  Wärmeeinheiten und verdunsten (nach Art. 129, S. 126)  $100 \cdot 100 = 10\,000\text{ g} = 10\text{ kg}$  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 Anfangs-Temperatur  $t_1 = 25$  Grad auf die Temperatur  $t_2$  gebracht werden, wobei

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

oder

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

Die als gefättigt angenommene Luft verliert hierbei (nach Art. 145, S. 139)  $(19,6 - 7,9) 3000 = 32\,100\text{ g}$  oder  $32,1\text{ kg}$  Wasser, wodurch  $32,1 \cdot 600 = 19\,260$  Wärmeeinheiten frei werden. Die Kühl-Vorrichtung hat somit  $10\,000 + 19\,260 = 29\,260$  Wärmeeinheiten stündlich zu binden. Wird  $k = 15$  und ferner angenommen, daß das Kühlwasser die Anfangs-Temperatur 10 Grad und die End-Temperatur 20 Grad hat, so berechnet man die erforderliche Kühlfläche in gewöhnlicher Weise zu

$$F = \frac{29\,260}{15} \frac{2}{(11 + 25) - (10 + 20)} = 650 \text{ qm.}$$

Man sieht also, daß trotz der Verwendung sehr kalten Wassers außerordentlich große Kühlflächen erforderlich sind.

Jedes Kilogramm der gekühlten Luft enthält 7,9 g Wasserdampf, somit die gefammte, stündlich einströmende Luft 23 700 g. Hierzu kommen die 10 000 g, welche die Menschen verdunsten, so daß je 1 kg der im Raume auf 25 Grad wieder erwärmten Luft 11,2 g enthält, d. h. zu 57 Procent gefättigt ist.

Würde man von einer Lufterneuerung absehen, so würden nur die 10 kg von den Menschen abgegebenen Wasserdampfes zu verdichten, also hierfür nur  $600 \cdot 10 = 6000$  Wärmeeinheiten erforderlich sein, so daß die Kühlfläche nur etwa halb so groß, als vorhin berechnet, zu sein brauchte. Die zum Kühlen erforderliche Wassermenge ist im ersten Falle  $\frac{29\,260}{10} = 2926$  Kilogr. oder Liter, im anderen Falle 600 Liter stündlich.

Gelegentlich der Preisbewerbung, betr. die Heizungs- und Lüftungs-Anlage für das neue Reichstagshaus zu Berlin wurde von zwei Bewerbern angegeben<sup>219)</sup>, daß die Wärmebindung nasser Kühlflächen erheblich größer sei, als diejenige trockener, ja geradezu ausgesprochen, daß die gleiche Luftmenge von einer und derselben Kühlfläche in gleichem Grade gekühlt werde, wenn aus derselben Wasser niedergeschlagen werde oder nicht. Die Richtigkeit dieser Angabe ist wahrscheinlich; beftätigt sich

<sup>219)</sup> Siehe: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 762.

dieselbe, so darf man die Kühlflächen entsprechend kleiner wählen. Die erforderliche Kühlwassermenge wird natürlich hierdurch nicht beeinflusst.

In Art. 160 (S. 149) wurde bereits auf die Schwierigkeiten hingewiesen, welche entstehen, wenn man einem Raume Luft zuführt, welche kälter ist, als die in ihm befindliche Luft. Sie treten natürlich auch ein, wenn man die Luft des Raumes nur den Kühlflächen entlang führt.

Der Umstand, daß die kühlere Luft aus der Kühlkammer (Fig. 319) über den Fußboden, also gegen die im gekühlten Raume befindlichen Menschen fließt und diese dabei belästigt, zwingt, wenn die Luftkühlung eine weitergehende ist, zur Anwendung besonderer Mittel, welche dahin zielen, die betreffenden Luftströmungen thunlichst hoch zu legen und möglichst zu vertheilen.

Dahin gehört die Vertheilung der eine kalte Flüssigkeit (Wasser oder mittels Kältemaschine gekühlte Chlorcalcium-Lösung oder dergl.) führenden Röhren unter der Decke. Sie erfordert die Anbringung von zur Aufnahme des Tropfwassers geeigneten Rinnen. Das Tropfwasser ist leichter unschädlich zu machen, wenn man die Röhrenvertheilung an den Wänden vornimmt. Endlich wird diesem Zwecke durch Vertheilung der Oeffnungen, durch welche die gekühlte Luft in den betreffenden Raum tritt, gedient.

Den Ausstellungsraum, welchen das französische Ministerium für öffentliche Arbeiten gelegentlich der 1878-er Weltausstellung zu Paris für seine Zwecke errichten ließ, 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 Raume entwickelten Wärme durch Vermittelung des Fußbodens und der Holzschalung an die kühle Luft abgegeben, so daß diese mit höherer Temperatur in den Raum trat <sup>220)</sup>.

### Literatur

über »Abkühlung der Luft«.

- MORIN. *Procédés à employer pour rafraîchir l'air destiné à la ventilation. Nouv. annales de la constr.* 1865, S. 125.
- GENESTE. *Dé la ventilation dans les pays chauds au moyen d'air refroidi.* Paris 1873.
- FISCHER & 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 KROFF in Nordhausen. *Gefundh.-Ing.* 1880, S. 261.
- LIGHTFOOT, T. B. *On machines for producing cold air. Engng.*, Bd. 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.
- KILBOURN, J. K. *Mechanical refrigeration. Engng.*, Bd. 32, S. 403, 427, 465.
- SUFFIT, J. *Ventilation par refroidissement. Monit. des arch.* 1881, S. 67, 82, 100, 113, 129, 146, 161, 177. — Auch als Sonderabdruck erschienen: Paris 1882.
- Das Leichenschauhaus in Paris. *Centralbl. d. Bauverw.* 1884, S. 399.
- Die Kühlung geschlossener Räume. *Gefundh.-Ing.* 1885, S. 507.
- Das Leichenschauhaus in Berlin. *Centralbl. d. Bauverw.* 1886, S. 101. *Baugwks.-Zeitg.* 1886, S. 482.

<sup>220)</sup> Vergl. auch das in Fußnote bereits genannte Kapitel dieses »Handbuchs«, so wie auch in der 2. Auflage des gleichen Bandes das Kapitel über »Kühl-Anlagen«.

## 12. Kapitel.

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

## a) Mittel zur Regelung.

346.  
Einfachste  
Regelung.

Der gewöhnliche Stubenofen gewährt das roheste Bild der Regelung: man bedient das Feuer so, daß durch dessen Wärmeentwicklung die gewünschte, diejenige des Freien überragende Temperatur erhalten wird.

Der Vollständigkeit halber mag angeführt werden, daß Vorschläge gemacht sind, hinsichtlich der Kühlung ähnlich zu verfahren. Zu diesem Zwecke legt man Eis in solcher Menge in einen Korb, daß die gewünschte Kühlung eintritt. Das Schmelzwasser kann noch durch eine Röhrenleitung geführt werden, um auch dessen fühlbare Kälte für den vorliegenden Zweck auszunutzen<sup>221)</sup>.

347.  
Heizung  
mit  
aufgespeicherter  
Wärme.

Die Umständlichkeit, die mit solchem Verfahren, nach welchem die Bedienung jederzeit die Wärmeentwicklung, bezw. Wärmebindung durch Bemessung des einzuführenden Brennstoffes, bezw. aufzulegenden Eises zu regeln hat, führte zunächst zur Heizung mit aufgespeicherter Wärme<sup>222)</sup>, d. h. Wärmeentwicklung innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit, Auffpeicherung der im Ueberflusse entwickelten Wärme und Abgabe derselben an den betreffenden Raum innerhalb längerer Zeit. Man erreichte damit gleichzeitig — vielleicht unabsichtlich —, daß die Feuerstelle für diejenige stündliche Brennstoffmenge benutzt werden konnte, welche ihren Abmessungen entsprach.

348.  
Gemauerte  
und  
Kachelöfen.

Als erster Vertreter des Heizens mit aufgespeicherter Wärme tritt uns der gemauerte Ofen, bezw. dessen hübscherer Bruder, der Kachelofen, entgegen. Es ändert nichts an dem an diesem Orte in Frage kommenden Vorgange, ob der Ofen als gewaltiger Schacht mehrere Gefchoße des Hauses durchbricht und dort Theile der Zimmerwände bildet — wie in Rußland heute noch gebräuchlich — oder ob derselbe in dem betreffenden Raume eine selbstständige Stelle einnimmt oder in einer besonderen Heizkammer untergebracht ist: immer werden die Steinmassen desselben von innen durch das Feuer, bezw. den Rauch erwärmt und geben die aufgenommene Wärme, wegen der geringen Leitungsfähigkeit des Stoffes, nur allmählig an die umgebende Luft ab, so daß mehr oder weniger lange nach Aufhören der Wärmeentwicklung die Wärmeabgabe stattfindet. Es ist dieser Vorgang zu vergleichen mit einer Thalsperre, welche die gewaltigen Wassermassen eines starken Gewitters hindert, sofort in das Land sich zu ergießen, vielmehr den Abfluß des Wassers auf eine längere Zeitdauer vertheilt. Beim Sammelteiche finden sich aber Schütze, durch welche der Abfluß geregelt wird, während die Oberfläche des Ofens, durch welche die Wärme ausströmt, frei in der Luft des Zimmers sich befindet. Die Wärmeabgabe steht im geraden Verhältniß zum Unterschiede der Ofen- und Lufttemperatur, so daß die Wärmeabgabe in ähnlicher Weise sich ändert, wie der Wasserabfluß sich ändern würde, wenn man in jene Thalsperre einen lothrechten, von unten bis zur Krone reichenden unveränderlichen Schlitz behuf des Wasserabflusses anbrächte. Bisher ist es nicht gelungen, das Gesetz, nach welchem die Aenderung der Wärmeabgabe Seitens des Kachelofens oder eines anderen dicken Körpers stattfindet, durch Rechnung zu gewinnen; indeß läßt sich durch Ueberlegung die Art des Verlaufes

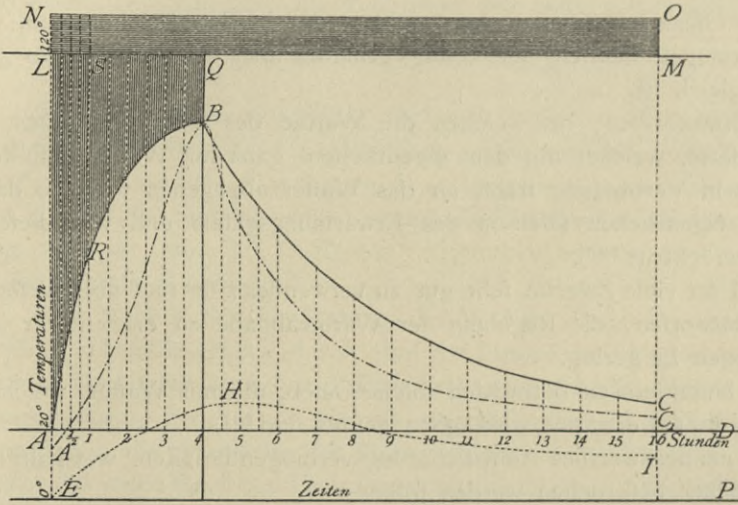
<sup>221)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 759.

<sup>222)</sup> Vergl.: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 35.



mit Sicherheit fest stellen; die punktirte krumme Linie  $ABC_1$  in Fig. 320 dürfte die Wärmeabgabe defselben von  $B$  bis  $C_1$  zutreffend wiedergeben. Sie läßt genügend erkennen, wie wenig gleichförmig die Wärmeabgabe fein muß, in welch geringem

Fig. 320.



Mafse die Heizung mittels eines recht dickwandigen Kachelofens, in welchem nur während verhältnißmäßig kurzer Zeit ein lebhaftes Feuer unterhalten wird, der Forderung eines gleichmäßigen Warmhaltens zu genügen vermag. Diese Thatfache tritt um so mehr hervor, wenn man auch den punktirten Curventheil  $AB$ , welcher die

Erwärmung des Ofens darstellt, mit in Betracht zieht.

Beachtet man, daß die Temperatur des Freien wechselt, so kann man unter Umständen zu dem Schluffe gelangen, daß bei rechtzeitigem Anheizen der ungünstige Verlauf der Linie  $ABC_1$  weniger fühlbar wird. Man hat die niedrigste Temperatur des Freien, welche in der Regel früh Morgens eintritt, der höchsten Temperatur des Ofens gegenüber zu stellen, d. h. die Entzündung des Feuers so zeitig stattfinden zu lassen, daß die höchste Temperatur des Ofens mit der niedrigsten Temperatur des Freien zusammenfällt. Alsdann nimmt die Temperatur des Ofens wenigstens in demselben Sinne ab, wie der Wärmebedarf. Durch geschickte Benutzung dieses Umstandes, durch zweckmäßige Wahl der Verhältnisse würde man eine befriedigend gleichmäßige Zimmer-Temperatur erhalten können.

Man kennt jedoch die eintretende Temperatur des Freien vorher nicht; man erzeugt deshalb in Wirklichkeit, trotz aller Sorgfalt, fast immer eine zu niedrige oder eine zu hohe Zimmer-Temperatur, so daß man im ersten Falle früher, als beabsichtigt, das Feuern wiederholen, im letzteren Falle aber das Fenster öffnen muß, um den Aufenthalt im Zimmer erträglich zu machen.

Die Niederdruck-Wasserheizungen enthalten so große Wassermengen, daß sie lange nach Verlöfchen des wärmeentwickelnden Feuers noch zu heizen vermögen. Gleiches hat man durch die Dampfwaterheizung zu erreichen gesucht <sup>223</sup>).

Man muß vier verschiedene Arten dieser Dampfwateröfen unterscheiden, nämlich:

1) Solche, die nur zum Theile mit Wasser gefüllt sind, während der übrige Raum des Ofens vom zugeleiteten Dampf eingenommen wird und das Niederflagswasser des letzteren zum Wasservorrath fließt <sup>224</sup>).

349.  
Dampfwater-  
öfen.

<sup>223</sup>) Zuerst 1843 von GROUVELLE vorgeschlagen und 1849 ausgeführt nach: PÉCLET, E. *Traité de la chaleur*. 3. Aufl. Bd. III. Paris 1861. S. 182.

<sup>224</sup>) Siehe: *Zeitschr. f. Bauw.* 1873, S. 449. — *Polyt. Journ.*, Bd. 222, S. 8. — *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 621, 23. — *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1882, S. 436.

2) Solche, welche nur zum Theile mit Wasser gefüllt sind, während ihr übriger Raum leer, und zwar möglichst luftleer ist; der aus der Leitung entnommene Dampf tritt nicht mit dem Wasser in unmittelbare Berührung und dient grösstentheils dazu, um Dampf aus dem Wasser zu erzeugen, welcher nunmehr seine Wärme an die Luft abgibt<sup>225)</sup>.

Beide genannte Ofenarten können hier nicht weiter in Betracht kommen, da ihr Auffspeicherungsvermögen meistens klein, ihr Verhalten aber der weiter unten genannten vierten Art gleich ist.

3) Solche Dampfwateröfen, bei welchen die Wärme des Leitungsdampfes in einem besonderen Gefässe, welches mit dem eigentlichen, ganz mit Wasser gefüllten Ofen oben und unten in Verbindung steht, an das Wasser abgegeben wird, so dass das Wasser aus dem eigentlichen Ofen in das Erwärmungsgefäss und von diesem wieder in den Ofen zurücktritt<sup>226)</sup>.

Diese Öfen sind für viele Zwecke sehr gut zu verwenden; sie sind aber wesentlich in der Absicht entworfen, die Regelung der Wärmeabgabe zu erleichtern; ihr Auffspeicherungsvermögen ist gering.

4) Endlich sind besonders zu betrachten solche Öfen, die mit Wasser, welches Seitens des Leitungsdampfes erwärmt wird, ganz gefüllt sind<sup>227)</sup>.

Sie können ein nennenswerthes Auffspeicherungsvermögen erhalten, weshalb sie ihrer Wirkung nach näher besprochen werden sollen.

Fig. 321 mag einen prismatischen Dampfwaterofen dieser Art darstellen. Es sei der Querschnitt desselben  $f$  (in Quadr.-Met.); die Höhe desselben  $l$  (in Met.); die Aufsfläche desselben  $F$  (in Quadr.-Met.); die Temperatur des Wasserinhaltes  $\Delta$  (in Grad C.); die Zeit  $z$  (in Stunden), und zwar für  $z_1$ :  $\Delta = \Delta_1$ ; für  $z_2$ :  $\Delta = \Delta_2$ ; die als unveränderlich angenommene Temperatur der umgebenden Luft  $\delta$  (in Grad C.); der Wärmeübergang vom Ofen in die Luft für jeden Grad Temperatur-Unterschied  $(\Delta - \delta)$  für 1 qm Heizfläche und 1 Stunde  $k$ ; die stündlich vom Ofen abgegebene Wärme =  $W$ ; der Wasserinhalt des Ofens =  $fl \cdot 1000$  kg. Alsdann ist

$$dW = Fk(\Delta - \delta) dz, \quad \dots \dots \dots 185.$$

$$dW = -fl \cdot 1000 d\Delta; \quad \dots \dots \dots 186.$$

also  $Fk(\Delta - \delta) dz = -fl \cdot 1000 d\Delta,$

d. i.

$$-\frac{1000fl}{Fk} \int \frac{d\Delta}{\Delta - \delta} = \int dz,$$

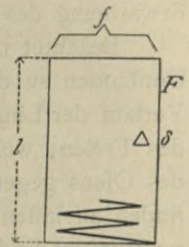
oder

$$-\frac{1000fl}{Fk} [\log. \text{nat.} (\Delta - \delta) + \text{Const.}] = z + \text{Const.}$$

Durch Einsetzen der zusammengehörigen Werthe  $z_2$  und  $\Delta_2$ , bzw.  $z_1$  und  $\Delta_1$ , und Abziehen der beiden Gleichungen erhält man hieraus einen Ausdruck für  $z_2 - z_1$ , wie folgt:

$$-\frac{1000fl}{Fk} [\log. \text{nat.} (\Delta_2 - \delta) + \text{Const.}] = z_2 + \text{Const.},$$

Fig. 321.



<sup>225)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 36, 39; Bd. 239, S. 412. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 317.

<sup>226)</sup> Siehe: Bayer. Ind.- u. Gewebel. 1878, S. 290. — Polyt. Journ., Bd. 234, S. 35.

<sup>227)</sup> MORIN, A. *Études sur la ventilation*. Paris 1863. Bd. 1, S. 551 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 227, S. 355. — Deutsche Bauz. 1877, S. 487. — Deutsche Industrie-Zeitg. 1878, S. 42 — endlich die (meines Wissens nicht veröffentlichten) Öfen von Schäffer & Walker, M. & H. Magnus u. a.

$$-\frac{1000 fl}{Fk} [\log. \text{ nat. } (\Delta, - \delta) + \text{Const.}] = z, + \text{Const.},$$

$$\frac{1000 fl}{Fk} \log. \text{ nat. } \frac{\Delta, - \delta}{\Delta'', - \delta} = z'', - z, \dots \dots \dots 187.$$

und durch Umwandlung der Gleichung 187 ohne Schwierigkeiten

$$\Delta'', - \delta = \frac{\Delta, - \delta}{e^{\frac{kF(z'', - z)}{1000 fl}}} \dots \dots \dots 188.$$

Mit Hilfe dieser Gleichung sind die Temperatur-Unterschiede  $\Delta'', - \delta$  für jede Zeit nach dem Beginne der Abkühlung zu berechnen. Sie sind berechnet worden für  $f = 0,2^m$ ,  $l = 2^m$ ,  $F = 3,53^{\text{qm}}$ ,  $\Delta, = 100,6$  Grad,  $z, = 4$  Stunden,  $z'', = 4\frac{1}{2}$ ,  $5$ ,  $5\frac{1}{2}$ ,  $6$  u. f. w. bis 16 Stunden,  $k = 15$ , und die Werthe  $\Delta'',$  sind von der Abscissenaxe  $EP$  (Fig. 320) als lothrechte Ordinaten aufgetragen worden, so dafs ihre Endpunkte die krumme Linie  $BC$  bilden.

Der Verlauf der Erwärmung des Wassers kann in ähnlicher Weise verfolgt werden. Dieselbe erfolge durch eine mit Dampf gefüllte Röhrenschlange, welche im unteren Theile des Ofens (vergl. Fig. 321) angebracht ist. Ausser den früher genannten Bezeichnungen bedeute:  $\tau$  die als unveränderlich angenommene Temperatur des Dampfes,  $\varphi$  die Oberfläche der Röhrenschlange (in Quadr.-Met.),  $\kappa$  die Wärmemenge, welche für jeden Grad des Temperatur-Unterschiedes  $\tau - \Delta$  für 1 qm Oberfläche stündlich vom Dampf an das Wasser übergeht, und  $w$  die gefammte Wärmemenge, welche der Dampf an das Wasser abliefern. Es ist alsdann die Aenderung des Wärmegehaltes im Ofen

350.  
Warmwasser-  
öfen.

$$dw - dW = fl \cdot 1000 d\Delta \dots \dots \dots 189.$$

Da aber

$$dW = Fk (\Delta - \delta) dz \text{ und } dw = \varphi \kappa (\tau - \Delta) dz$$

ist, so entsteht durch Einsetzen

$$fl \cdot 1000 d\Delta = [\varphi \kappa (\tau - \Delta) - Fk (\Delta - \delta)] dz,$$

oder

$$\int \frac{1000 fl}{\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta} d\Delta = \int dz;$$

also

$$-\frac{1000 fl}{\varphi \kappa + Fk} \log. \text{ nat. } [\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta] + \text{Const.} = z + \text{Const.}$$

Durch Einsetzen des Werthes  $\Delta_0$  statt  $\Delta$  für  $z = 0$  erhält man hieraus leicht

$$\frac{1000 fl}{\varphi \kappa + Fk} \log. \text{ nat. } \frac{\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta_0}{\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta} = z, \dots \dots \dots 190.$$

und ferner durch Umgestaltung dieser Gleichung

$$\Delta = \frac{\varphi \kappa \tau + Fk \delta}{\varphi \kappa + Fk} - \frac{\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta_0}{\varphi \kappa + Fk} e^{-\frac{\varphi \kappa + Fk}{1000 fl} z} \dots \dots \dots 191.$$

Gleichung 191 liefert nun, wenn man  $\tau = 120$  Grad,  $\varphi$ , wie thatfächlich meistens der Fall, zu etwa  $\frac{F}{10}$ , genau  $= 0,35^{\text{qm}}$ ,  $\kappa = 800$  setzt, die Ordinaten des Schaulinientheiles  $AB$  in Fig. 320, so dafs diese Linie das Gesetz der Wassererwärmung darstellt.

Bevor ich auf die Besprechung der Gefammtlinie  $ABC$  eingehe, mufs ich noch rechtfertigen, warum in der Rechnung  $\delta$ , d. i. die Temperatur der den Ofen

umgebenden Luft, als unveränderlich angenommen worden ist, obgleich sich  $\delta$  thatsächlich wegen der Verschiedenheit der Ofen-Temperatur fortwährend ändert. Die Bewegung des  $\delta$  unterliegt zahlreichen Einflüssen, die rechnungsmäßig nicht verfolgt werden können, so daß ohne jene Annahme eine rechnungsmäßige Behandlung überhaupt unmöglich sein würde. Andererseits werden die Schwankungen der Lufttemperatur durch das Vermögen der Wände u. f. w., erhebliche Wärmemengen in sich aufzuspeichern, innerhalb solcher Grenzen gehalten, daß sie auf die Größe des  $\Delta$  nur gering einzuwirken vermögen. Die punktirte Linie  $EH\mathcal{F}$  dürfte den Verlauf der Aenderung in der Temperatur der Zimmerluft richtig wiedergeben. Würden die zugehörigen Werthe der Ordinaten dieser Linie statt des unveränderlichen  $\delta$  in die Rechnung eingeführt, so würden  $AB$  sowohl, als  $BC$  weniger krumm ausfallen, die ungleichmäßige Wärmeabgabe des Ofens aber nicht günstiger erscheinen.

Diese Wärmeabgabe steht in geradem Verhältnisse zum Temperatur-Unterschiede  $\Delta - \delta$ , sonach zu den Theilen der Ordinaten der Linie  $ABC$ , welche über  $EH\mathcal{F}$ , oder bei unveränderlichem  $\delta = 20$  Grad, über  $AD$  liegen. Sie schwankt sonach, zwischen weit von einander liegenden Grenzen, in dem Sinne, wenn auch nicht ganz in dem Maße, wie die Wärmeabgabe des Kachelofens, welche durch die Linie  $A_1BC_1$  dargestellt ist. Daraus ergibt sich zunächst eine entsprechende Ungleichmäßigkeit der Zimmer-Temperatur, welche leicht über die Grenzen des Erträglichen hinausgeht. Hat man dem Ofen beispielsweise während 4 Anheizstunden so viel Wärme zugeführt, als man in den folgenden 12 Stunden zur Warmhaltung des betreffenden Zimmers gebraucht, so kann durch Eingreifen des Wärmespeicherungsvermögens der Wände, Decken, Möbel u. f. w. die Schwankung der Zimmer-Temperatur einigermaßen gemildert werden; erwärmt man den Ofen mehr, so muß man sich durch Oeffnen der Fenster und Thüren (wie beim Kachelofen) gegen die eintretende zu hohe Temperatur schützen, ein Verfahren, welches recht lästig, wenn nicht gesundheitschädlich ist. Für den Fall aber, daß man den Wärmebedarf des Tages unterschätzte, ist ein erneutes Anheizen viel weniger einfach, als beim Kachelofen. Die Thatfache, daß zu wenig Wärme aufgespeichert worden ist, erkennt man erst beim Eintreten einer zu niedrigen Temperatur der Zimmerluft; man wird deshalb längere Zeit frieren müssen, bis der begangene Fehler ausgeglichen ist.

Diejenigen Warmwasser-Heizungen, welche in den warm zu haltenden Räumen große Wassermengen enthalten — man findet dieselben häufig, namentlich in Gewächshäusern — verhalten sich genau so, wie die soeben besprochene Dampfwasserheizung; die Wärmeabgabe der Wärmflaschen erfolgt nach der Linie  $BC$  in Fig. 320, da die Erwärmung derselben außerhalb des zu beheizenden Raumes stattfindet.

Kann man denn die für einen gewissen Zeitabschnitt erforderliche Wärmemenge vorher genau genug bestimmen, um hiernach die Wärmespeicherung zu bemessen? Leider nein. In unserem Klima sind Temperaturwechsel des Freien um 10 Grad innerhalb 24 Stunden nicht selten; fühlbarer ist noch der Einfluß der die Fenster eines Zimmers treffenden Sonnenstrahlen, und zu beachten ist ferner die Richtung und Stärke des Windes. Diese von vornherein nicht zu berechnenden Umstände können innerhalb weniger Stunden den Wärmebedarf in weit gehendem Maße ändern.

Es geht hieraus hervor, daß die Heizung mittels Wärmespeicherung nur dann eine begehrenswürdige sein kann, wenn man jederzeit entsprechend dem Wärmeabfluß aus dem zu beheizenden Raume den Wärme-Zufluß aus dem vorher aufgespeicherten Vorrathe regeln kann, d. h. das Heizen mit aufgespeicherter Wärme kann

nur die Regelung der Wärmeentwicklung erleichtern; die Wärmeabgabe erfordert besondere Regelung.

Die Regelung für die Wärmeabgabe der Heizkörper kann stattfinden <sup>228)</sup>:

1) durch Aenderung des Temperatur-Unterschiedes der Heizflächen und der sie bespülenden Luft oder

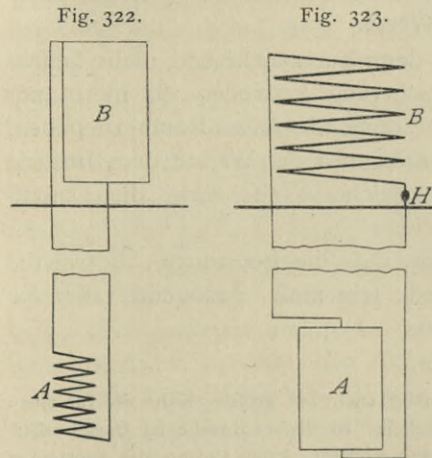
2) durch Aenderung der Heizflächengröße.

Die Aenderung des genannten Temperatur-Unterschiedes ist zu bewirken durch Aenderung der Heizflächentemperatur oder der Lufttemperatur oder endlich durch Aenderung beider.

Das erstere Verfahren tritt besonders deutlich hervor bei den Wasserheizungen. Die Temperatur des im Wärmestraher befindlichen Wassers wird durch verschieden lebhaftes Feuern — vielleicht unter Vermittlung eines besonderen Reglers — oder verschieden große Umlaufgeschwindigkeit geändert. Nur das letztgenannte Verfahren giebt zunächst Veranlassung zu eingehender Erörterung, und zwar in Rücksicht darauf, ob der Wärmestraher eine größere oder geringere Wassermenge enthalten soll.

Die erste und, wie ich gleich hinzufügen will, schlechteste der betreffenden Anordnungen wird durch Fig. 322 wiedergegeben. *A* sei der Wärme aufnehmende Körper,

kurzweg Heizkessel genannt, *B* der Wärme abgebende Körper oder Wärmestraher. *A* ist so eingerichtet, dass derselbe nur wenig Wasser enthält; ich habe dies dadurch anzudeuten gesucht, indem ich in Fig. 322 *A* als Röhrenschlange zeichnete. *B* enthält dagegen sehr viel Wasser. Wegen der geringen Wassermenge in *A* erwärmt sich diese (nach Entzündung des Feuers) sehr rasch, steigt empor und wird durch kälteres Wasser, das aus *B* niederfließt, ersetzt. *B* wird dagegen nur sehr langsam erwärmt, in dem Sinne, wie beim Dampfwasserofen, aber langsamer als dort. Nach Erlöschen des Feuers hört die Wärme-Zufuhr auch nach *B* sofort auf, so dass der



Wärmestraher sich nunmehr fast genau so verhält, wie der früher besprochene Dampfwasserofen, und ihm die gleichen Mängel, wie jenem eigen sind. Selbst die völlige Abperrung des Wasserumlaufes schwächt die Wärmeabgabe des Ofens nicht, wie die völlige Freilassung ihn nicht merklich fördert.

An der entgegengesetzten äußeren Grenze steht die Anordnung, welche Fig. 323 veranschaulicht. Hier enthält der Wärmestraher *B* möglichst wenig Wasser, was wieder durch Andeutung der Röhrenschlange leicht erkennbar gemacht worden ist, während im Heizkessel *A* sehr viel Wasser vorhanden ist. Nach Entzündung des Feuers erwärmt sich *A* nur langsam, immerhin etwa eben so rasch wie *B* in Fig. 322; das in *A* erwärmte Wasser steigt in bekannter Weise zu *B* empor und giebt hier Wärme ab.

Durch Einschalten eines Ventils oder Hahnes in die Leitung zwischen *A* und *B*, vielleicht bei *H* (Fig. 323), lässt sich nun die Wassermenge, welche in der Zeiteinheit die Schlange *B* durchfließt — innerhalb gewisser Grenzen, aber bis zum Aufhören

351.  
Regelung  
der Wärme-  
abgabe.

352.  
Regelung  
bei Wasser-  
heizungen.

<sup>228)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.

des Wasserumlaufes — regeln, so daß dem entsprechend verschiedene Wärmemengen von dem in *A* aufgespeicherten Vorrath in die Schlange *B* gelangen, also deren mittlere Oberflächen-Temperatur sich hiernach ändert und damit der beabsichtigte Zweck ohne Weiteres erreicht wird. Je größer der Wasserinhalt des Wärmestrahlens *B* ist, um so später folgt indess seine mittlere Ofen-Temperatur der vorgenommenen Hahnstellung.

Der Wasserinhalt der Wärmestrahlens verdient aus diesem Grunde besondere Aufmerksamkeit. Es mögen deshalb einige Angaben über den Wasserinhalt gegenüber 1 qm Heizfläche eingeschaltet werden. Es entfallen:

bei 0,022 m weiten Heizröhren . . . . .	0,33 Liter,
» 0,02 m weiten Plattenöfen . . . . .	1,00 »
» den Gliederöfen . . . . .	5,00 bis 8,00 »
» den Oefen von <i>Pflaum &amp; Gerlach</i> <sup>229)</sup> . . . . .	17,25 »
» » » » <i>H. Köfcke</i> . . . . .	35,00 »
» » » » <i>Joh. Haag</i> . . . . .	37,50 »
» » » » <i>Titel &amp; Wolde</i> . . . . .	48,00 »

Rechnet man nun 300 Wärmeeinheiten als durchschnittliche Wärmeabgabe, so findet man, daß nach völligem Absperrern des Wasserumlaufes der Ofen von *Titel & Wolde* rund 10 Minuten bedarf, um nur 1 Grad kälter zu werden! Eine so träge wirkende Regelung ist fast ohne jeden Werth.

Die weniger Wasser enthaltenden Oefen sind denn auch mehr und mehr beliebt geworden; will man mit ihnen die Wärmeeinspeicherung verbinden, so ist es nur nöthig, dem Wasserwärmer *A* (Fig. 323) einen entsprechend großen Raum zu geben. Von diesem läßt sich durch Regelung des Wasserumlaufes die Wärme dem Bedarfe gemäß auf angegebenem Wege entnehmen. In gleicher Weise wirkt die Dampf-warmwasser-Heizung<sup>230)</sup>.

Bei beiden darf aber nicht übersehen werden, daß die Feuerungs-, bzw. die der Dampfentwicklung dienende Anlage im Stande sein muß, genügend rasch die große Wassermenge zu erwärmen.

Folgendes Beispiel möge dies noch erläutern.

Es werde in das Auge gefaßt, behuf bequemer Bedienung auch bei größter Kälte die für einen Tag erforderliche Wärme innerhalb weniger Stunden zu entwickeln; zu diesem Zwecke sei Dampf-wasser-Heizung in Aussicht genommen. Das Beispiel, welches Fig. 320 darstellt, kann alsdann der Erörterung zu Grunde gelegt werden. Zunächst ist erkennbar, daß das erforderliche Aufspeicherungsvermögen ohne Schwierigkeit gewonnen werden kann. Zu untersuchen ist noch, welche Dampf-mengen gefordert werden. Man wird geneigt sein, anzunehmen, daß der bei gleichförmigem Heizen in der Zeiteinheit erforderliche Dampf nur viermal zu nehmen sei, wenn man in 4 Stunden dem Wasser so viel Wärme zuführen will, wie in 16 Stunden gebraucht wird. Diese Anschauung beruht jedoch auf einem Irrthum, indem während des Wassererwärmens bedeutend wechselnde Dampf-mengen zur Verdichtung gelangen.

Die Gleichung 191 gewährt einen Einblick in das Gesetz des Dampfverbrauches des Ofens. Die Wärmeüberführung vom Dampf in das Wasser, somit der Dampfverbrauch, steht in geradem Verhältnisse zum Temperatur-Unterschied  $\tau - \Delta$ . In der krummen Linie *AB* (Fig. 320) liegen die Endpunkte derjenigen Ordinaten, welche, von der Nulllinie *EP* ab gemessen, die Temperaturen  $\Delta$  des Wassers  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1 u. f. w. Stunden nach Beginn des Anheizens darstellen, in der geraden Linie *LQ* diejenigen, welche die unveränderliche Temperatur des Dampfes wiedergeben. Die zwischen *AB* und *LQ* liegenden Theile der Ordinaten bestimmen daher die Temperatur-Unterschiede zwischen Dampf und Wasser und damit den Dampfverbrauch, z. B. *RS* den Dampfverbrauch eine Stunde nach Beginn des Anheizens. Die Fläche *ABQL* entspricht dem Dampfverbrauche während der ganzen Dauer des Anheizens, welcher in folgender Weise

<sup>229)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 738.

<sup>230)</sup> Vergl.: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 439.

zu berechnen ist. Heißt diese Dampfmenge  $q$  (in Kilogr.) und wird angenommen, daß 1 kg Dampf 522 Wärmeeinheiten abzugeben vermag, so ist

$$q = \int_0^{z_1} \frac{(\tau - \Delta) \varphi \times dz}{522} \dots \dots \dots 192.$$

In diese Gleichung ist der Werth für  $\Delta$  aus Gleichung 191 einzusetzen, um eine verwendbare Formel für  $q$  zu gewinnen.

Für das vorliegende Beispiel liefert die letztere  $\approx 77$  kg, welche Dampfmenge, auf die Heizzeit von 16 Stunden gleichmäßig vertheilt, in Fig. 320 durch das Rechteck  $LMNO$  dargestellt wird. Vergleicht man nun die Ordinaten dieser Fläche mit denjenigen der Fläche  $ABQL$ , so erkennt man sofort, daß bei Beginn des Anheizens mehr als das 11-fache, und  $\frac{1}{2}$  Stunde nach dieser Zeit noch das 8-fache desjenigen Dampfes verbraucht wird, welcher bei gleichmäßiger Dampf-Zufuhr während der 16-stündigen Heizdauer nöthig sein würde. Eine geringere Dampf-Zufuhr, als die verlangte, führt zu Mifslichkeiten, welche ich hier nicht weiter erörtern will; nur sei erwähnt, daß durch dieselben fogar die Dampfchlange zerfört werden kann. Für das in Rede stehende Verfahren sind sonach ungemein grose Dampfkeffel, weite Dampföhren und sehr leistungsfähige Ableiter für das Niederchlagswasser nöthig. Ich will gestehen, daß die Uebelfände, welche aus der Nichtbeachtung dieser Thatsache bei einer sehr grosen Anlage, die ungenannt bleiben möge, entstanden sind, mich zu der Aufnahme des gegenwärtigen Themas veranlaßt haben.

Bei Dampfheizungen kann man durch theilweises Schliesen des Zufrömungsventils die Spannung des im Ofen befindlichen Dampfes vermindern, womit eine Verminderung der Heizflächen-Temperatur im Zusammenhange steht. Die Dampfspannung muß, behuf einer wirksamen Regelung der Wärmeabgabe, oft weit unter diejenige der Athmosphäre sinken, so daß das gebildete Wasser nicht mehr selbstthätig den Ofen verläßt, ja, wenn die Wasser-Ableitungsröhren mehrerer Oefen sich in einer gemeinschaftlichen Röhre sammeln, das Wasser dieser Röhre, bezw. benachbarter Oefen unter polterndem Geräusch in den in Rede stehenden Ofen strömt. Man kann Letzteres durch Einschalten eines fog. Rückschlagventils verhindern, 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 verfaßt jedoch zuweilen und giebt sonst Veranlassung zu Störungen, weshalb man dasselbe möglichst zu vermeiden sucht.

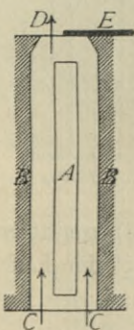
354.  
Regelung  
bei Dampf-  
heizungen.

Man kann ferner den Wärmeaustausch regeln, indem man die Gröfse des gewünschten Temperatur-Unterschiedes der Heizflächen, bezw. Kühlflächen und der Luft durch Aenderung der Lufttemperatur gewinnt.

355.  
Regelung  
mittels  
Aenderung  
der Luft-  
temperatur.

In Fig. 324 bezeichne  $A$  den Heizofen, bezw. Kühlkörper,  $B$  die möglichst wenig leitenden Wände der Heizkammer,  $C$  die Einfströmungs- 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 Temperatur-Unterschied des Körpers  $A$  und der umgebenden Luft. Durch völliges Schliesen der Oeffnung  $D$  hört jeder Luftwechsel auf; die Temperatur der Luft nähert sich mehr und mehr der Heizflächen-Temperatur, 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-

Fig. 324.



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.

Ich habe dasselbe für Heizungen bereits 1879 angewendet<sup>231)</sup>; durch *Bechem & Poff* in Hagen ist es vortheilhaft ausgebildet und zu ausgedehnter Ausführung gelangt. Fig. 325 zeigt die Anordnung von *Bechem & Poff*, wie sie für die Einzelzimmer des Eppendorfer Krankenhauses angewendet worden ist.

Unter den Fensterbänken sind Gliederöfen aufgestellt und von leicht abnehmbaren, wärmedichten, aus einer Art Pappe angefertigten Mänteln umgeben. Jeder Mantel ist aber mittels eines Schiebers im Wesentlichen luftdicht zu schließen. In der Fensterbrüstung ist ein mittels Klappe verschließbarer Canal für die Zufuhr frischer Luft angebracht.

Bei Luftheizungen dienen nicht selten die Klappen, welche den Luft-Austritt regeln, in demselben Sinne. Es leidet jedoch das vorliegende Regelungsverfahren an dem Uebelstande, daß die Luft bei geringerem Wärmebedarf mit sehr hoher Temperatur in das Zimmer tritt, in Folge dessen, wie früher erörtert, der Unterschied der Temperatur unter der Decke und über dem Fußboden ein beträchtlicher wird, auch die von der heißen Luft getroffenen schmückenden Theile des Zimmers eine Schädigung erleiden.

*Bechem & Poff* hindern dies durch über die Regelmäntel gefüllte Ziermäntel, indem innerhalb der letzteren, über den ersteren, eine Mischung der sehr warmen Luft mit kälterer Luft des Zimmers stattfindet.

*E. Kelling*<sup>232)</sup> hat zu gleichem Zwecke die durch Fig. 326 abgebildete, für Luftheizungen bestimmte Klappenanordnung verwendet.

*A* ist der von der Heizkammer emporsteigende Schacht. Derselbe ist in dem zu heizenden Zimmer zum Schlitz ausgebildet, letzterer aber durch die eiserne Platte *B* wieder geschlossen. In *B* befinden sich zwei vergitterte Oeffnungen, von denen die obere *D* dem Austritt warmer Luft dient, während die untere *C* den Eintritt der Zimmerluft vermitteln soll. *C* gegenüber befindet sich eine Klappe *E*, welche zunächst dazu dient, den Luft-Eintritt in *C* zu regeln, bei weiterem Zurücklegen aber den Querschnitt für die durch *A* emporsteigende warme Luft verengt, d. h. die dem Zimmer zugeführte Wärmemenge regelt. Ueber der Klappe *E* mischt sich nun die warme Luft mit der kälteren Zimmerluft, so daß die Oeffnung *D* mäßig erwärmte Luft dem Zimmer zuführt.

Es sei darauf hingewiesen, daß durch diese Klappenanordnung bei unbeschränktem Querschnitt für die Heizluft eine nennenswerthe Menge kälterer Luft der ersteren beigemischt, also die Temperatur der Heizluft auch bei voller Inanspruchnahme der Heizung ermäßigt werden kann.

Die fog. Mischklappen der Luftheizungen (siehe Art. 263, S. 238) gestatten eine Hemmung der Luftbewegung längs der Heizflächen, eine Steigerung der Luft-

Fig. 325.

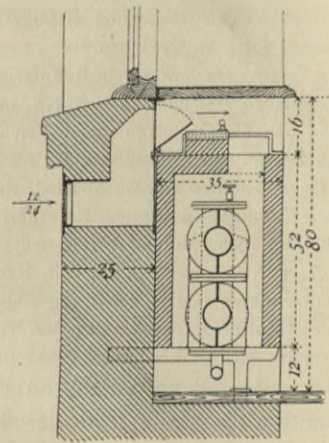
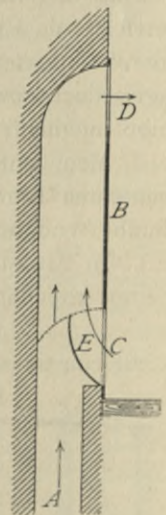
Regelungs-Einrichtung von  
*Bechem & Poff*.

Fig. 326.

Klappenanordnung  
von *E. Kelling*.

231) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 167.

232) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 612.



temperatur und damit eine Regelung der Wärmeabgabe. Sie vermitteln gleichzeitig die Beimischung kälterer Luft zu derjenigen, welche von den Heizflächen kommt, verengen hierbei aber den Gesamtquerschnitt für die frische Luft nicht. Auch für örtlich aufgestellte Heizkörper werden solche Mischklappen<sup>233)</sup> oder nach Umständen Mischschieber<sup>234)</sup> mit Vortheil angewendet.

Das vorliegende Regelungsverfahren muß hiernach als zweckmäßig bezeichnet werden, da es Ventile oder Hähne zur Regelung des Wasserumlaufes, bezw. Dampfeintrittes entbehrlich macht, fonach verhältnismäßig geringe Anlagekosten verursacht, außerdem aber sofort nach Einstellung des Schiebers oder der Klappe der Erfolg merkbar wird.

Es ist auch mit Vortheil angewendet für die Regelung der Wärmeabgabe, wenn mit aufgespeicherter Wärme geheizt wird<sup>235)</sup>. In einer Lübecker Schule regelt man z. B. die Wärmeabgabe gemauerter, sehr dickwandiger Feuerluftheizungsöfen, die täglich nur wenige Stunden geheizt werden, auf diesem Wege.

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 Auströmungsöffnung *D* in Fig. 325 erst allmählig die höhere Temperatur gewinnt. Endlich fehlt es an einem völlig wärmeundurchlässigen Stoffe, so daß bei sehr mildem Wetter die Wärmeabgabe zuweilen auch bei gesperrter Luftbepülung noch zu groß ausfällt.

Dies ist Ursache, die Möglichkeit einer Verkleinerung der Heizfläche näher in das 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 Wasser-Ablafshahnes 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 Dampföfen patentirt erhalten<sup>236)</sup>, in welchem in verschiedenen Höhen Wasser-Abflußöffnungen 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 allmählig eintritt, habe ich durch Rechnung nachgewiesen<sup>237)</sup>.

Für Niederdruck-Dampfheizungen hat *Käuffer* später<sup>238)</sup> folgenden hübschen Gedanken verwirklicht. Der Wärmestrahler *A* (Fig. 327) steht vermöge der Wasser-

356.  
Regelung  
mittels  
Verkleinerung  
der  
Heizfläche.

233) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 323.

234) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 440; 1885, S. 892.

235) Vergl.: JUNGFER, H. R. Verbesserte Anlage für Luftheizungen. Görlitz 1883 — ferner: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 892.

236) D. R.-P. Nr. 6320.

237) In: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 163.

238) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, S. 672.

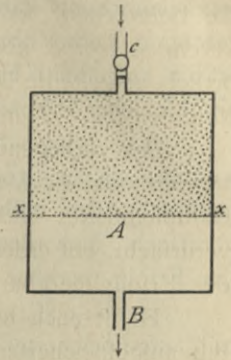
Abflußröhre *B* mit der Atmosphäre in freier Verbindung, während die Dampf-Zuflußröhre *c* mittels Ventiles abstellbar ist. Regelt man nun den Dampf-Zufluß so, daß die über der Linie *xx* befindliche Heizfläche die einströmende Dampfmenge niederzuschlagen vermag, so füllt sich, wegen des geringeren Dampfgewichtes gegenüber dem Luftgewichte, der Heizkörper überhaupt nur bis zur Linie *xx* mit Dampf, während fein unter dieser Linie gelegener Raum mit Luft gefüllt ist, d. h. nur die oberhalb *xx* gelegene Heizfläche vermag Wärme abzugeben. Selbstverständlich muß, um zufällige Unzuträglichkeiten zu vermeiden, das Dampfventil so bemessen sein, daß unter keinen Umständen mehr Dampf in den Heizkörper treten kann, als seine gefammte Fläche niederzuschlagen vermag. Dem erhobenen Vorwurfe, daß in Folge der vorliegenden Regelungsart ein fortwährender Luftwechsel im Heizkörper und in den Niederschlagswasserröhren stattfindet, welcher das Verrosten der (eisernen) Wandflächen fördert, begegnet *Käuffer* durch die Anlage einer besonderen Luftleitung mit Luftbehälter, so daß eine und dieselbe Luft in die Heizkörper u. f. w. tritt, bezw. aus denselben verdrängt wird<sup>239)</sup>. Auf dem Dampf-Eintrittsventil ruht der Dampfdruck der Leitung, hinter ihm derjenige der Atmosphäre. Bei nicht sehr geschickter Anlage kann der auf das Dampfventil wirkende Dampfüberdruck zeitweise groß genug werden, um ein unangenehm pfeifendes Geräusch zu verursachen.

Dies verhütet die neueste von *Schweer* erdachte Regelungsart<sup>240)</sup>, welche als eine weitere Ausbildung der letzterwähnten *Käuffer*'schen betrachtet werden muß.

Unter den Wärmestrahler *A* (Fig. 328) ist ein Wassergefäß *D* gestellt, an welches sich die Niederschlagswasserröhre *B* schließt. Aus *A* fließt das Wasser in *D* vermöge einer Röhre, welche bis nahe an den Boden des letzteren Gefäßes reicht; der Rauminhalt des Gefäßes *D* ist größer, als derjenige des Heizkörpers *A*. Den Dampf-eintritt zu *A* vermittelt die Röhre *C*, welche mit einem Ventil versehen ist; *C* steht in freier Verbindung mit dem oberen Theile des Gefäßes *D*, so daß über dem Wasserspiegel des letzteren der volle Dampfdruck herrscht. Regelt man nun den Dampf-Zutritt so, daß die über *xx* befindliche Heizfläche den Dampf niederzuschlagen im Stande ist, so wird aus *D* das Wasser nach *A* gedrückt, und zwar bis zur Linie *xx*. Auf dem Dampfventil lastet der Druck der Wasserfäulenhöhe *xy*, also ein vom Dampfdrucke in der Leitung unabhängiger. Weitere Einzelheiten siehe in der angezogenen Quelle<sup>240)</sup>.

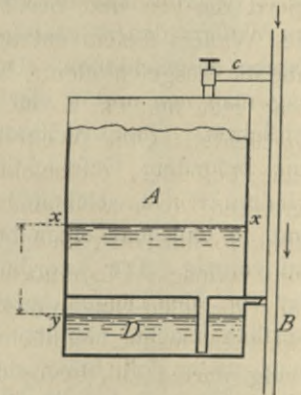
Der Wasserbehälter *D* unter dem Heizkörper *A* stört nun in mehr als einer Hinsicht. *Gebr. Körting* haben deshalb das *Schweer*'sche Regelungsverfahren wie folgt ausgebildet<sup>241)</sup>.

Fig. 327.



Regler von Käuffer.

Fig. 328.



Regelungs-Einrichtung von Schweer.

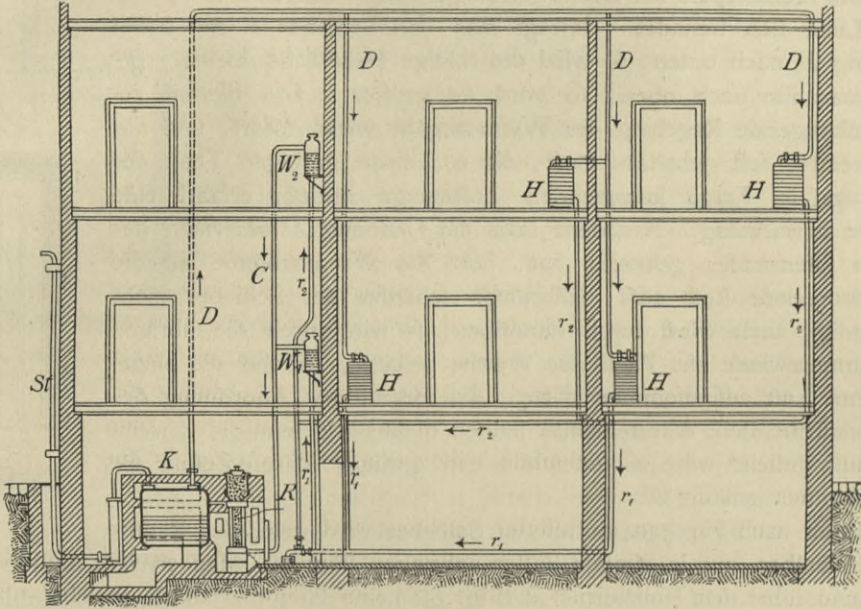
<sup>239)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 779.

<sup>240)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 778.

<sup>241)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 565.

In der schematischen Fig. 329 bezeichnet  $R$  den Korbrost (vergl. Fig. 293),  $K$  den Kessel,  $St$  die Standröhre. Von  $K$  aus führt das Röhrenwerk  $D$  den Dampf zu den Heizkörpern  $H$ . Das hier entstehende Niederschlagswasser fließt durch das Röhrennetz  $r_1$ , bezw.  $r_2$  in die offenen Wasserbehälter  $W_1$ , von wo ab es in den Kessel  $K$  hinabfällt. Die Wassergefäße  $W_1$  und  $W_2$  vertreten die Wassergefäße  $D$  (Fig. 328) der ursprünglichen *Schweer'schen* Anordnung; sie sind so groß und so hoch aufgestellt, daß sie das Wasser sämtlicher zugehöriger Heizkörper  $H$  aufzunehmen, aber auch diese Heizkörper vollständig

Fig. 329.



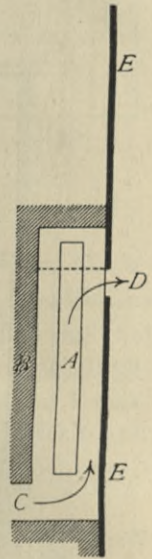
zu füllen vermögen. Insbesondere münden die Ueberlaufrohre  $C$  in solcher Höhe in die Gefäße  $W_1$  und  $W_2$ , daß letztere unter allen Umständen die zum Füllen der Heizkörper erforderliche Wassermenge zurückhalten. Öffnet man nun das über einem der Heizkörper befindliche Dampfventil, so verdrängt der eintretende Dampf so viel Wasser nach dem betreffenden Gefäße  $W$ , daß die frei werdende Heizfläche den nachströmenden Dampf niederzuschlagen vermag; verengt man den Zuflußquerschnitt des Dampfventils, so staut von dem betreffenden  $W$  aus Wasser in den Heizkörper und verkleinert die Heizfläche desselben.

Der Dampfdruck-Unterschied am Ventil ist vom Dampfdruck in den Röhren, wie bei *Käuffer* (siehe Art. 327, S. 340) abhängig, weshalb sowohl die Ventil-anordnung, als auch diejenige des Röhrennetzes eine geschickte Hand verlangt, wenn störende Geräusche vermieden werden sollen. Erschwerend für die Anwendung des beschriebenen *Gebr. Körting'schen* Regelungsverfahrens ist aber der Umstand, daß der Dampfdruck am Heizkörper größer sein muß, als der Unterschied der Wasserspiegelhöhen in dem Heizkörper und dem zugehörigen Gefäße  $W$ , und der fernere, daß das Niederschlagswasser einen viele Widerstände bietenden Weg zurückzulegen hat. Man wird deshalb in der Regel im Dampfentwickler gegen 0,3 Atmosphären (3000 kg für 1 qm) Dampfüberdruck haben müssen, um die vollen Heizflächen ausnutzen zu können.

Im Winter 1878—79 kam mir, gelegentlich des Entwurfes einer größeren Heiz-Anlage, der Gedanke eines anderen Verfahrens zur Verkleinerung der Heizfläche behuf Regelung der Wärmeabgabe. Dasselbe ist für irgend welche Heizungsart zu gebrauchen.

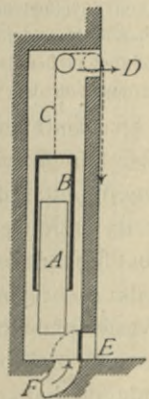
Fig. 330 sei der lothrechte Durchschnitt einer Heizkammer. *A* bezeichnet den Heizkörper, *B* den Schnitt einer festen Wand der Heizkammer, *E* denjenigen einer in lothrechter Richtung verschiebbaren Wand, *C* die Einftrömungsöffnung der zu erwärmenden Luft, *D* die Ausfrömungsöffnung derselben. Diejenige Luft, welche über der in der Figur vom oberen Rande der Oeffnung ab wagrecht punktirten Linie sich befindet, vermag nicht abzuffliessen, da sie als die wärmere ihre hohe Lage beibehält; es dient deshalb nur der Theil des Heizkörpers zur Lufteerwärmung, 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 gröfser. 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 gröfsere 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 eingeschlossene Luft aufgenommen hatte. Bei sorgfältiger Anordnung des Ganzen dürfte diese Wärmemenge jedoch nicht lästig sein, da — wenn überhaupt geheizt wird — jedenfalls eine geringe Wärme-Zufuhr für jedes Zimmer zulässig ist.

Fig. 330.



Einen nach Fig. 330 gefalteten Schieber wird man, des Raumbedarfes halber, nur in einigen Fällen anbringen können. Man erreicht dasselbe Ziel, wenn man über den Heizkörper *A* (Fig. 331) eine Haube *B* stülpt, welche mit Hilfe einer Kette *C* höher oder tiefer gehängt werden kann. Durch *E* vermag die Luft des Zimmers, durch *F* frische Luft zum Ofen *A* zu gelangen; durch *D* frömt die Luft in den mit Wärme, bezw. Luft zu versorgenden Raum. Andere Anordnungen habe ich in unten genannter Quelle angegeben <sup>242)</sup>.

Fig. 331.



Nach einer Zuschrift *Böhm's* in Wien hat derselbe den gleichen Gedanken verfolgt, und die Firma *Gustav Raven* in Leipzig hat ein Patent erhalten, welches Aehnliches zum Vorwurfe hat <sup>243)</sup>. Dasselbe hat Bezug auf sog. Luftheizungen, d. h. nach dem älteren Sprachgebrauch solche Heizungen, bei welchen die Erwärmung der Luft in gefonderter Heizkammer mittels unmittelbar vom Feuer und Rauch erhitzter Heizflächen erfolgt; es ist jedoch eben so für Dampf- und Wasserheizungen zu verwenden, was meinerseits bereits Anfang 1879 geschah.

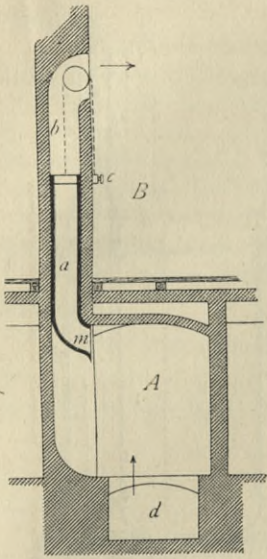
Fig. 332 giebt die Anordnung in lothrechttem Durchschnitt wieder.

*A* bezeichnet die Heizkammer, *a* den Luft-Zuführungs-Canal, *B* das zu heizende Zimmer. In dem Canal, welcher die Heizkammer *A* mit dem Raume *B* verbindet, ist eine Röhre *a* verschiebbar angebracht; sie hängt an der Kette *b* und kann durch die Winde *c* beliebig hoch gestellt werden. Giebt man nun

<sup>242)</sup> FISCHER, H. Ueber Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.

<sup>243)</sup> D. R.-P. Nr. 10711.

Fig. 332.

Regelungs-Einrichtung von Raven  
in Leipzig.

der Röhre die höchste Stellung (wie gezeichnet), so taucht die Mündung *m* derselben in die wärmste Luft der Heizkammer, d. h. die Luft, welche nach oben geführt wird, hat vorher die ganze Höhe des Ofens befüllt; läßt man dagegen die Röhre sinken, so entnimmt dieselbe solche Luft, die weniger erwärmt wurde, und in der tiefsten Stellung der Röhre hört jede Heizung auf.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß das zuletzt genannte Verfahren, die Heizflächen zu verkleinern, auch für kühlende Flächen verwendet werden kann.

Die gefonderte Regelung der Wärmeabgabe bedingt, daß entweder die überschüssig entwickelte Wärme in einen Speicher übergeht oder die Wärmeentwicklung mit dem jederzeitigen Wärmeverbrauch in Einklang gebracht wird.

Wie die Wärmeeinspeicherung stattfindet, ist in den früheren Erörterungen genügend angegeben; es handelt sich also hier noch um die Regelung des Feuers gegenüber dem Wärmeverbrauch.

Sie kann auf Grund der Temperaturbeobachtung der Heizkammer, des Heizwassers oder der Dampfspannung stattfinden, und zwar mittels der Hand oder selbstthätig.

Da eine bestimmte Größe der Feuerstelle nur unvollkommen in größerem Maße wechselndem Brennstoffverbrauche dienen kann, so entschließt man sich vielfach dazu, so lange sie unter Aufspeicherung der überschüssigen Wärme ihren Abmessungen entsprechend zu benutzen, bis die für einen bestimmten Zeitabschnitt, z. B. 24 Stunden, erforderliche Wärme entwickelt ist, und darauf das Feuer verlöschen zu lassen. Dies ist die wesentlichste Veranlassung für das Heizen mit aufgespeicherter Wärme. Hat man sich für dasselbe einmal entschieden, so werden wohl Feuerstelle und Wärmespeicher so viel erweitert, daß das Feuer überhaupt höchstens vom frühen Morgen bis zum späten Abend im Betrieb zu sein braucht.

Innerhalb mäßiger Grenzen läßt sich jedoch jede Feuerstelle für verschiedene Brennstoffmengen bei guter Brennstoffausnutzung verwenden. Um diese Grenzen nicht überschreiten zu müssen, zerlegt man die Feuerstelle, bzw. die mit ihr verbundenen Feuerluftheizungsöfen oder Wassererwärmer, auch Dampfentwickler, in mehrere Theile und benutzt zur Zeit nur so viel davon, wie dem Wärmebedarf etwa angemessen ist. Die gebräuchlichste Zerlegung ist die in zwei Theile, im Verhältniß 1 : 2, so daß die einzelnen Feuerstellen  $\frac{1}{3}$ , bzw.  $\frac{2}{3}$  und beide zusammen  $\frac{3}{3}$  des höchsten Wärmebedarfes zu liefern im Stande sind. Auch wird die Zerlegung im Verhältniß 1 : 2 : 4, welche  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{2}{7}$ ,  $\frac{3}{7}$ ,  $\frac{4}{7}$ ,  $\frac{5}{7}$ ,  $\frac{6}{7}$  und  $\frac{7}{7}$  zu benutzen gestattet, angewendet. Bei Anlagen, welche aus anderen Gründen eine größere Zahl Feuerstellen verlangen, werden diese unter sich gleich gemacht.

Es sind nun neuerdings zahlreiche Einrichtungen erdacht, welche eine selbstthätige Regelung des Feuers auf Grund der oben angegebenen Umstände: Temperatur der Heizkammer, des Heizwassers oder der Dampfspannung, ermöglichen. Die Regelung wird bisher ausschließlich durch Beschränken des Luft-Zutrittes bewirkt, bedingt also schwer vergärenden Brennstoff (Coke) und rasche Abfuhr der Wärme, weil anderenfalls zeitweise unvollständige Verbrennung (Kohlenoxydgasbildung) in erheblichem Grade eintreten würde.

357.  
Regelung  
bei Wärme-  
aufspeicherung.

358.  
Selbstthätige  
Regelung.



zug anzuwenden. Fig. 334 stellt den Zugregler in feiner paarweisen Anordnung dar.

Die beiden Regler *d* und *e* sind mittels der Röhren *b* und *c*, bzw. *a* mit dem Wasserraum des Kessels in freier Verbindung. Sie bestehen aus zwei Gefäßen, deren Hohlräume indessen nur oben durch eine Scheidewand von einander getrennt sind, während in den unteren Hohlräumen auf etwa  $\frac{4}{5}$  der Höhe ein 5 cm weiter Schlitz dieser Wand eine freie Verbindung herstellt, durch welche — beim Regler *d* — die zum Feuer zu leitende Luft, bzw. — beim Regler *e* — der vom Kessel kommende Rauch strömt. Sobald jedoch der Dampfdruck größer wird, steigt das Wasser in den Reglern empor, verengt den Schlitzquerschnitt und hemmt dadurch den Zug. Ueber dem Regler für den abziehenden Rauch ist eine Drosselklappe angebracht, um diesen nach Umständen unbehindert in den Schornstein gelangen zu lassen.

Ein dritter hierher gehöriger Regler wurde bereits in Art. 329 (S. 308) beschrieben.

Ueber die zahlreichen, außerdem theils im Gebrauch befindlichen, theils vorgeschlagenen Zugregler, welche den Dampfdruckwechsel benutzen, geben die unten genannten Quellen<sup>245)</sup> Auskunft.

### b) Erkennung der Zustände.

So weit die Regelung im geheizten (bzw. gekühlten) Zimmer stattfindet, bedient man sich zur Beobachtung der Temperaturen der gewöhnlichen Thermometer. Der Feuchtigkeitszustand kann — es ist dies wenig gebräuchlich — unter Benutzung eines der in Art. 134 (S. 127) beschriebenen Feuchtigkeitsmesser erkannt werden. Den Luftwechsel beobachtet man, sowohl wenn die Regelung im zu lüftenden Zimmer, als auch, wenn derselbe außerhalb des letzteren stattfindet, durch statische Luftgeschwindigkeitsmesser (siehe Art. 204 u. 205, S. 185 u. 186) oder auch gar nicht.

Soll die Temperatur an einem außerhalb des zu heizenden (oder zu kühlenden) Raumes gelegenen Orte geregelt werden, so sind Fernthermometer anzuwenden.

Man bringt z. B., wenn die Bedienung vom Vorraume aus stattfindet — vielleicht an der Thür — ein Quecksilber-Thermometer so an, daß dasselbe von der Zimmerluft frei befüllt und von außen beobachtet werden kann, ohne daß der draußen stehende Wärter in das Zimmer zu blicken vermag. Liegt aber die Bedienungsstelle entfernter, so verursacht die Beobachtung derartiger Thermometer zu viel Zeitaufwand.

Recht zweckmäßig ist für die vorliegende Aufgabe die durch Fig. 335 wieder-gegebene Thermometer-Anordnung.

*A* bezeichnet ein gewöhnliches Quecksilber-Thermometer, welches, unter Vermittelung zweier Korkstücke, in der Fassung *B* ruht. Die Fassung hängt an einer Kette *I*, die über eine obere Rolle *H* gelegt ist, an der rechten Seite der Figur ein das Gewicht des gefassten Thermometers ausgleichendes Gegengewicht trägt, um eine untere Rolle mit Handkurbel *K* sich legt und schließlich am unteren Ende der Thermometerfassung *B* befestigt ist. Die Kette, das Thermometer und das Gegengewicht befinden sich in zwei schmiedeeisernen Röhren *F*, welche durch die Köpfe *E* unter einander und mit der Wand des Gebäudes verbunden sind; sie sind oben und unten durchbrochen, theils um das Thermometer oben und unten beobachten zu können, theils um ein besseres Aussehen zu gewähren. Mit Hilfe der unteren Rolle *K* vermag nun der Heizer das regelmäßig im Zimmer befindliche Thermometer bequem und rasch nach unten zu bewegen, um die oben herrschende Temperatur abzulesen. Theils um das Thermometer vor gefährlichen Erschütterungen zu schützen, theils um Geräusch zu vermeiden, theils um zu verhüten, daß die Geräusche des Raumes, in welchem der Wärter beobachtet, nach oben gelangen, sind Gummipuffer *C* sowohl an der Thermometerfassung, als auch am Gegengewicht angebracht. Die schmiedeeisernen Röhren *F* sind nur 25 mm weit und können daher ohne Schwierigkeit untergebracht werden; in der Regel gelingt es

359-  
Mittel  
zur  
Erkennung.

360.  
Bewegliche  
Thermometer.

auch, das Ganze so aufzustellen, daß sowohl das obere Ende desselben an geeigneter Stelle des betreffenden Zimmers, als auch das untere Ende sich an einem vom Wärter bequem zu erreichenden Orte befinden.

Man wirft dieser Anordnung vor, daß die beobachtete Temperatur eine andere sei, als die wirklich vorhandene. Wenn dies auch zugegeben werden muß, so ist doch dagegen zu bemerken, daß der Unterschied ein sehr geringer ist, so daß unbedenklich vernachlässigt werden kann.

361.  
Anwendung  
von  
Spiegeln.

*Fischer & Stiehl* haben ein Patent <sup>246)</sup> genommen, welches die Beobachtung des im Zimmer hängenden Thermometers Seitens eines in einem tiefer liegenden Geschoß befindlichen Wärters unter Vermittelung zweier in dem Luftleitungs-Canal oder einem besonderen Schacht angebrachten Spiegel zum Gegenstande hat. Neben dem Thermometer haben die Patentinhaber ein *Auguß-*fches Psychrometer angebracht, so daß gleichzeitig der Feuchtigkeitsgehalt beobachtet und hiernach Seitens des Wärters geregelt werden kann. Bedenken gegen die Benutzung des *Auguß-*fchen Psychrometers Seitens ungeübter Personen habe ich schon in Art. 134 (S. 128) genannt; man würde jedoch ein anderes Hygroskop anbringen können, ohne an der grundsätzlichen Anordnung zu ändern. Gegen diese ist das Bedenken geltend zu machen, daß die Spiegel verstauben werden und alsdann ein undeutliches Bild liefern, daß ferner die Beobachtung nur dann möglich ist, so lange eine gute Beleuchtung des betreffenden Zimmers stattfindet. Praktische Erfahrungen müssen zunächst gemacht werden, bevor von einer Empfehlung der vorliegenden Einrichtung die Rede sein kann.

362.  
Aenderung  
des  
Luftdruckes  
u. f. w.

Viel versprechend ist das Fernthermometer, welches den Temperaturwechsel durch Aenderung des Druckes eingeschlossener Luft oder eines anderen Gases anzeigt. In dem Raume, dessen Temperatur man beobachten will, wird ein Gefäß, vielleicht eine entsprechend verzierte Hohlkugel, angebracht, welche mittels einer engen Röhrenleitung mit einem am Beobachtungsorte befindlichen Druckmesser in Verbindung steht <sup>247)</sup>.

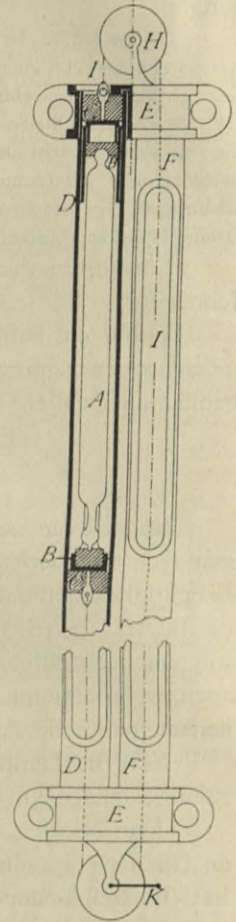
363.  
Benutzung  
des  
galvanischen  
Stromes.

Endlich ist der galvanische Strom als Uebermittler der Temperatur-Anzeigen zu nennen. Zu diesem Ende befindet sich in dem betreffenden Zimmer ein Thermometer, welches einen Strom schließt, sobald die Temperatur ein gewisses Maß überschritten hat, und einen anderen Strom schließt, sobald die zulässig niedrigste Temperatur unterschritten wird. Jede Leitung steht mit je einer Drahtspule in Verbindung, welche auf die beiden Enden eines doppelarmigen Hebels wirken, so daß nach Schließung des einen Stromes (zu warm) der Hebel an dem einen, nach Schließung des anderen Stromes (zu kalt) derselbe am anderen Ende sich senkt.

Zu diesem Zwecke sind mehrere Thermometerarten im Gebrauch.

Die eine benutzt die Ausdehnung des Weingeistes; sie wird vom Eisenwerk Kaiserslautern vertrieben. Eine U-förmig gebogene Glasröhre ist in ihrem unteren Ende mit Quecksilber gefüllt; die beiden

Fig. 335.



Thermometer. —  $\frac{1}{5}$  w. Gr.

<sup>246)</sup> D. R.-P. Nr. 8118.

<sup>247)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 718.



lothrechten Schenkel sind an ihren Enden zu länglichen Gefäßen ausgebildet, von denen das eine oben dicht geflossene mit Weingeist vollständig gefüllt ist, während das andere weniger Weingeist enthält.

Bei entsprechend niedriger Temperatur befinden sich die Endflächen des U-förmigen Quecksilberfadens in gleicher Höhe; wachsende Temperatur dehnt den Weingeist aus und veranlaßt hierdurch den im ganz gefüllten Gefäß eingeflossenen Weingeist auf die mit ihm in Berührung stehende Fläche zu drücken, wodurch diese auf ein gewisses Maß nach unten geschoben wird, während das Ende des anderen Schenkels steigt. In die oberen Abschlußstücke der Gefäße sind Platindrähte geschmolzen, deren Enden bis zu einer bestimmten Tiefe herabragen, so daß bei der als niedrigst bezeichneten Temperatur der Quecksilberpiegel mit demjenigen Drahte in Berührung tritt, welcher in dem ganz gefüllten Gefäß sich befindet, während bei der höchsten zugelassenen Temperatur der andere Draht das andere Quecksilber berührt. Ein dritter Platindraht ist in den unteren Theil der Röhre so eingeschmolzen, daß er immer vom Quecksilber berührt wird. Die beiden oberen Drähte stehen nun mit dem unteren in Verbindung; auch ist in jede der beiden so entstehenden Leitungen eine galvanische Batterie eingeschaltet. Die Wirksamkeit des Ganzen ist sonach leicht zu übersehen.

Statt dieses Thermometers werden Metallthermometer verwendet. Sie bestehen aus zwei auf einander gelötheten Metallstreifen, die sich verschieden ausdehnen und welche entweder in Spiralgestalt oder einfacher U-förmig gebogen sind. Das eine Ende des doppelten Metallstreifens wird befestigt, so daß das andere Ende in Folge des Temperaturwechsels sich bewegt. Man legt dasselbe zwischen die Spitzen zweier Schrauben, welche so eingestellt werden, daß die Berührung derselben mit dem Metallstreifen bei der niedrigsten, bzw. höchsten Temperatur eintritt.

Man wirft den Metallthermometern vor, daß sie sich in ihrem Verhalten ändern. Dies muß zugegeben werden; jedoch ist dagegen geltend zu machen, daß sie sehr leicht, durch Drehen der Contactschraubchen, geregelt werden können.

Man wendet ferner gegen dieselben ein, daß der Contact nicht immer eintrete. In der Hannoverischen Hochschule sind gegen 70 solcher Thermometer (von *Pfaff* dafelbst) im Gebrauche; nachdem die Contactflächen regelmäßig wöchentlich abgestäubt werden, verfallen die Thermometer nicht mehr.

Dagegen gelingt der Contact bei dem vorgenannten Weingeistthermometer nur unsicher, wie ich durch vielfache Versuche mit einem solchen gefunden habe; die Quecksilberfläche weicht zuweilen, eine Höhlung bildend, von der Platinspitze zurück, so daß der Contact erst erfolgt, nachdem die Temperaturgrenzen längst überschritten sind. Dies kann vermieden werden, wenn man den Strom für jede Beobachtung einschaltet.

Oben wurde erwähnt, daß in jede der beiden Leitungen jedes Thermometers eine galvanische Batterie einzuschalten sei. Man gebraucht jedoch nicht doppelt so viel Batterien, als Thermometer; vielmehr können sämtliche galvanische Uebermittler der Temperatur-Anzeige eines ziemlich großen Hauses sehr wohl durch zwei kleine Batterien gespeist werden. Die einzelnen Galvanometer sind nämlich in der Regel ausgeschaltet; sobald der Wärter erfahren will, ob die Temperatur in einem bestimmten Raume zwischen den fest gestellten Grenzen sich befindet, so schaltet derselbe das betreffende Galvanometer durch einen der bekannten Stromeinschalter ein, benutzt also für dieses allein die vorhandene Stromstärke.

Seitens einiger Fachleute wird dieses Verfahren nicht beliebt, vielmehr durch entsprechend starke Batterien die Möglichkeit gegeben, daß nicht allein jedes Galvanometer fortwährend mit der Batterie in Verbindung steht, sondern auch eine Lärmglocke sich hören läßt, sobald irgendwo die vorgeschriebenen Temperaturgrenzen überschritten werden. Abgesehen davon, daß hierdurch die Anlage- und Unterhaltungskosten wesentlich vermehrt werden, ist noch gegen dieses Verfahren einzuwenden, daß der Wärter nothwendig verwirrt werden muß, sobald gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Hauses Lärmglocken ertönen.

Gewöhnliche Thermometer, denen Platindrähte in verschiedener Höhe eingeschmolzen sind, erstatten den Bericht über eben so viele Temperaturen <sup>248)</sup>.

Die Beobachtung der Temperaturen unter Vermittelung der soeben kurz beschriebenen elektrischen Leitungen ist nicht von dem Uebelstande frei zu machen, daß der Wärter über die thatsächlich herrschenden Temperaturen im Unklaren ist. Er weiß, daß die Temperaturen zwischen den vorgeschriebenen Grenzen liegen, bzw. dieselben nach der einen oder anderen Seite überschritten haben; es ist ihm jedoch unbekannt, um wie viel der betreffende Raum zu warm oder zu kalt ist, bzw. ob derselbe die mittlere Temperatur besitzt, oder im Begriffe steht, zu warm

<sup>248)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 700.

oder zu kalt zu werden. Dies erschwert die nach den erhaltenen Berichten vorzunehmende Regelung ungemein. So lange es möglich ist, das zuerst genannte wandernde Thermometer (Fig. 335), das Luftthermometer oder die *Fischer & Stiehl*'sche Anordnung (so fern sich diese bewähren sollte) anzuwenden, so lange sollte man von der elektrischen Berichterstattung absehen.

Ueber andere Mittel zum Beobachten der Zustände siehe die unten genannte Quelle <sup>249)</sup>.

### c) Ausführung der Regelung.

364.  
Regelung  
im zu heizen-  
den Raume.

Die Regelung kann vom zu heizenden (bezw. zu kühlenden) Raume aus, vom Vorraume aus oder aus gröfserer Entfernung stattfinden. Es mögen im Folgenden die hierbei in Frage kommenden Umstände, bezw. die Vortheile und Nachtheile der verschiedenen Verfahren kurz erörtert werden.

1) Regelung im zu heizenden Raume selbst. Hierzu erwähne ich zunächst, dafs es in den Augen vieler Menschen als ein grofser Vortheil des gewöhnlichen Stubenofens angesehen wird, dafs man denselben nach Laune oder nach persönlichem Befinden, vielleicht auch nach Gewohnheit, beliebig anzufrengen vermag, entweder, indem man dem Dienstthuenden für den Zweck Anweisungen giebt oder sich der Bedienung des Ofens selbst unterzieht. Die schweren Nachtheile des Stubenofens, die Unregelmäßigkeit der Temperatur, der ungenügende Luftwechsel, der Schmutz, welcher vom Brennstoff, von der Asche und vom Rufs herrührt, die Störungen in der Arbeit, der Aerger über nicht nach Befehl ausgeführte Bedienung, ja der gelegentliche Schnupfen verschwinden gegen das Hochgefühl, auch über den Zustand der Temperatur des Zimmers frei verfügen zu können.

Man wird in vielen Fällen diesen Ansichten Rechnung tragen müssen, indem man die Regelung der Wärmeabgabe der besseren Heizungs-Anlage eben so in die Hand jeder Person legt, welche im betreffenden Raume Herr ist, d. h. man wird sie häufig in dem Raume selbst stattfinden lassen müssen. Man legt die betreffenden Heizflächen zu diesem Ende in den zu heizenden Raum selbst (örtliche Heizung), in Fensternischen, Wandnischen, an die Paneele oder in besondere Heizschränke, Alsdann ist die Regelung auf jedem der vorhin genannten Wege möglich. Der Heizer hat nur dafür zu sorgen, dafs die Spannung des Dampfes, bezw. die Temperatur des Wassers innerhalb bestimmter Grenzen bleiben.

Da die selbstthätigen Zugregler (siehe Art. 358, S. 343) die letztgenannte Thätigkeit übernehmen, so findet bei örtlichen Heizungen, welche mit selbstthätigen Zugreglern ausgerüstet sind, thatsächlich die gefammte willkürliche Regelung vom zu heizenden Raume aus statt. Dieser Umstand dürfte vorwiegend die ungewöhnlich rasche Einführung der Niederdruck-Dampfheizungen herbeigeführt haben.

Man vermag aber auch die Heizflächen in Kammern zu legen, welche sich in einem anderen Geschofs befinden. Die Regelung der Wärmeabgabe findet dann statt, indem man die Bewegung der Luft längs der Heizflächen beschränkt, namentlich durch Mischklappen, oder die Heizflächen nach Art von Fig. 332 (S. 343) verkleinert. Die Regelung durch Beschränkung des Wasserumlaufes, bezw. des Dampfeintrittes ist in diesem Falle nahezu unmöglich; aber auch die anderen Regelungsverfahren bieten nicht selten Schwierigkeiten, da die Luftklappen, welche in Zimmerhöhe angebracht sind, eine die Temperatur des Raumes regelnde Wirkung, aus leicht zu

<sup>249)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 718.

übersehenden Gründen, nicht sofort hervorbringen, die tiefer liegenden Mischklappen und ähnliche Einrichtungen aber zusammengesetzte Kettenzüge u. f. w. verlangen, welche leicht in Unordnung kommen. Es ist daher meistens die Aufstellung der Heizflächen im Inneren der Räume zu empfehlen, sobald man hier die Regelung der Wärmeabgabe vornehmen will.

2) Regelung von einem Vorraume aus. Dieselbe muß der erstgenannten vorgezogen werden, so weit die Bewohner der Räume sich der Arbeit des Regels nicht unterziehen wollen oder können. Unterrichtsräume, Sitzungssäle, Gesellschaftszimmer, Gefängnisse u. f. w. gehören zu denjenigen Räumen, welche sich zu einer Regelung der Wärme von außen eignen. Die Heizflächen müssen alsdann ihren Ort an derjenigen Wand erhalten, welche den zu heizenden Raum gegen den Vorraum abgrenzt. Im Uebrigen zerlegt sich die Regelung in dieselben beiden Theile, welche früher genannt wurden; man muß, wenn selbstthätige Zug-, bezw. Verbrennungsregler verschmäht werden, besondere Mannschaften für die Entwicklung der Wärme, bezw. Ueberführung derselben an Wasser, so wie für die Bedienung der etwaigen Kraftquellen der Lüftung haben und — räumlich hiervon getrennt — besondere Wärter für die Regelung der Wärmeabgabe anstellen.

Um bei größeren Anlagen die Wartung der Heizung und Lüftung gleichsam in eine Hand zu legen, wählt man die

3) Regelung vom Kellergeschoß aus. Hier befinden sich die Feuerstellen; von hier kann eine und dieselbe Person sowohl die Bedienung des Feuers, die Erwärmung des Wassers, bezw. die Entwicklung des Dampfes und auch die Regelung der Wärmeabgabe, wie diejenige der Lüftung handhaben oder doch überwachen. Alsdann ist die Aufstellung der Heizflächen in demselben Geschoß selbstverständlich, so daß hier unten die Luft erwärmt wird, welche die Wärme in die oberen Geschoße trägt.

Insbesondere ist die Regelung vom Erdgeschoß aus die empfehlenswertheste für Luftheizungen im Allgemeinen und Feuer-Luftheizungen im Besonderen.

Man findet nun bei manchen besonders umfangreichen Anlagen die Einrichtung, daß die Temperaturen, der Luftwechsel, wohl auch der Feuchtigkeitszustand, nach einem Zimmer gemeldet werden, in welchem der leitende Beamte sich aufhält und von wo aus derselbe die erforderlichen Befehle an die entsprechend aufgestellten Diener sendet. Ich halte eine derartige Gliederung des Dienstes, weil zu umständlich, für verfehlt und bin durch den Umstand, daß ich nirgends die betreffende Einrichtung in thatsächlicher Benutzung gesehen habe, in meiner Ansicht bestärkt. Die Wärter sollen unterrichtet genug sein, um auf Grund der eingehenden Zeichen, welche die Zustände in dem betreffenden Raume kundgeben, die geeignete Regelung auszuführen. Alsdann ist es allein zweckmäßig, die Erkennung der in Frage kommenden Zustände an dem Orte zu ermöglichen, an welchem die Regelung stattfinden hat, so daß der Wärter ohne weiteren Aufenthalt nach den eingegangenen Nachrichten handeln kann. Will man behuf der Ueberwachung die sämtlichen Zustände auch im Zimmer des Leiters erkennbar machen, so ist dem nur der Hinweis auf die Kosten entgegenzuhalten.

Man hat vorgeschlagen, die Gesamtregelung der Temperatur, des Luftwechsels, auch der Feuchtigkeit<sup>250)</sup>, selbstthätig zu machen.

Bisher ist über Erfolg solcher Verfahren noch wenig zu sagen.

365.  
Regelung  
vom  
Vorraume.

366.  
Regelung  
im Keller-  
geschoß.

367.  
Regelung  
bei größeren  
Anlagen.

<sup>250)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 235, S. 113.

## 13. Kapitel.

**Heizungs- und Lüftungs-Anlagen.**368.  
Grundfätze.

Jede Heizungs-, so wie jede Lüftungs-Anlage ist nach dem Grundfätze anzuordnen, daß der Zweck unter Aufwand der geringsten Mittel erreicht werden soll. Die Erreichung dieses Zieles ist jedoch nicht leicht, da verschiedenartige Mittel gleichzeitig zur Verwendung kommen und oft, wenn an dem einen gespart wird, das andere in verschwenderischer Weise herangezogen werden muß.

Die in Frage kommenden Mittel sind:

- 1) die Anlagekosten,
- 2) die Zinsen und Abschreibungen,
- 3) die Kosten der Unterhaltung, bezw. der nothwendigen Ausbesserung,
- 4) der Brennstoff,
- 5) nach Umständen die Kosten für Eis, Wasser u. f. w.,
- 6) die Bedienung durch Heizer oder Wärter,
- 7) die Leitung, bezw. Beaufsichtigung der Bedienung Seitens eines besonderen Beamten oder Seitens des Hausherrn.

Diese einzelnen Mittel sind zwar durchgehends in Geld auszudrücken; es dürfte jedoch schwer sein, ihren Einfluß in eine Gleichung zusammenzufassen, aus der man auf dem gewöhnlichen Wege die Bedingungen gewinnen kann, unter denen die Summe der Kosten am kleinsten ausfällt.

Den Kosten würde das zu Erreichende, welches die Erhaltung, bezw. Förderung der Gesundheit, Arbeitsfähigkeit und die Annehmlichkeit der Menschen umfaßt, gegenüber zu setzen sein, so daß man, vermöchte man auch dieses nicht allein in Geld auszudrücken, sondern auch in eine solche Form zusammenzustellen, die eine rechnerische Behandlung zuläßt, die denkbar zweckmäsigste Anlage durch Rechnung fest stellen könnte.

Es ist wenig Aussicht vorhanden, jemals zu diesem Ziele zu gelangen; immerhin ist es von hohem Werthe, wenn beim Entwurf derartiger Anlagen die einzelnen genannten Punkte jederzeit im Auge behalten werden. In den folgenden Einzelbesprechungen wird auf dieselben hingewiesen werden.

**a) Lüftungs-Anlagen.**369.  
Trennung  
der  
Lüftung von  
der Heizung.

Es ist die Frage angeregt worden, ob es nicht zweckmäsig sei, die Lüftung von der Heizung zu trennen<sup>251</sup>); namentlich ist hierfür die grössere Sicherheit des Betriebes geltend gemacht. In erster Linie möchte ich die Kostenfrage beleuchten. Wenn die Temperatur der eintretenden Luft nicht höher als 40 Grad werden soll, so gebraucht man bei — 20 Grad Temperatur des Freien und + 20 Grad im Inneren des Raumes je 40 Wärmeeinheiten zur Erwärmung der Luft bis zur Zimmer-Temperatur, so oft 20 Wärmeeinheiten zum Ersatz für die durch die Einschließungsflächen des Zimmers verloren gehende Wärme benutzt werden. In sehr vielen Fällen erfordert nun die Reinhaltung der Luft keine so große Luftmenge, als nöthig ist, um auf dem vorliegenden Wege die durch die Einschließungsflächen verloren gehende Wärme heranzuschaffen. Man spart daher an Brennstoff, wenn letztere durch Umlaufs-Heizung geliefert wird, während nur so viel frische Luft bis zur Zimmer-Temperatur erwärmt

<sup>251</sup>) Siehe: RIETSCHEL, H. Ueber Schulheizung. Berlin 1880.

wird, wie zur Lüftung in Aussicht genommen ist. In diesen Fällen ist daher mit der Trennung der Lüftung von der Heizung eine Ersparnis an Brennstoff verbunden. Die Zahl der Tage, an welchen die freie Luft sehr kalt, bzw. so kalt ist, daß eine solche Brennstoffersparnis eintritt, bildet nur einen kleinen Theil der Tage, an welchen überhaupt geheizt wird. Um ein sicheres Urtheil über die Höhe der Ersparnis zu haben, muß man daher, auf Grund der Temperaturschätzung der in Frage kommenden Tage für den besondern Ort, die Gesamtersparnis fest stellen und diese den etwaigen Mehrkosten der Anlage, bzw. den hieraus erwachsenden Zinsen, Abschreibungsummen und Ausbesserungskosten gegenüber halten und endlich die oben unter 6 und 7 genannten Kosten berücksichtigen. Die Heizflächengröße ist dieselbe bei Trennung der Lüftung von der Heizung, wie bei der Nichttrennung, so fern gleiche Luftmengen nöthig sind. Die Einrichtungen für die Regelung werden jedoch vermehrt und sonach die hierher gehörenden Kosten größer, wenn die Lüftung von der Heizung getrennt wird. Was nun endlich die Bedienung betrifft, so ist nicht zu leugnen, daß der Wärter sich leichter ein Urtheil über die richtige Einstellung der Klappen, Schieber, Hähne u. s. w. bilden kann, wenn das Eine nur dem einen, das Andere nur dem anderen Zwecke dient. Jedoch ist die Wärmemenge, welche die frische Luft erfordert, eben so wechselnd, wie die Wärmemenge, welche zur Erhaltung der Wärme im zu heizenden Raume erforderlich ist. Man wird daher aus der Trennung der Lüftung von der Heizung sehr selten eine Ersparnis an Bedienungskosten zu gewinnen vermögen.

Alles zusammengekommen, dürfte die Entscheidung über die vorliegende Frage lauten: sie ist in jedem einzelnen Falle besonders zu erörtern<sup>252</sup>.

In Kap. 6 u. 7 wurden die verschiedenen Mittel zum Heranbefördern und Fortschaffen der Luft besprochen; sie bestehen im Eindrücken — Drucklüftung — und Abfaugen — Sauglüftung — derselben. Die richtigste Anordnung der Lüftungs-Anlagen besteht zweifellos darin, daß man durch das eine Mittel diejenigen Widerstände überwindet, welche in den Einführungsleitungen, und mit dem anderen diejenigen, welche in den Abführungs-Canälen auftreten, so daß die Luftspannung in den Zimmern gleich derjenigen des Freien ist. Sie wird denn auch häufig verwendet. Kleinere Anlagen verursachen wegen geringer Canallänge geringe Widerstände, so daß der Druckunterschied zwischen dem Freien und dem zu lüftenden Raume ein geringer wird, selbst wenn man beide in Frage kommende Widerstandsummen entweder durch Drucklüftung oder Sauglüftung allein überwindet. Dies wird um so lieber benutzt, als die doppelte Anlage die Kosten des Baues und Betriebes erheblich vermehrt. Ja selbst bei umfangreicheren Anlagen entscheidet man sich nicht selten aus Sparfamkeitsgründen für reine Drucklüftung (Pulsions-Ventilation) oder reine Sauglüftung (Aspirations-Ventilation). Es ist dies unter Umständen recht wohl zu rechtfertigen. Beispielsweise finde die Luft-Zufuhr auf kurzem, wenig Widerstände bietenden Wege statt, während die Sammlung der Ableitungs-Canäle, bzw. die Abfuhr der Luft nach einem gemeinschaftlichen Orte große Widerstände hervorbringt. Alsdann wird man unbedenklich die Luft an diesem Orte abfaugen, bzw. einen solchen Unterdruck erzeugen können, daß der Druck der freien Luft die Einfuhr derselben veranlaßt. Die reine Drucklüftung ist dagegen am Orte, wenn die Ableitungs-Canäle kurz sind, bzw. wenig Widerstand

370.  
Saug-  
und Druck-  
lüftung.

<sup>252</sup>) Vergl.: WEISS. Die Trennung der Ventilation von der Heizung. Gefundh.-Ing. 1881, S. 1.

bieten. Da Letzteres leichter zu erreichen ist, als Ersteres, indem die Einrichtungen für die Reinigung der Luft erhebliche Widerstände hervorbringen, so ist im Allgemeinen die Drucklüftung häufiger zu verwenden, als die Sauglüftung. Jene erfordert aber, wenigstens während der wärmeren Jahreszeit, eine Betriebsmaschine und wird aus diesem Grunde häufig durch die Sauglüftung ersetzt, wenn auch die angegebenen Vorbedingungen für diese nicht vorhanden sind. Alsdann müssen selbstredend Unannehmlichkeiten zu Tage treten.

Im Winter ergibt sich das gleichzeitige Saugen und Drücken durch den Auftrieb der Luft von selbst, keineswegs aber im richtigen Verhältniß zu einander, weshalb sorgfältige Regelung erforderlich ist, um zu verhindern, daß die Luft in mehr oder weniger unangenehmer Weise durch die Poren der Wände, Undichtheiten der Fenster und Thüren u. s. w. strömt. Diese Regelung ist selten so vollständig durchzuführen, daß jeder Druckunterschied in benachbarten Räumen aufhört. Ein solcher Druckunterschied veranlaßt aber das Ueberströmen der Luft des einen Raumes in den benachbarten.

Man soll daher bei Drucklüftung diejenigen Räume, in welchen besonders viele oder besonders gefährliche Luftverunreinigungen entwickelt werden (Aborte, Bedientenzimmer, Rauchzimmer, gewisse Krankenzimmer u. s. w.), mit verhältnißmäßig weniger Luft versorgen, damit in ihnen ein geringerer Druck herrscht, als in den benachbarten Räumen; man soll dagegen aus demselben Grunde bei Sauglüftung diese auf die genannten Räume besonders kräftig wirken lassen. Dies wird leider sehr häufig übersehen.

Handelt es sich um den Schutz solcher Räume, in welchen nur gutartige Luft vorkommt, gegen das Eindringen belästigender Luft aus benachbarten Räumen, so liegt die sicherste Lösung der Aufgabe in der Anwendung der Drucklüftung für erstere, der Sauglüftung für letztere.

In diesem Sinne ist es allgemein gebräuchlich geworden, die Aborte durch besondere Saugfornsteine zu lüften, die — da es sich um kleine Luftmengen handelt — mittels Leuchtgas oder auch Erdöl geheizt werden. Man geht in der Verfolgung des vorliegenden Gedankens so weit, daß man die Abfaugung nur unter dem Sitzbrett, bezw. am Rande des Beckens stattfinden läßt, um die riechenden Gase an ihrer Quelle zu fassen <sup>253)</sup>.

Soll dagegen das Ueberströmen der Gase von einem Raume zum anderen überhaupt verhindert werden, so bleibt nur übrig, luftdichte Einschließungsflächen anzuwenden oder die gegen einander zu schützenden Räume in besondere von einander getrennte Gebäude zu legen. Neuere Krankenhäuser bieten hierfür bemerkenswerthe Beispiele.

Früher machte man der Luftheizung den Vorwurf, Lufttrockenheit in den geheizten Räumen hervorzubringen; dann gelangte die richtige Anschauung zum Durchbruch, daß der Luftwechsel die verhältnißmäßige Lufttrockenheit herbeiführe (vergl. Art. 145, S. 138). Die Freunde verhältnißmäßig feuchter Luft haben seitdem ihr Augenmerk auf die künstliche Lüftung gerichtet, übersehen aber, daß die zufällige Lüftung (siehe Art. 162, S. 130) nothwendiger Weise genau dieselbe Austrocknung veranlaßt, wie die künstliche. Bedingt diese eine künstliche Luftanfeuchtung, so ist auch bei der zufälligen Lüftung eine besondere Luftbefeuchtung unentbehrlich.

Dieser Umstand veranlaßt mich noch zu folgenden Bemerkungen über die Frage, ob überhaupt die künstliche Luftbefeuchtung sich empfiehlt.

<sup>253)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 808.

Man ist in der angenehmen Lage, in hohen, weiten Räumen wohnen zu können. Der Beruf zwingt dazu, während der Geschäftszeit in der niedrigen, von zahlreichen Beamten besetzten, durch mehrere Gasflammen erleuchteten Geschäftsstube zuzubringen oder die engen Räume ärmerer Leute zu besuchen, in welchen — hier wie dort in Folge geringen Luftwechsels — die Luftfeuchtigkeit durch den maffenhaft auftretenden Fensterfchweiß bewiesen wird. Die Hausfrau läßt vor der Heimkehr des Herrn dessen Zimmer gut heizen, auch die Fenster einige Zeit öffnen: man tritt in das eigene Zimmer und schlürft mit vollem Behagen die trockene, höchst ungesunde (?) Luft! Aber, da der zufällige Luftwechsel gegenüber den gasförmigen Erzeugnissen des Stoffwechsels der einen Person, Angesichts der Größe des Raumes, bedeutend ist, so bleibt auch die Luft verhältnismäßig trocken; trotzdem äußert Niemand den Wunsch, sein Zimmer mit einem dumpfen, verhältnismäßig feuchte Luft enthaltenden zu vertauschen.

### b) Heizungs-Anlagen.

Die Heizungs-Anlagen unterscheiden sich zunächst in Bezug auf den Ort der Heizflächen; je nachdem dieselben sich in dem zu heizenden Raume oder außerhalb desselben befinden, spricht man von örtlicher Heizung und von Luftheizung.

Bei den örtlichen Heizungen ist die Frage zu erörtern, an welcher Stelle des zu heizenden Raumes die Heizflächen, bezw. die Oefen Platz finden sollen. Befindet sich ein Ofen in der Mitte des Raumes, so steigt die von ihm erwärmte Luft auf kürzestem Wege nach oben, breitet sich unter der Decke aus und fließt an den Wänden nieder, und zwar an den kältesten Theilen der Einschließungsflächen am entschiedensten. In der Nähe hoher, einfacher Fenster ist das hierdurch entstehende Gefühl des »Zuges« zuweilen unerträglich, an kalten Wänden mindestens recht unangenehm. Legt man statt dessen die Heizflächen, z. B. Wafferröhren, längs der kalten Wände, so tritt die aufsteigende warme der niederfließenden kalten Luft entgegen und mildert mindestens deren Einfluß. Zweckmäßiger ist es z. B., die an den Fensterflächen niedersinkende kalte Luft durch die Fensterbänke hindurch fließen und von unten an die in den Fensternischen untergebrachten Heizflächen strömen zu lassen. Es ist auch vorgeschlagen worden, um das Unangenehme der an den Wänden auftretenden Luftströmungen zu verhüten, am Fusse dieser Wände schlitzzartige Abluft-Oeffnungen anzubringen, welche die kalte Luft aufnehmen. Meistens dürften die Kosten dieser letzteren an sich zweifellos recht guten Anordnung zu groß ausfallen.

Meistens entscheidet man sich hinsichtlich der Heizflächenlage, wegen bequemeren Unterbringens der Dampf-, Wasser-, bezw. Rauchröhren, für die Mittel-, bezw. Scheidewände zur Aufstellung der Oefen. Die Rauchröhren können bündelweise angeordnet werden, enthalten die Entrussungsöffnungen im Keller an einer und derselben Stelle, verursachen weniger Auswechslungen des Gebälkes und Durchbrechungen des Daches, als wenn sie einzeln liegen, und münden ohne Weiteres an höchster Stelle des Daches oder in deren Nähe. Die Dampf- und Wafferröhren können für mehrere Oefen gemeinschaftlich sein, mindestens aber neben einander laufen.

Gut ummantelte örtliche Heizungen vermögen auch größere Räume von einem Ofen aus gleichmäßig zu erwärmen; sobald jedoch der Luftquerschnitt innerhalb des Mantels zu klein ist (vergl. Art. 338, S. 321), so wird die Luft auf eine sehr hohe Temperatur erwärmt, und dem zufolge ist die Lufttemperatur in größerer Höhe des Zimmers wesentlich höher, als in geringerer Höhe. Nicht ummantelte Heizflächen bringen auch in einer und derselben wagrechten Ebene sehr verschiedene Temperaturen hervor; sie sollten deshalb, wenn sie nicht sehr gleichmäßig vertheilt

371.  
Oertliche  
Heizung.

find, nur in solchen Räumen benutzt werden, in denen blofs wenige Menschen sich aufhalten, die ihren Platz beliebig wählen können.

372-  
Luft-  
heizung.

Bei Luftheizungen benutzt man zuweilen eine und dieselbe Heizkammer für mehrere Räume; zuweilen giebt man jedem Raume eine besondere Heizkammer, und recht grofse Räume werden auch wohl mit mehreren Heizkammern versehen. Das erstere Verfahren ist, vorsichtig ausgeführt, unbedenklich, kann aber oft zu recht ärgerlichen Uebelständen führen. Ich erinnere an das in Art. 247 (S. 225) über den Einflufs des Windes auf den Druck der Luft in den Zimmern Gefagte. Werden zwei Zimmer von einer gemeinschaftlichen Heizkammer versorgt, von denen das eine hinter, das andere vor dem Winde liegt, so wird das vor dem Winde liegende Zimmer, bei entsprechend porösen Wänden und undichten Fenstern, weit schwerer erwärmt werden, als das hinter dem Winde befindliche. Nur durch gute Klappenanordnung und möglichst unmittelbar von der Heizkammer aufsteigende Canäle ist man im Stande, dem Einflufs des verschiedenen Druckes wirksam zu begegnen. Auch verschieden hoch liegende Zimmer, bezw. Luft Ausströmungs-Oeffnungen können die regelmäfsige Heizung stören, wie bereits in Art. 211 (S. 195) erörtert wurde. Hier kann man jedoch helfen, indem man die Mündungen der Luft-Canäle in den Heizkammern verschieden hoch legt, also für das Erdgeschofs an höchster Stelle der Heizkammer anbringt, während für jedes höhere Geschofs eine tiefere Lage, nach anzustellenden Versuchen, gewählt wird. Die höher gelegenen Räume werden alsdann mit geringer erwärmter, die Erdgeschofsräume mit wärmerer Luft geheizt. Die erwähnten Uebelstände treten um so fühlbarer auf, je gröfser der wagrechte Weg ist, welchen man der Luft zumuthet. Man zieht daher vor, nur solche Räume von einer gemeinschaftlichen Kammer zu heizen, welche durch lediglich lothrechte Canäle erreicht werden können.

Am zweckmäfsigsten ist es jedenfalls, jedem Raume eine besondere Heizkammer zu geben. Man vermeidet hierdurch nicht allein die genannten Uebelstände, sondern schützt sich auch gegen Schalleitungen, deren Vermittler die Canäle und Heizkammern werden können.

373-  
Heizungs-  
arten.

Die Heizungs-Anlagen werden ferner eingetheilt in Einzelheizungen (Stubenofenheizungen, auch Local-Heizungen genannt), und in Sammelheizungen (Central-Heizungen). Erstere bedürfen für jedes Zimmer einer oder mehrerer Feuerstellen; letztere besorgen von einer Feuerstelle aus die Beheizung einer Zahl von Räumen. Durch diese fernere Eintheilung entstehen folgende Heizungsarten:

1) Oertliche Heizung.

- α) Einzelheizung: durch Stubenöfen, Gasöfen u. f. w.;
- β) Sammelheizung: durch Wasser-, Dampf-, Dampfwasseröfen;

2) Luftheizung, mit wenigen Ausnahmen Sammelheizung.

- γ) Feuer-Luftheizung: durch unmittelbar vom Feuer erwärmte Oefen;
- δ) Wasser-Luftheizung;
- ε) Dampf-Luftheizung.

Die Heizungsarten zerlegen sich ferner in:

- 1) Umlaufs-Heizungen (Circulations-Heizungen) und
- 2) Lüftungs-Heizungen (Ventilations-Heizungen), je nachdem, wie wiederholt erwähnt, frische Luft oder Luft des zu heizenden Raumes den Heizflächen zur Erwärmung dargeboten wird.



Die Einzelheizung mit ihrer großen Zahl von Feuerstellen erfordert viel Arbeit zu ihrer Bedienung, verursacht durch Heranschaffen des Brennstoffes, Fortschaffen der Asche und das Entrufen viel Schmutz, gestattet nur eine geringe Ausnutzung des Brennstoffes und erhöht die Feuergefährlichkeit. Sie ist jedoch ohne viele Ueberlegung anzubringen und zu bedienen, in der Anlage verhältnißmäßig billig und verursacht geringe Umänderungskosten, wenn man sich in der Wahl der Ofengröße geirrt hat.

374-  
Einzel-  
(Local)-  
Heizung.

Die Sammelheizungen werden von einer oder doch von nur wenigen Feuerstellen aus mit Wärme versorgt; sie ermöglichen die Anbringung zweier Roste, so daß die Rostfläche dem Wärmebedarf besser angepaßt werden kann; sie gestatten eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes, beanspruchen weniger Bedienung, als die Einzelheizungen, und geben keine Veranlassung zur Beschmutzung der zu heizenden Räume. Die Feuersgefahr ist mindestens in demselben Verhältniß gemindert, wie die Zahl der Feuerstellen geringer ist. So fern die Sammelheizungen als örtliche Heizungen ausgeführt werden, haben sie mit der Einzelheizung die Beschränkung der Zimmergröße und, wenn die betreffenden Heizflächen nicht ummantelt sind, auch die unangenehme Strahlung gemein.

375-  
Sammel-  
heizung.

Die Luftheizungen vermeiden beide Nachteile, indem die Heizkammern in weniger werthvollen Räumen untergebracht werden. Die Feuer-Luftheizung kann als Sammelheizung nur in so fern dienen, als von einer und derselben Heizkammer mehrere Räume erwärmt werden; sie ist in ihrer Verwendung als Sammelheizung sonach beschränkt. Die Wasser-Luftheizungen gestatten die Anordnung einer beliebigen Zahl von Heizkammern für eine Feuerstelle; da jedoch, bei geringer Auftriebshöhe, die Röhrenlänge der Wasserheizung beschränkt ist, so eignet sie sich nicht zur Heizung umfangreicher Gebäude von einer Feuerstelle aus. Die Dampfheizung ist weder in der Zahl der zu ihr gehörenden Heizkammern, noch in dem Umfange ihrer Ausdehnung beschränkt; sie ist deshalb im Stande, die umfangreichsten Gebäude, Gebäudegruppen, ja ganze Stadttheile von einer Feuerstelle aus mit Wärme zu speisen.

376-  
Feuer-, Wasser-  
u. Dampf-  
Luftheizung.

Die Entwicklung des Dampfes für einen Stadttheil oder doch eine Gebäudegruppe<sup>254)</sup> in einem Dampfkesselhaufe und die entsprechende Vertheilung desselben ist durch zahlreiche Anlagen diesseits und jenseits des Oceans dermaßen geklärt, daß man in sicherer Weise vorzugehen vermag. Sie gewährt gegenüber der Unterbringung der Feuerstellen in den einzelnen Häusern den Vortheil, daß nicht allein Arbeit — für die Bedienung der zahlreichen kleinen Feuer — gespart wird, sondern auch zahlreiche Quellen für Schmutz — innerhalb der Häuser, wie auf den Straßen — verstopft werden. Vielleicht ist dasselbe Ziel noch vollkommener durch die Gasheizung zu erreichen, über welche indessen bisher nur sehr wenig Erfahrungen vorliegen<sup>255)</sup>.

Die Anlagekosten der Sammelheizungen sind, wenn beim Entwurf der Gebäude auf sie gebührend Rücksicht genommen und überall auf gleich gute Lüftung gerechnet wird, im Allgemeinen keineswegs höher, als die Anlagekosten der Einzelheizungen. Die Feuer-Luftheizungen dürften sogar, wenn alle Umstände gebührend berücksichtigt werden, in vielen Fällen nicht unbedeutend billiger, die Anlagekosten der Heißwasser-Heizungen denen der Einzelheizungen etwa gleich sein, die Warmwasser-Heizungen etwas theurer werden. Die Niederdruck-Dampfheizungen erfordern

377-  
Anlage-  
kosten.

<sup>254)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 276. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 169; 1888, S. 823; 1889, S. 538.

<sup>255)</sup> Siehe: Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspl. 1881, S. 95.

SIEMENS, W. Einige wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart. 2. Folge. Berlin 1883. S. 36.

im Allgemeinen etwas geringere Anlagekosten, als die Warmwasser-Heizungen, während die Hochdruck-Dampfheizungen, wenn sie einer besonderen Dampfkesselanlage bedürfen, der für sie geforderten Sicherheitsvorrichtungen halber und wegen der Vorrichtungen zur selbstthätigen Ableitung des Wassers oft wesentlich theurer werden, als die Einzelheizungen. Allerdings gilt dies nur unter der Voraussetzung, daß die Anlagen mit allem Verständniß ausgeführt werden.

Mir gegenüber lobte ein Hausinspector eine größere Heiz-Anlage aus dem Grunde, weil 9 Kessel vorhanden waren, aber bisher höchstens 4 Kessel nöthig gewesen wären. Aehnliche Fälle habe ich häufig beobachten können und mir hieraus das Urtheil gebildet, daß ein großer Theil unserer Heiztechniker nicht rechnet, wozu wohl vielfach die Faustregeln beitragen mögen, welche in den verschiedenen Handbüchern zu finden sind.

378.  
Sonstige  
Kosten.

Die Höhe der Zinsen und Abschreibungen fällt und steigt etwa mit den Anlagekosten. Die Kosten der Ausbesserungen und des Ersatzes schadhaft gewordener Theile dürften bei der Feuer-Luftheizung am geringsten sein, da die der größten Abnutzung unterworfenen Oefen ohne jede Rücksicht auf gutes Aussehen hergestellt werden, während die Zimmeröfen fast immer mehr oder weniger schmückende Außenflächen erhalten. Sie sind bei Warmwasser- und Niederdruck-Dampfheizungen sehr gering, größer bei Heißwasser-Heizungen und dürften bei Hochdruck-Dampfheizungen für dieselbe Wärmemenge denjenigen, welche die Einzelheizungen verurfachen, gleich sein.

Der größte Brennstoffverbrauch ist zweifellos der Einzelheizung zuzusprechen. Gebraucht dieselbe weniger, als eine gleichwerthige Sammelheizung, so ist dies entweder darauf zurückzuführen, daß erstere gut, letztere schlecht ausgeführt ist und bedient wird, oder es hat als Ursache, daß man bei Einzelheizungen, der größeren Mühe halber, weniger Räume heizt, als zu geschehen pflegt, wenn von einer Feuerstelle aus, ohne nennenswerthe Steigerung der Arbeit, sämtliche Räume des Gebäudes erwärmt werden können.

Nächst dieser braucht die Dampfheizung den meisten Brennstoff, wegen des Dampfverlustes der Leitungen. Bei einer von mir eingehend beobachteten großen Dampfheiz-Anlage wird — wegen viel zu weiter Leitungsröhren — in diesen durchschnittlich eben so viel Dampf verdichtet, als in sämtlichen Heizkörpern. Die Anlage gilt trotzdem als Muster!

Der Dampfheizung schließen sich die Heißwasser- und Warmwasser-Heizung an. Die Bedienungskosten sind ebenfalls bei Einzelheizungen am größten, sobald eine dienstthuende Person die Heizung zu warten hat.

379.  
Zusammen-  
fassung.

Aus Alledem geht hervor, daß, vom Standpunkte der Geldfrage aus betrachtet, eine vernünftig angelegte Sammelheizung im Durchschnitt billiger ist, als die Einzelheizung, daß man für kleinere Anlagen die Feuer-Luftheizung, die Niederdruck-Dampfheizung oder die Wasserheizung — letztere beiden entweder als örtliche oder als Luftheizungen — für Gebäude großen Umfanges aber die Dampfheizung verwenden soll, übrigens in jedem besonderen Falle die näheren Umstände berücksichtigen muß.

Die Frage, ob die Wasser- und Dampfheizung als örtliche oder als Luftheizung auszuführen ist, beantwortet sich auf Grund folgender Erwägungen. Die Unterbringung der Dampf- und Wasserröhren in den Geschossen verurfacht wegen der in denselben auftretenden wechselnden Temperaturen gewisse Unbequemlichkeiten; sie birgt die Gefahr in sich, daß durch Undichtwerden der Röhren, durch Gefrieren derselben während längerer Aufserbetriebsetzung Wände und Decken durchnäßt werden. Die Luftleitung zwischen den einzelnen Räumen und den Heizkammern ist

dagegen zuweilen schwer unterzubringen, zuweilen gar unmöglich. Je nach den örtlichen Verhältnissen wird man unter den einander gegenüber stehenden Uebeln das kleinste wählen.

Räume, welche häufig längere Zeit ohne Heizung bleiben, z. B. Kirchen, sind unter Vermittelung von Dampf oder Wasser in der Regel nicht zu heizen, wegen der Gefahr des Gefrierens des Wassers. Man hat andere Flüssigkeiten an Stelle des Wassers vorgeschlagen, welche weniger leicht gefrieren, z. B. eine Lösung von Chlorcalcium in Wasser, welche erst bei  $-10$  Grad gefriert und deren Siedepunkt erheblich über  $100$  Grad liegt. Auch eine Lösung von Chlorcalcium in Glycerin<sup>256)</sup>, welche erst bei  $300$  bis  $330$  Grad fieden und bei den vorkommenden niedrigsten Temperaturen nicht gefrieren soll, ist in Vorschlag gekommen. Ich habe derartige Flüssigkeiten hier unbeachtet gelassen, da ihre Verwendbarkeit bisher zu wenig geprüft ist.

Die Dampfheizung kann in vielen Fällen dadurch für die Heizung mit großen Unterbrechungen tauglich gemacht werden, daß man jegliche Wasserfacke in der Röhrenleitung vermeidet, mit anderen Worten dafür sorgt, daß mit dem Aufhören des Heizens sämmtliches Wasser selbstthätig in den frostoffrei angelegten Dampfentwickler zurückfließt.

### Literatur

über »Heizungs- und Lüftungs-Anlagen«.

- Système de chauffage des prisons cellulaires.* *Revue gén. de l'arch.* 1842, S. 19.  
*Note relative au chauffage des prisons cellulaires.* *Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 192.  
*Ventilation des écoles, sans chauffage.* *Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 443.  
*Chauffage et ventilation des écoles et des asiles.* *Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 440, 442.  
*Chauffage des églises.* *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 208.  
*Chauffage des serres.* *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 362.  
 Vergleichung der verschiedenen Heizungen unter einander. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1856, S. 35.  
*Ventilation of hospitals.* *Builder*, Bd. 14, S. 581, 624.  
*Ventilation des hôpitaux et des établissements publics.* *Nouv. annales de la const.* 1859, S. 40.  
*Ventilation des salles d'asile.* *Revue gén. de l'arch.* 1860, S. 257.  
 Der Civilingenieur auf der Londoner Welt-Ausstellung im Jahre 1862. e) Heiz- und Ventilations-Apparate. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1863, S. 201.  
*Ventilation et aérage des hôpitaux.* *Revue gén. de l'arch.* 1864, S. 196; 1865, S. 16.  
*Chauffage des asiles d'aliénés.* *Revue gén. de l'arch.* 1865, S. 114.  
 HERRMANN. Welche Art der Heizung empfiehlt sich für einen großen Saal, der nur sehr wenig benutzt wird? Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 560.  
 RASCH. Heizungs- und Ventilations-Anlagen für große Zimmer, Schulen etc. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 391.  
 MÖDER, K. Die Ventilation landwirthschaftlicher Gebäude. Auf Veranlassung des landwirthschaftlichen Hauptvereins des Neustädter Kreises im Großherzogth. Sachsen-Weimar hrsg. Weimar 1867.  
 BLANKENSTEIN. Ueber die zweckmäßigste Heizmethode für Kirchen. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 283.  
 Ventilation in Tanzräumen. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 554.  
 Heizung und Ventilation für Tanzsäle. Deutsche Bauz. 1867, S. 143.  
 Ueber den Bau von Schulen, die Ventilation und die Einrichtung von Schulzimmern. ROMBERG's Zeitschr. f. pract. Bauk. 1867, S. 29.  
 Heizung in öffentlichen Gebäuden. Deutsche Bauz. 1868, S. 263.  
 BLANKENSTEIN. Ventilation in Theatern mittels des Kronleuchters. Zeitschr. f. Bauw. 1869, S. 574.  
 Die Anwendungen der verschiedenen Einrichtungen für Heizung und Ventilation. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspf. 1869, S. 286.  
 BERGAU, R. Die mittelalterlichen Heizvorrichtungen im Ordenshauptaufe Marienburg. Zeitschr. f. Bauw. 1870, S. 105.

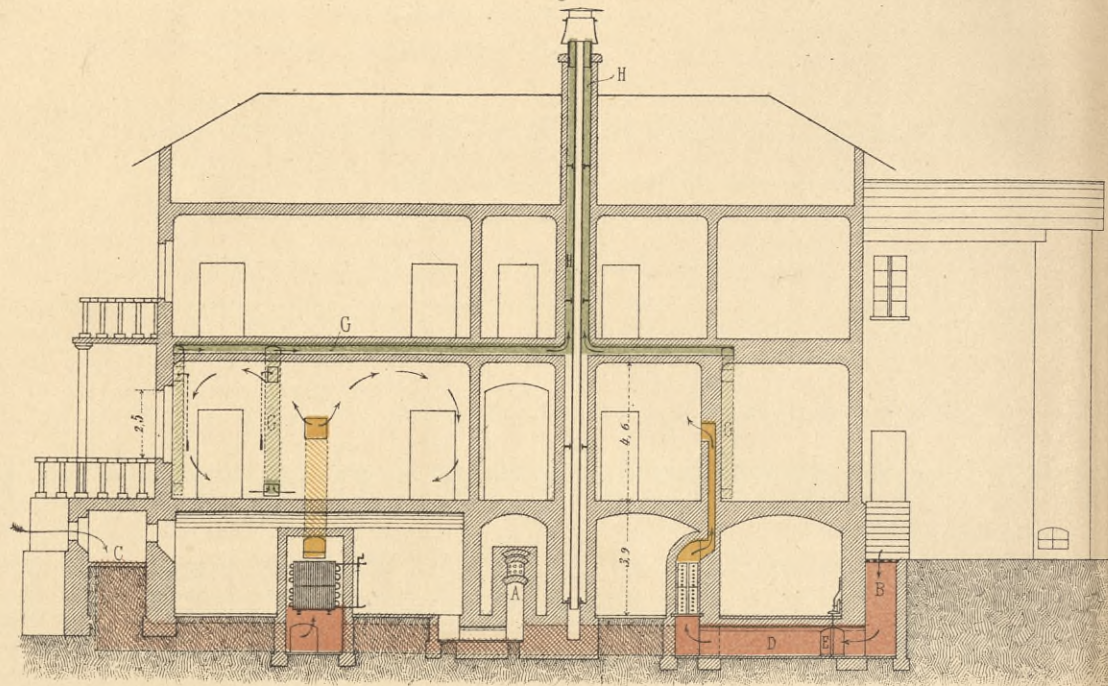
<sup>256)</sup> Siehe: Bayer. Ind.- u. Gewebel. 1875, S. 330.

- SCHARRATH. Ueber Ventilation mit besonderer Berücksichtigung der Einrichtung in Krankenhäusern. ROMBERG's Zeitschr. f. pract. Bauk. 1870, S. 295.
- Chauffage de salles d'asile. Revue gén. de l'arch.* 1870—71, S. 235.
- Erfahrungen über die Heizung von Gefängniszellen. Deutsche Bauz. 1871, S. 96.
- Ventilation of hospitals for the sick by open fireplaces. Builder*, Bd. 29, S. 31.
- Heizung und Ventilation von Schulen. Deutsche Bauz. 1867, S. 243; 1868, S. 214; 1871, S. 407; 1872, S. 97.
- Heizung von Schulgebäuden. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 78.
- Ventilating double fireplace for provisional hospitals. Builder*, Bd. 30, S. 367.
- Ueber die Wahl von Heizungen. Deutsche Bauz. 1873, S. 135.
- Ventilation des théâtres. Revue gén. de l'arch.* 1872, S. 218; 1873, S. 133.
- HERTER, G. Ueber die Ventilation öffentlicher Gebäude. Viert. f. gerichtl. Med. u. öff. Sanit., Bd. 21, S. 257.
- Du chauffage et de la ventilation dans les hôpitaux. Gaz. des arch. et du bât.* 1874, S. 11.
- De la ventilation des monuments publics. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 114.
- Chauffage des édifices publics. Encyclopédie d'arch.* 1875, S. 38, 81, 111 u. Pl. 293.
- Ventilation of improved industrial dwellings. Building news*, Bd. 28, S. 107.
- WIENEGG, V. *Notice sur les appareils de chauffage employés dans les laboratoires.* Paris 1876.
- FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege und Rettungswesen in Brüssel. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 1.
- FISCHER, H. Bericht über die Ausstellung von Heizungs- und Lüftungsanlagen in Cassel. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 521; Bd. 226, S. 1, 113, 217.
- Ventilation für Landschultuben. Deutsche Bauz. 1877, S. 187.
- Ventilation auf der Kaffeler Ausstellung. Deutsche Bauz. 1877, S. 333, 357, 376, 386, 396.
- Ventilation der Krankenhäuser. Rohrleger 1878, S. 37.
- Ventilation der Schulen. Rohrleger 1878, S. 53.
- Ventilation der Theater. Rohrleger 1878, S. 70, 86, 103.
- Ventilation der Kafernen. Rohrleger 1878, S. 119.
- Ventilation der Gefängnisse. Rohrleger 1878, S. 120.
- FISCHER. Ausstellung für Ventilations- und Heizungsanlagen in Kassel. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878, S. 17.
- Die richtige Wahl der Heizung. Maschin.-Confr. 1878, S. 273.
- PAUL, F. Ueber Heizung und Ventilation in Unterrichtsanstalten. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 135, 151.
- Ventilation of public buildings. Builder*, Bd. 36, S. 359.
- Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den städtischen Schulgebäuden in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Berlin 1879.
- Heizung von Gemädegalerie-Gebäuden. Zeitschr. f. Bauw. 1879, S. 29.
- FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume auf der Pariser Weltausstellung. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 193, 289, 385.
- PÜRZL, J. Ueber die Ventilation öffentlicher Locale. Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 131.
- JOLY, CH. *De la ventilation des salons. Gaz. des arch. et du bât.* 1879, S. 74.
- HENDERSON. *Heating and ventilating of churches and other buildings. Iron*, Bd. 13, S. 233.
- School ventilation. Plumber*, Bd. 2, S. 370.
- EASSIE, W. Ueber Ventilationseinrichtungen. *Sanit. record*, Bd. 10, S. 62, 78, 94, 97, 126, 142, 159, 174, 190, 207, 223, 238, 254, 270, 287, 302, 319, 334, 349, 365, 382, 399, 414; neue Folge, Bd. 1, S. 1, 35, 77, 117, 158, 238.
- Untersuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden von Darmstadt. Darmstadt 1880.
- KÄUFFER, P. Streifzüge durch neuere Feuerungs- und Heiz-Anlagen. Rohrl. u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 158.
- SCHERRER, J. Aphorismen über Heizung und Ventilation der Schulhäuser. Schaffhausen 1881.
- RUPPERT, O. Sachliche Würdigung der in Deutschland erteilten Patente. Klasse 27: Lüftungs-Vorrichtungen. Berlin 1881.
- WEISS. Die Trennung der Ventilation von der Heizung in finanzieller Beziehung. Gefundh.-Ing. 1881, S. 1, 30, 57.
- FLOSS. Sammlung von Urtheilen über Heizung und Ventilation in Schulen. Gefundh.-Ing. 1881, S. 566.

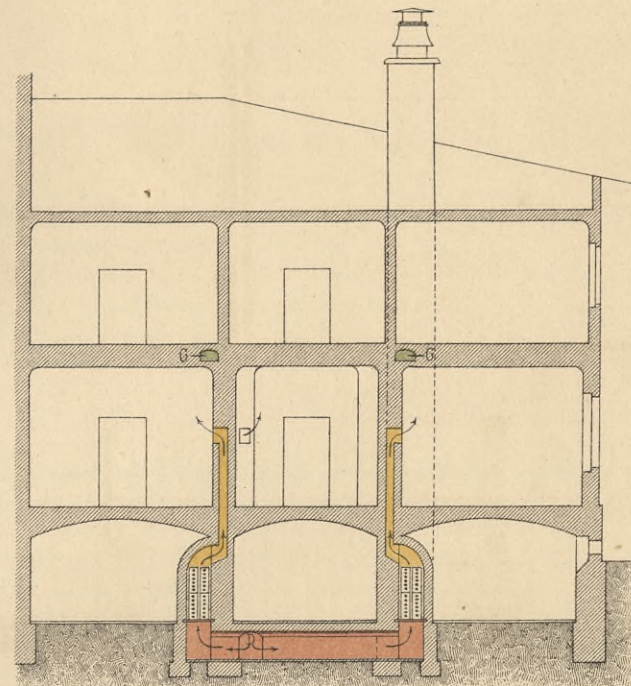


# HAUS KAHN IN MANNHEIM.

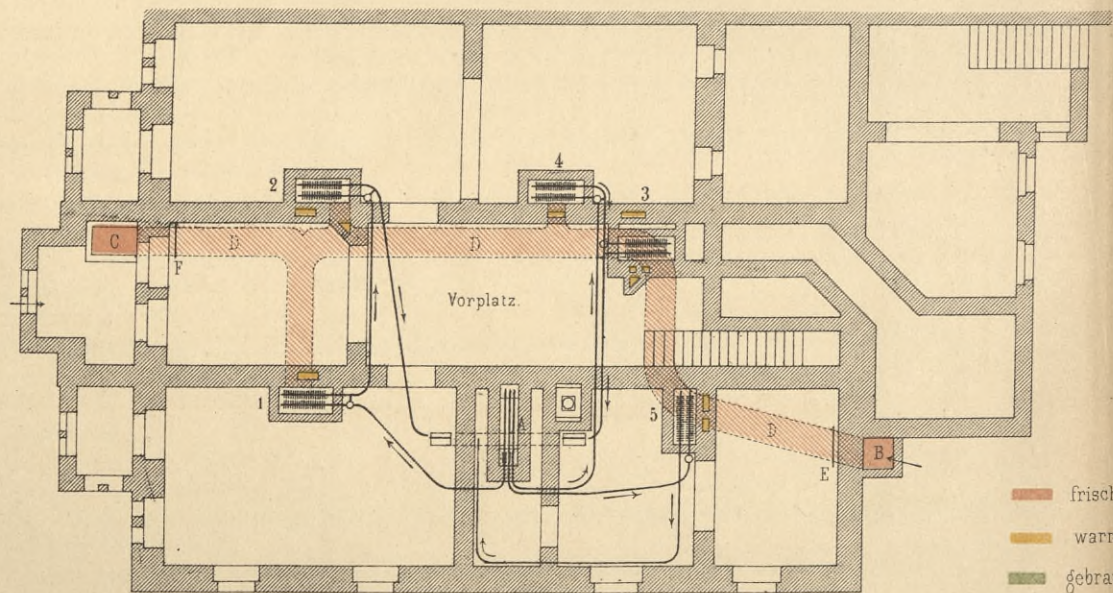
Längenschnitt.



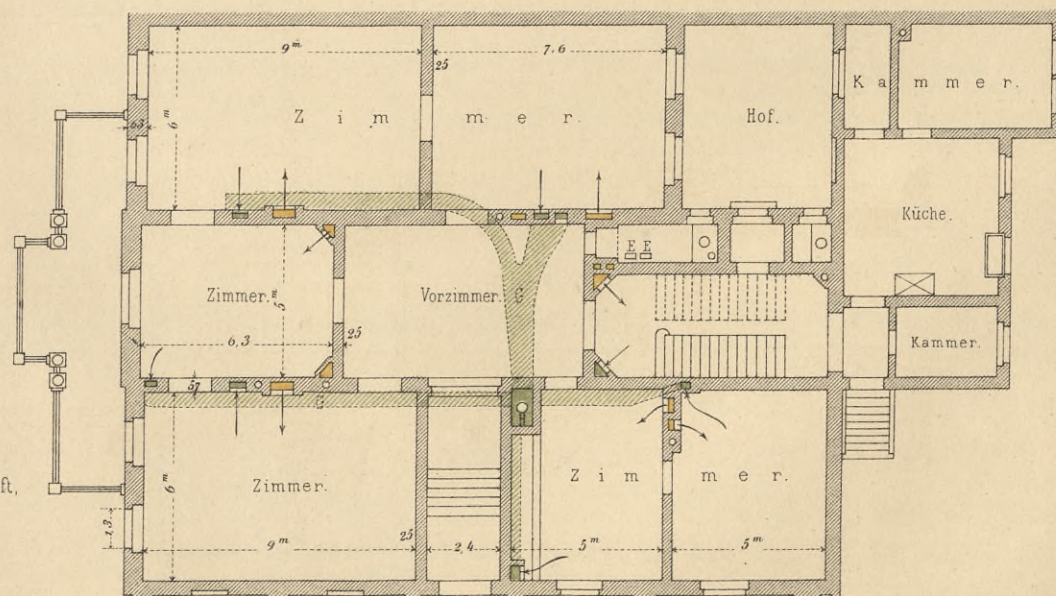
Querschnitt.



Keller - Geschoss.



Erd - Geschoss.



— frische kalte Luft,  
— warme Luft,  
— gebrauchte Luft.



- Chauffage et ventilation de l'opéra de Vienne. Nouv. annales de la const.* 1881, S. 35.  
*Warming and ventilation of hospitals, and heated shafts. Building news,* Bd. 42, S. 709.  
 KÄUFFER, P. Beheizung und Ventilation von Schulen. *Gefundh.-Ing.* 1883, S. 313.  
*The ventilation of theatres. Builder,* Bd. 46, S. 225.  
 RIETSCHEL, H. Lüftung und Heizung von Schulen. *Ergebnisse im amtlichen Auftrage ausgeführter Untersuchungen etc.* Berlin 1886.  
 SEDDON, J. P. *Theatre ventilation. Building news,* Bd. 46, S. 239.

### c) Beispiele bewährter Heizungs- und Lüftungs-Anlagen.

a) Heißwasser-Luftheizung des Hauses *Kahn* in Mannheim. Die neben stehende Tafel enthält zwei Grundrisse und zwei lothrechte Schnitte des Gebäudes, dessen Heiz-Anlage durch das Eisenwerk Kaiserslautern ausgeführt worden ist.

380.  
Beispiel  
I.

Das Erdgeschofs wird durch die Sammelheizung erwärmt, während das andere Geschofs mit Ausnahme dreier Räume mit gewöhnlichen Oefen versehen ist.

Im Kellergeschofs bezeichnet *A* den Heizofen, in welchem die nöthige Heizröhrenlänge nach Art von Fig. 298 (S. 309), und zwar in drei Abtheilungen, eingelegt ist. Die eine Abtheilung steht mit den Heizkammern *1* und *2* in Verbindung. Das heiße Wasser durchfließt in der Regel zunächst den Heizkörper in *1*, hierauf denjenigen in *2*, worauf das abgekühlte Wasser in den untersten Theil des Ofens *A* zurückkehrt. Vermöge der im Grundriß des Kellergeschofs vor den in Rede stehenden Heizkammern angedeuteten Ventile vermag man jedoch das Wasser, ganz oder theilweise, sowohl an der Heizkammer *1*, als auch an der folgenden *2* vorüberfließen zu lassen, so daß hierdurch die Wärme-Zufuhr der in Frage stehenden Heizkammern geregelt werden kann. In derselben Weise verfährt die zweite Röhrenabtheilung die Heizkammern *4* und *5*. Die Heizkammer *5* hat ihre eigene, die dritte Röhrenabtheilung. Die Ausdehnungsgefäße haben im Abortraume des Erdgeschofs, bei *E*, Platz gefunden. Als Heizkörper dienen schmiedeeiserne, im Zickzack gebogene Röhren, welche, behuf Vergrößerung der Heizfläche, bezw. Verminderung der Oberflächen-Temperatur, von geripptem Gufeseifen umschlossen sind.

Unter der Treppe des Seitenflügels (bei *B*) und unter der Veranda (bei *C*) mündet der Canal *D*, welcher die frische Luft heranzuführen hat. Indem derselbe an zwei einander entgegengesetzten Seiten mit dem Freien in Verbindung steht, werden die Einflüsse des Windes abgeschwächt. Uebrigens dienen zwei Drosselklappen *E* und *F* zur theilweisen oder vollständigen Absperrung des Canals *D* von den Mündungen *B*, bezw. *C*.

Vom Haupt-Canal *D* aus wird die frische Luft unmittelbar oder durch geeignete Zweig-Canäle den Heizkammern zugeführt und gelangt, nachdem sie erwärmt ist, durch lothrechte Canäle auf kürzestem Wege in die betreffenden Räume.

Diejenigen Canäle *G*, welche die gebrauchte Luft abzuführen haben, münden in der Nähe des Fußbodens und in der Nähe der Decke in den betreffenden Räumen und sammeln sich, unter Vermittelung wagrechter Theile, welche in der Decke zwischen Erd- und Obergeschofs liegen (in den Grundriß des Erdgeschofs eingetragen), in einem gemeinschaftlichen, über das Dach führenden Schachte *H*. In diesem Schachte befindet sich die eiserne Rauchröhre der Feuerung, so daß eine Erwärmung der abgelaugten Luft stattfindet, also der Auftrieb derselben vergrößert wird.

Die oberen Abzugsöffnungen der Canäle *G* sollen geöffnet werden, sobald durch irgend einen Umstand eine Ueberheizung eingetreten ist, und auch im Sommer, um die wärmste Luft der Zimmer abzuführen. Da eine besondere Feuerung für den Lockschornstein nicht vorgesehen ist, so dürfte die Sommerlüftung wenig Erfolg haben.

Die durchaus befriedigend wirkende Anlage giebt mir zu folgenden Aussetzungen Veranlassung.

Zunächst kann ich nicht billigen, daß der wagrechte Theil der Absaugungs-Canäle *G* über das Erdgeschofs gelegt worden ist. Derselbe würde zwischen Kellergewölbe und Erdgeschofs-Fußboden bequemer Platz gefunden haben, und durch letztere Anordnung würde die Auftriebshöhe des Lockschornsteines wesentlich vergrößert worden sein.

Ferner habe ich die Anordnung der Ventile und Drosselklappen zu tadeln. Dieselbe bedingt, daß dem Heizer sämmtliche Kellerräume zugänglich sind, was mindestens recht lästig ist. Man ersieht aus dem Kellergrundriß leicht, daß die Ventile der Heizkammern *1*, *2* und *4* ohne Schwierigkeit auf den Keller-vorplatz gelegt werden konnten. Die Drosselklappen *E* und *F* vermochte man, nach geringen Aenderungen der Canäle für frische Luft, ebenfalls vom Vorplatz aus regelbar anzubringen.

Das hier angewendete Verfahren, nur mittels frischer Luft zu heizen, ist für Anlagen, wie die vor-



liegende, durchaus zu empfehlen. Der etwaige Wärmeverlust dürfte aufgehoben werden durch die weit gehende Einfachheit der Anlage und die Sicherheit, daß regelmäßig gelüftet wird.

381.  
Beispiel  
II.

β) Feuer-Luftheizung mit Drucklüftung und Warmwasser-Heizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Kost- und Logirhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gußstahlfabrikation. In den Jahren 1873—74 wurde, nach Plänen des Baumeisters *Spetzler* in Bochum<sup>257)</sup>, die auf den neben stehenden Tafeln dargestellte Anlage ausgeführt. Die Doppeltafel enthält den Grundriß des Erdgeschosses, welcher in so fern unvollständig wiedergegeben ist, als der eine Flügelbau, welcher dem anderen gleicht, nur theilweise Platz gefunden hat. Das vordere oder Hauptgebäude enthält in 4 Geschossen etwa 150 Stuben mit 2, 4 oder 6 Betten; jedes der Betten soll doppelt belegt werden, wegen des Wechsels der Tag- und Nachtschicht, so daß das Gebäude 1500 unverheiratheten Arbeitern Unterkunft gewährt. Aufser diesen Logirzimmern befinden sich die Wohnung des Inspectors, die Leinenzimmer u. f. w. in diesem Hauptgebäude. Hinter demselben ist ein eingeschossiges Haus errichtet, welches die Waschräume, den großen Speise-, bezw. Unterhaltungsaal, die Küche und andere Wirthschaftsräumlichkeiten enthält. Die kleinere Tafel zeigt Querschnitte der beiden genannten Gebäude.

Endlich ist ein besonderes Gebäude vorhanden, in welchem sich Badezimmer, Dampfkessel, Maschinen-Anlage, Waschküche u. f. w. befinden.

In letzterem Gebäude bewegt eine Dampfmaschine zwei Schraubenbläser *a*, die durch den über Dach mündenden Schacht *b* frische Luft zugeführt erhalten und solche durch einen unter der Erde liegenden Canal, bezw. Zweige desselben in die 4 Heizkammern *c* drücken. Die Heizkammern liegen in der Höhe des Kellergeschosses; sie enthalten je zwei unmittelbar durch das Feuer, bezw. den Rauch desselben erwärmte Oefen. Nach der entsprechenden Erwärmung der Luft gelangt dieselbe in unter dem Fußboden des Erdgeschosses befindliche Canäle *d* (vergl. die kleinere Tafel), welche sie den lothrecht zu den Stuben aufsteigenden Canälen *e* übergeben. Wie aus dem Querschnitt des Hauptgebäudes erkannt werden kann, sind auch lothrecht absteigende Canäle vorhanden, welche das Kellergeschoss von den Canälen *d* aus mit frischer, nach Umständen warmer Luft versorgen.

Jede Stube steht nun, vermöge eines der Canäle *f*, mit dem Dachraume in Verbindung, so daß aus dem Zimmer die Luft in dem Maße nach dem Dachraume abgeführt wird, als frische Luft einströmt.

Die Einströmungs-Oeffnungen der Luft befinden sich in den Zimmern in zwei verschiedenen Höhen (vergl. die kleinere Tafel); welchen Zweck diese Anordnung verfolgt, vermag ich nicht zu erkennen. Vielleicht ist der Verfasser des Entwurfes noch unsicher gewesen, ob die Einführung im unteren oder die im oberen Theile jedes Zimmers vortheilhafter ist, so daß derselbe vorzog, beide Wege sich offen zu halten. Die Abströmungs-Oeffnungen liegen ebenfalls in zwei verschiedenen Höhen; im Winter ist regelmäßig die untere frei, während die obere Oeffnung geschlossen ist. Nur bei zufälliger Ueberheizung soll die obere Oeffnung zum Abführen der Luft dienen.

Der Querschnitt der vier zu den Heizkammern führenden Frischluft-Canäle ist je 1,1 m im Quadrat, also, unter Berücksichtigung der Gewölbe, rund 1,2 qm. Es sollen jedem Bett stündlich 30 cbm frische Luft geliefert werden; sonach ist die Luftgeschwindigkeit in den erwähnten Canälen durchschnittlich

$$\frac{30 \cdot 750}{4 \cdot 1,2 \cdot 3600} = 1,3 \text{ m.}$$

Eben so groß ist die Luftgeschwindigkeit im Haupt-Canal, während im Saugschachte *b*, welcher die Schraubenbläser *a* speist, weil dessen Querschnitt 2 m im Quadrat mißt, bei vollem gleichzeitigen Betriebe der vier Heizkammern eine etwas größere Geschwindigkeit herrscht. Der Querschnitt jedes der lothrechten, zu den Zimmern mit 4 Betten führenden Canäle ist etwa 320 qcm, so daß die Luftgeschwindigkeit in denselben ungefähr 1 m betragen dürfte.

Die Sommerlüftung erfolgt durch dieselben Mittel, welche der Winterlüftung dienen; jedoch sind in den eisernen Fenstern der Stuben je zwei große sog. Luftscheiben angebracht, welche nach Belieben benutzt werden können.

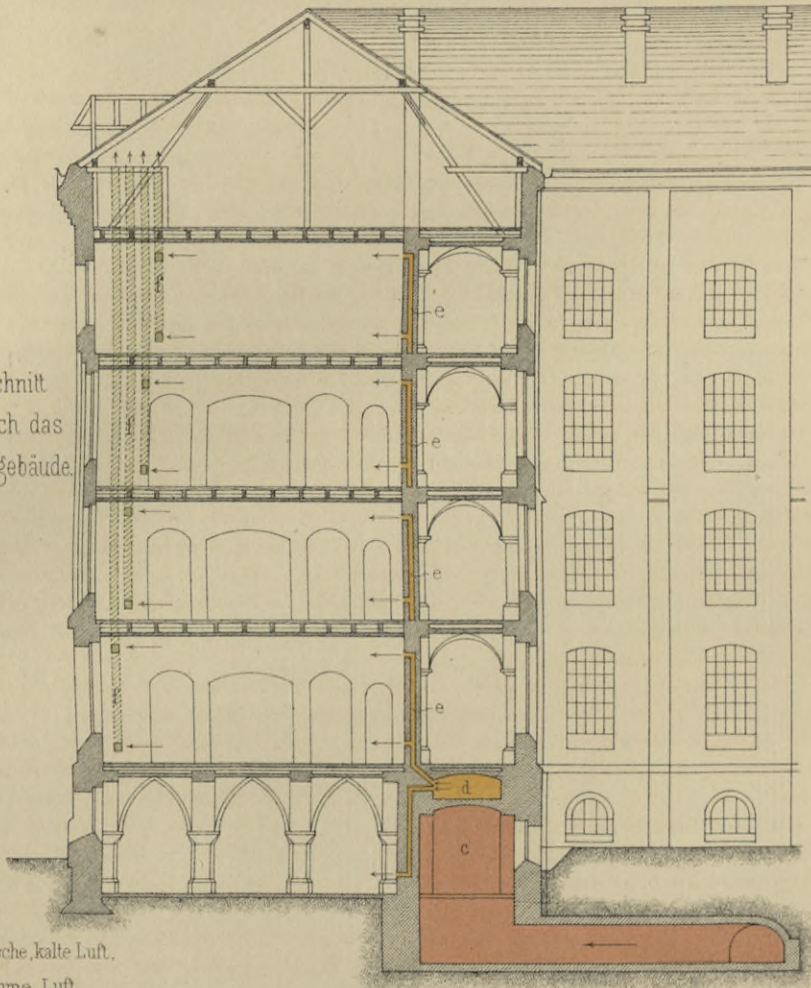
Die beiden Waschtuben *g* werden durch gewöhnliche Oefen erwärmt; sie enthalten je 56 Waschbecken, denen kaltes und warmes Wasser zugeführt wird.

Der Speise-, bezw. Gesellschaftsaaal, welcher sich an die Waschtuben anschließt, enthält 1000 Plätze. Seine Erwärmung erfolgt durch zwei Warmwasser-Heizungen, deren Heizkessel bei *h* im Kellergeschoss untergebracht sind. Die Röhren *i*, welche die Wärme an die Luft des Saales abzugeben haben, liegen längs der Wände und der Speisen-Ausgabestelle. Im Grundriß sind diese Röhren *i* durch strichpunktirte Linien, im Querschnitt durch Kreise angedeutet. Der in Rede stehende Saal ist mit einer

<sup>257)</sup> Siehe: Correspondenzbl. des niederrhein. Ver. für öffentl. Gesundheitspf. 1873, S. 144.

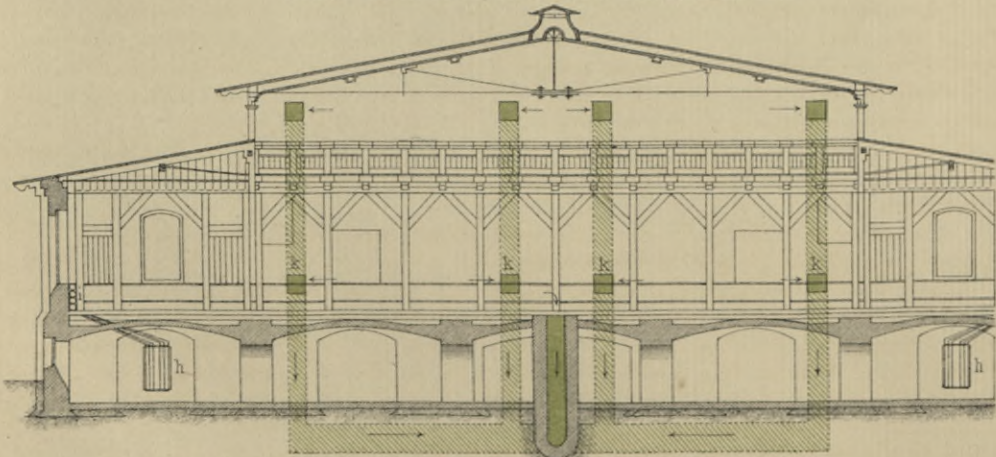
ARBEITER-KOST-UND LOGIRHAUS DES BOCHUMER VEREINS FÜR BERGBAU UND GUSSSTAHLFABRICATION.

Schnitt durch das Hauptgebäude.



- frische, kalte Luft.
- warme Luft.
- gebrauchte Luft.

Schnitt durch den Speise, bezw. Gesellschaftssaal.

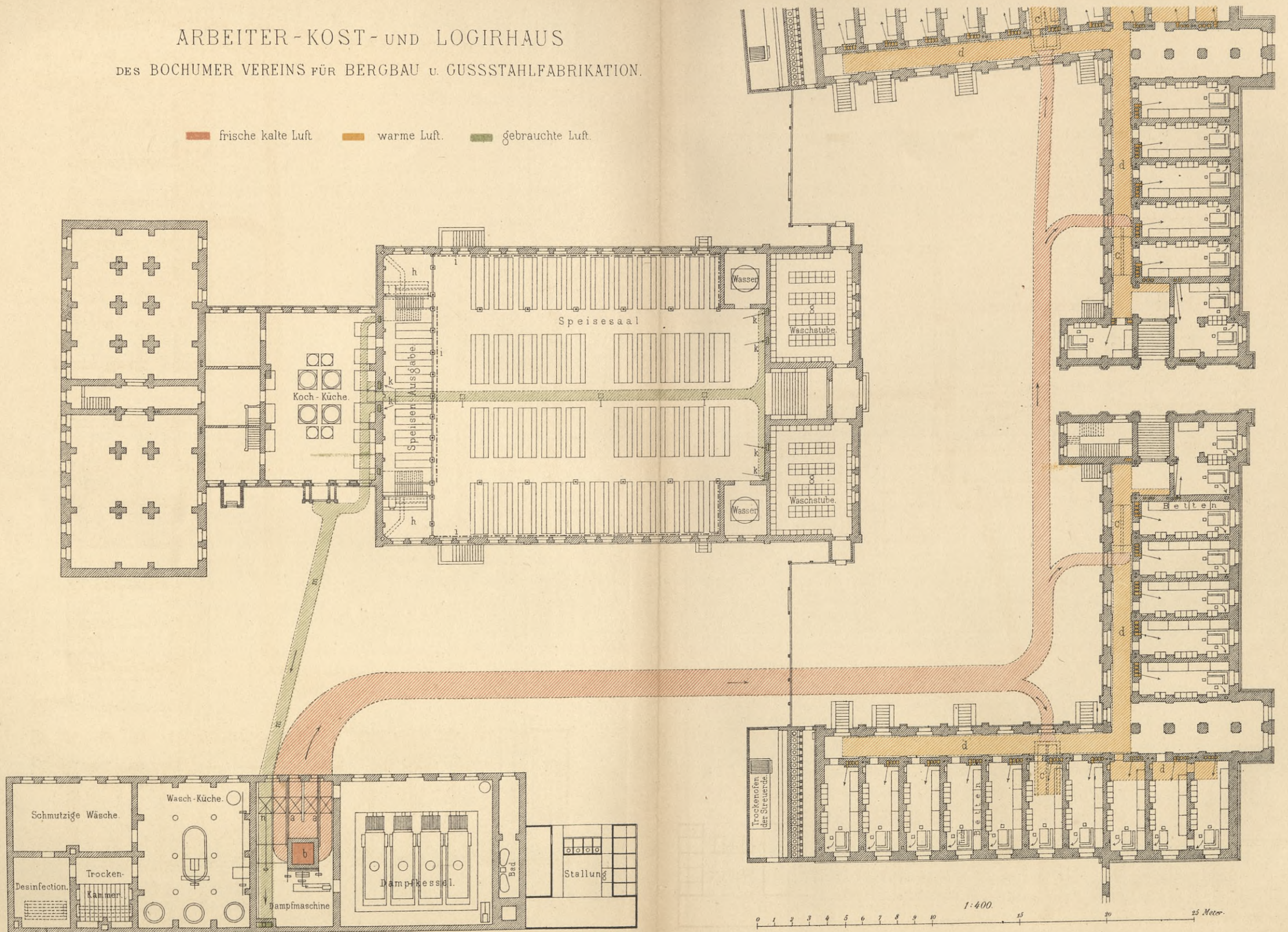






# ARBEITER - KOST - UND LOGIRHAUS DES BOCHUMER VEREINS FÜR BERGBAU U. GUSSSTAHLFABRIKATION.

frische kalte Luft    warme Luft.    gebrauchte Luft.

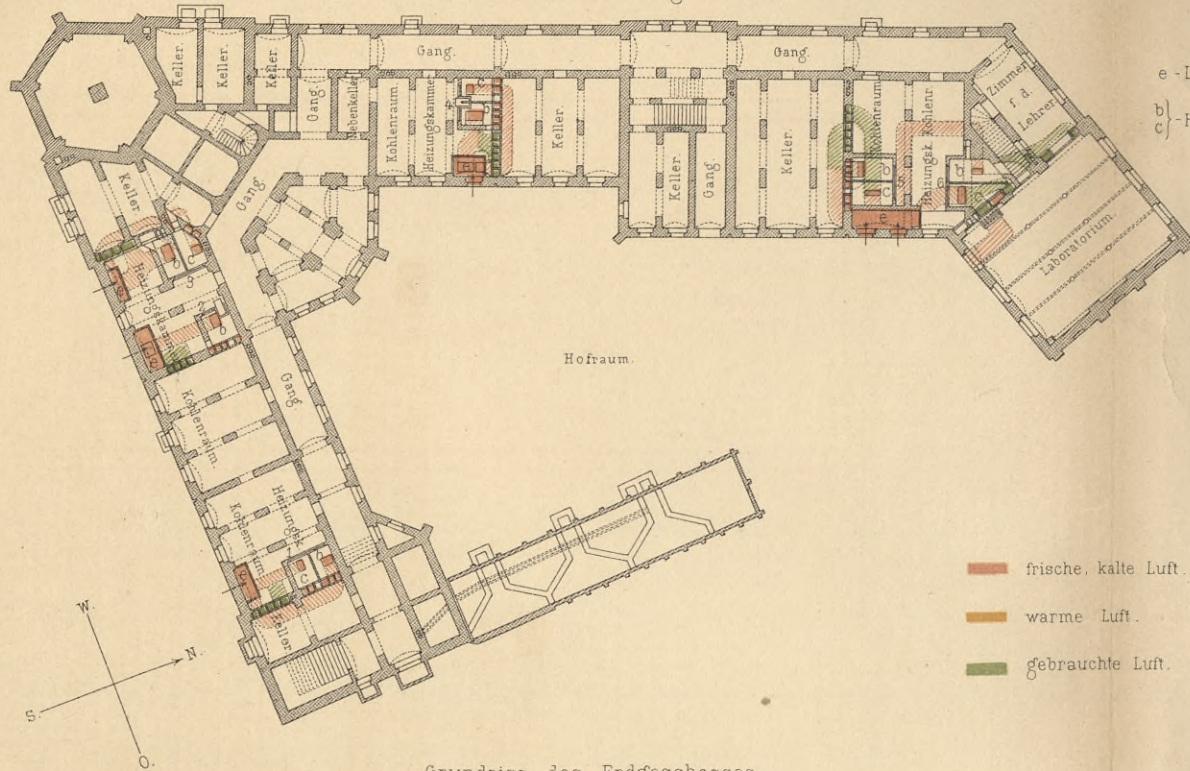






# LEIBNITZ-REALSCHULE ZU HANNOVER.

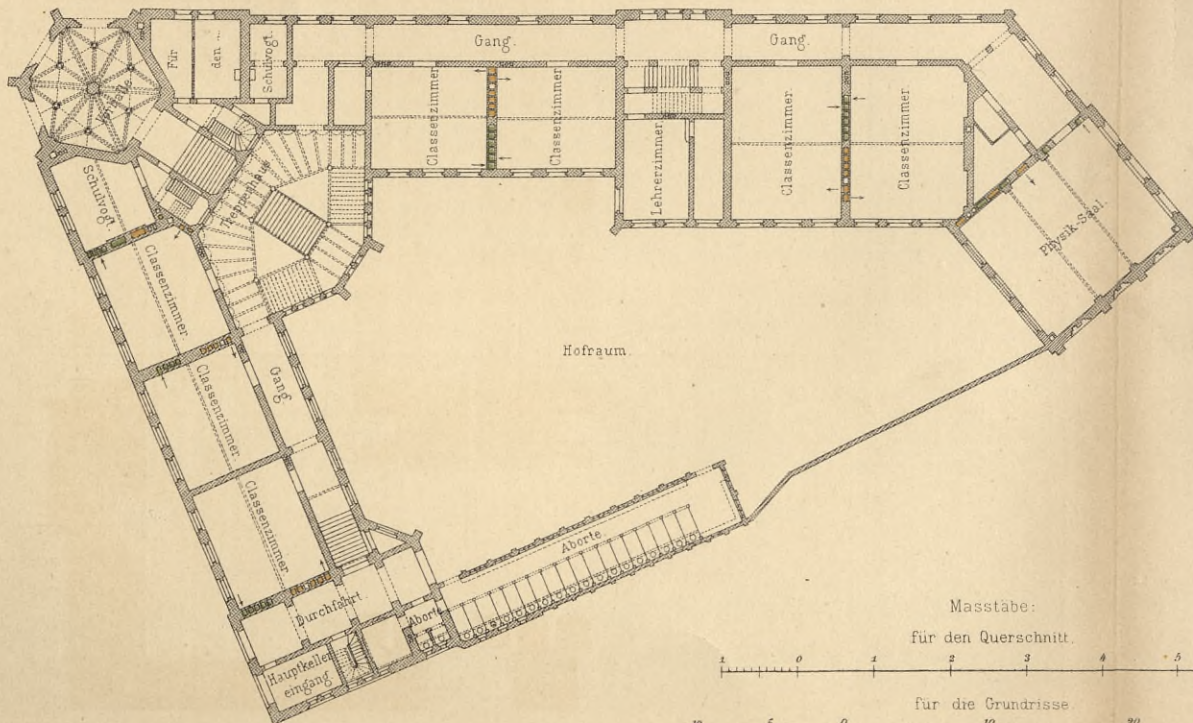
Grundriss des Kellergeschosses.



e - Luftkammern  
 b) c) - Heizkammern

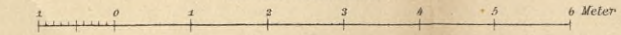
frische, kalte Luft.  
 warme Luft.  
 gebrauchte Luft.

Grundriss des Erdgeschosses.

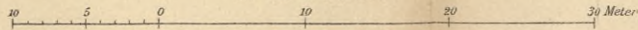


Masstäbe:

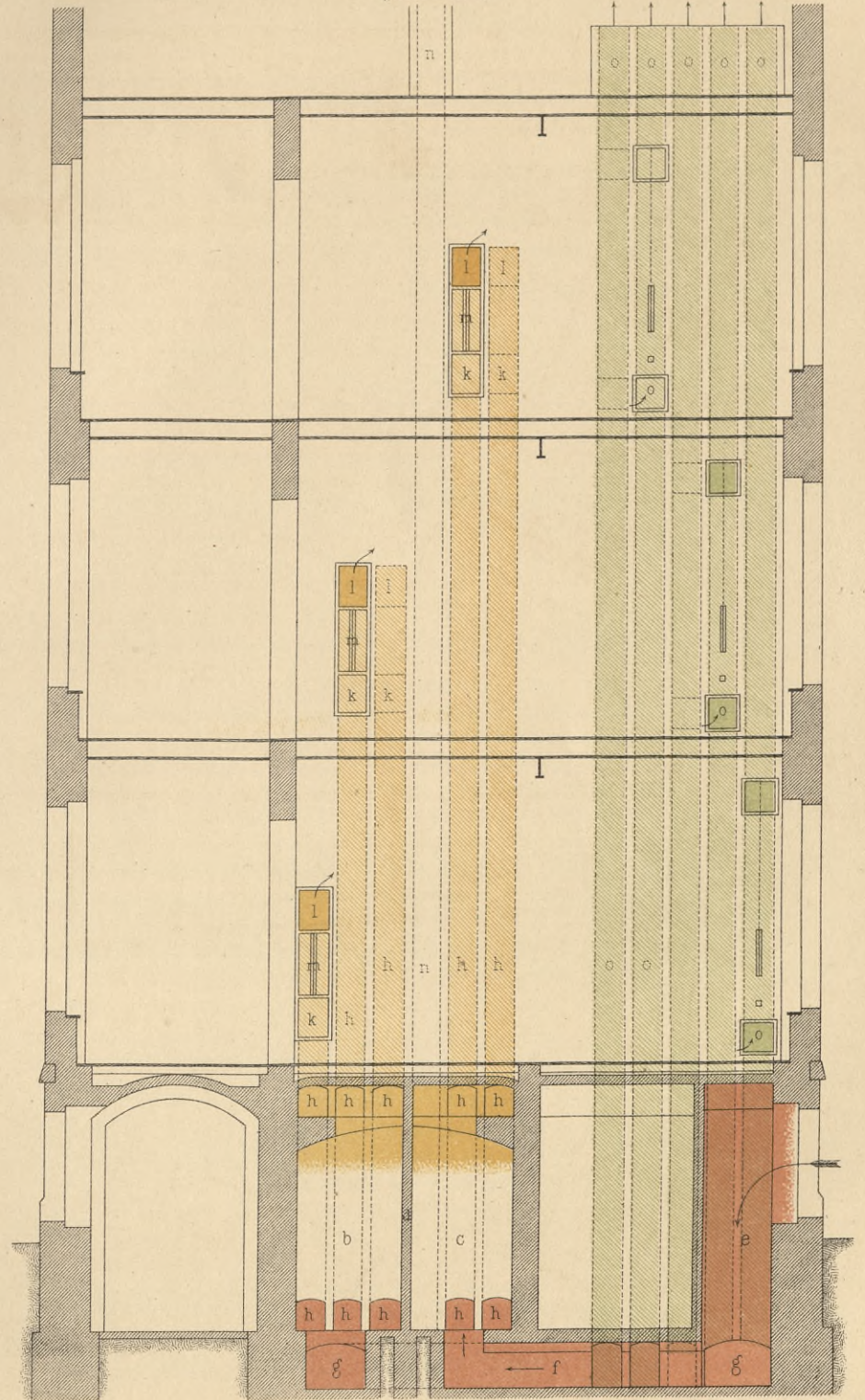
für den Querschnitt.



für die Grundrisse.



Querschnitt.







Sauglüftung versehen. Bei  $k$  befinden sich in den Wänden, bei  $l$  im Fußboden Oeffnungen, welche mit dem Saug-Canal  $m$  in Verbindung stehen. An den Wänden mündet jeder Saug-Canal zweimal, nämlich in der Nähe des Fußbodens und in der Nähe der Decke; diese Einrichtung wird in bekannter Weise benutzt. Frische Luft tritt theils durch die Undichtheiten der Einschließungsflächen ein; theils gelangt sie vermöge geeigneter Oeffnungen zu den Heizungsröhren, um hier erwärmt zu werden, bevor sie in den Saal gelangt.

Der Saug-Canal  $m$  dient auch zur Lüftung der Küche. Derselbe enthält im Maschinenraume einen Schraubenbläser  $n$ , welcher die Luft einerseits ansaugt, andererseits durch den lothrechten Schacht  $o$  auswirft.

γ) Feuer-Luftheizung der Leibniz-Realschule in Hannover. Die in Rede stehende Schule wurde in den Jahren 1876 und 1877 nach den Plänen des Stadtbauinspector *Wildorff*<sup>258)</sup> erbaut; die hier in Rede stehende Heizungs- und Lüftungs-Anlage ist von *Kelling* in Dresden entworfen und ausgeführt.

382.  
Beispiel  
III.

Das Gebäude enthält in drei Geschossen 28 Classenzimmer und die Aula, welche durch 6 Heizöfen, bezw. 11 Heizkammern, die im Kellergeschoß untergebracht sind, mit Wärme und frischer Luft versorgt werden. Die neben stehende Doppeltafel enthält einen lothrechten, die umstehende einfache Tafel einen lothrechten und zwei wagrechte Schnitte der Heiz-Anlage nebst Zubehör. Der Ofen  $a$  ist nach Fig. 279 (S. 291) angeordnet<sup>259)</sup>; er dient für zwei Heizkammern  $b$  und  $c$ . Der Zweck dieser Anordnung ist die Verringerung der Zahl der Feuer; ich halte denselben nicht für so wichtig, um ihn durch Zulassung der Nachtheile, welche entstehen, indem man einen Ofen durch eine gemauerte Wand  $d$  in zwei Theile zerlegt, einzukaufen. Die Heizkammer  $b$  versorgt das Erd- und das I. Obergeschoß (vergl. die Doppeltafel), die Heizkammer  $c$  das III. Obergeschoß. Um die etwa überschüssige Wärme der einen Heizkammer für die benachbarte nutzbar zu machen, befindet sich in der Scheidewand  $d$  eine Thür; offenbar wird nach Öffnen derselben der Vortheil verschiedener Heizkammern für die verschiedenen Geschosse aufgehoben.

Die Anlage gestattet, sowohl mit Umlauf, als auch mit frischer Luft zu arbeiten.  $e$  bezeichnet eine Luftkammer, welche einerseits mittels des anliegenden Kellerfensters (welches nur vergittert ist) mit der freien Luft, andererseits vermöge der Canäle  $f$  und  $g$  mit den Heizkammern in Verbindung steht. Von den Ausmündungen dieser Canäle ab kann die frische Luft entweder in kaltem Zustande am Boden der Heizkammern oder erwärmt durch das Gewölbe derselben zu den lothrechten Canälen  $h$  gelangen, welche sie in die einzelnen Räume führen. Die betreffende Regelung erfolgt durch die Mischklappe  $i$  vom betreffenden Zimmer aus. Zu diesem Ende ist mit der Mischklappe  $i$  (vergl. die kleinere Tafel) eine punkirt gezeichnete Kette verbunden, welche, über mehrere Leitrollen geführt, im betreffenden Raume höher oder tiefer aufgehängt wird. Mit dem oberen Ende dieser Kette ist eine zweite Kette verbunden, die mit ihrem anderen Ende an der Klappe  $k$  befestigt ist, und zwar so, daß  $k$  den Canal  $h$  abschließt, sobald  $i$  in annähernd lothrechter Stellung sich befindet, während  $k$  den Canal  $h$  frei läßt, so lange  $i$  (in Bezug auf die Figur) ganz nach rechts gelegt ist. Mir ist der Zweck dieser Anordnung nicht verständlich geworden; meiner Ansicht nach macht dieselbe den unter der Mischklappe liegenden Theil des Canales  $h$  überflüssig und eben so die Mischklappe  $i$ . Die Klappe  $k$  allein verringert den Querschnitt des Canales  $h$ , sobald sie mehr und mehr schräg gelegt wird; sie hemmt daher die Zuströmung der warmen Luft und dient dem gemäß zur Regelung der Wärme-Zufuhr. Da dieses Regelungsverfahren (vergl. Art. 355, S. 337) unter Umständen eine bedeutende Temperatursteigerung der Luft zur Folge hat, so findet, links von  $k$ , eine Zuströmung der Zimmerluft statt, welche sich mit der Heizluft mischt und deren Temperatur mildert. Die Ausströmungs-Oeffnungen  $l$  sind vergittert; der Mitteltheil  $m$  des Verschlusses der im Mauerwerk frei gelassenen, lang geschlitzten Oeffnung besteht aus einer Blechthür, durch welche der betreffende Canal zugänglich gemacht ist.

Zwischen den Canälen  $h$  (vergl. die kleinere Tafel, Schnitte nach  $EF$  und  $JK$ ) befindet sich der Rauchschornstein  $n$  des Ofens.

Die Abführung der Luft erfolgt durch die lothrechten Canäle  $o$ ; dieselben münden im Zimmer, sowohl nahe über dem Fußboden, als auch in der Nähe der Decke; im Winter soll regelmäsig die untere Abzugsöffnung benutzt werden, während die obere mittels einer Klappe verschlossen ist.

Hinter der unteren Abzugsöffnung befindet sich eine Wechselklappe (vergl. Art. 263, S. 238), welche den betreffenden Canal  $o$  entweder unterhalb oder oberhalb der Abzugsöffnung schließt. Im ersteren Falle entweicht die Luft durch den betreffenden Canal  $o$  in den Dachraum des Gebäudes, so daß eine ent-

<sup>258)</sup> Siehe: Die Leibniz-Realschule zu Hannover. Zeitchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 511.

<sup>259)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 226, S. 11.

sprechende Menge frischer Luft aus dem Freien, unter Vermittelung der Luftkammer  $e$  und des Canals  $f$ , bzw.  $g$ , in die Heizkammern strömen muß. Wegen der zur Erwärmung dieser frischen kalten Luft erforderlichen Wärmemenge wird das Anheizen der Räume mit umlaufender Luft bewirkt. Zu diesem Ende hebt man die Wechfelklappen nach oben und bringt dadurch eine Verbindung zwischen den Zimmern und dem zugehörigen Canal  $f$ , bzw.  $g$  hervor, welche die Luft der Zimmer in die Heizkammern zurückführen. Behuf Fernhaltung des Druckes der äußeren Atmosphäre auf das Innere der Heizkammern (vergl. Art. 210, S. 192) werden, während man mit Umlauf heizt, die Droffelklappen  $\beta$  und  $\gamma$  der Frischluft-Canäle geschlossen; so lange die Lüftungs-Heizung währt, sind diese Klappen geöffnet, wenn nicht heftiger Wind zum theilweisen Schließen Veranlassung giebt. Die Regelung der Wärme-Zufuhr findet, wie schon erwähnt, von den einzelnen Räumen aus statt; die Regelung der Wärmeentwicklung ist Sache des im Kellergeschoß befindlichen Heizers. Dieses Verfahren bedingt eigentlich, daß der Heizer in den Stand gesetzt wird, die Temperatur der erwärmten Luft zu beobachten. Bei der vorliegenden Anlage habe ich eine entsprechende Einrichtung — welche oft in einem gewöhnlichen, in der Heizkammer aufgehängten, von außen zu beobachtenden Thermometer besteht — nicht gefunden. Der Heizer richtet sich nach der Witterung und nach den Ergebnissen des Heizens.

Je niedriger die Temperatur des Freien ist, um so kräftiger ist der durch die vorliegende Anlage hervorzubringende Luftwechsel. Mit abnehmender Kälte vermindert sich die Luftgeschwindigkeit in den Canälen, und bei annähernd gleicher Temperatur im Inneren und Außen des Hauses hört der Luftwechsel auf. Man hat alsdann das wenig zweckmäßige Lüftungsmittel, das Öffnen der Fenster anzuwenden. Die oberen Mündungen der Luft-Abführungs-Canäle sind für die Sommerlüftung bestimmt; jedoch ist leicht zu übersehen, daß diese nur dann einen nennenswerthen Luftwechsel hervorzurufen vermögen, wenn der Temperatur-Unterschied der Zimmerluft gegenüber dem Freien ein großer ist. Da derselbe im Sommer nicht groß werden kann, so lange die Temperatur der Zimmer erträglich bleibt, so dürfte diese Sommerlüftung als geringwerthig zu bezeichnen sein. Thatächlich entläßt man die Schüler, sobald die Temperatur der Zimmer während des Sommers ein gewisses Maß erreicht.

Die Vertheilung der Heiz-Anlagen im Gebäude ist aus den beiden Grundrissen zu ersehen. Die Heizöfen 1, 3, 4, 5 und 6 erwärmen je zwei Heizkammern, der Heizofen 2 nur eine solche. Ueber der Vorhalle und den angrenzenden Räumen des Erdgeschoßes befindet sich die Aula. Deren Heizung ist alleinige Aufgabe der Heizkammer  $b$  des Heizofens 3. Da die Aula nicht immer benutzt wird, so ist an diesem Orte die oben erwähnte Einrichtung, welche nach Öffnen einer Klappe in der den Ofen in zwei Hälften zerlegenden Wand die Wärme der Heizkammer  $b$  für die Heizkammer  $c$  des Ofens 3 benutzbar macht, zweckmäßig. Eben so zweckmäßig dürfte es jedoch sein, wenn man der Aula einen besonderen Ofen gegeben hätte.

383.  
Beispiel  
IV.

2) Feuer-Luftheizung mit Sauglüftung der medicinischen Klinik zu Bonn. Das umfangreiche Gebäude der medicinischen Klinik in Bonn wird durch 9 Feuer-Luftheizungen erwärmt und durch eben so viele Lockschornsteine gelüftet; die betreffende Anlage wurde von *J. H. Reinhardt* in Würzburg ausgeführt. Auf der neben stehenden Tafel ist eine der erwähnten 9 Anlagen, nämlich diejenige für den Mittelbau, in vier Grundrissen und zwei lothrechten Schnitten wiedergegeben. Zwei Kellerfenster  $A$  lassen die frische Luft in die geräumige Luftkammer  $B$  gelangen, in welcher sie sowohl ihre Geschwindigkeit, als auch einen Theil des mitgeführten Staubes verlieren soll. Von hier aus tritt sie, durch zwei am Boden befindliche Oeffnungen, in die Heizkammer, erwärmt sich am Ofen  $C$  und steigt in die Vertheilungs-Canäle  $D$  für warme Luft, welche zwischen dem Kellergewölbe und dem Fußboden des Erdgeschoßes untergebracht sind. 16 lothrechte Canäle führen die erwärmte Luft in die betreffenden Räume, wofelbst sie über Kopfhöhe austritt.

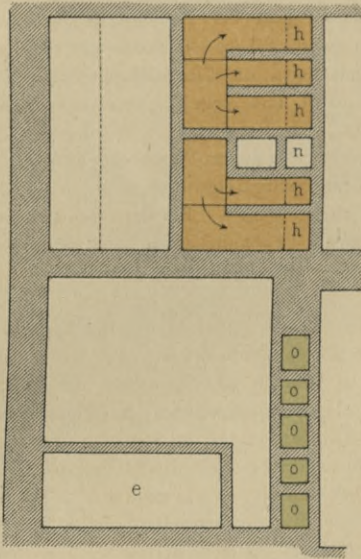
Die gebrauchte Luft kann entweder in der Nähe der Decke oder dicht über dem Fußboden abgelaugt werden; sie soll von den hier in Frage kommenden Zimmern in den gemeinsamen Lockschornstein gelangen, weshalb ein wagrechter Sammel-Canal  $E$  nothwendig wird. Man hat denselben über die Gewölbe des Ganges im Erdgeschoß gelegt, weil der verfügbare Raum neben den Vertheilungs-Canälen  $D$  dem Constructeur weniger bequem erschien. Ein Theil der gebrauchten Luft des Erdgeschoßes muß daher steigen, bevor sie zu dem Sammel-Canal  $E$  gelangt, während diejenige der höheren Geschoße zu ihm herabfällt; theilweise sind auch Oeffnungen angebracht, welche die Zimmer unmittelbar mit dem Inneren des Lockschornsteines in Verbindung bringen.

Die Luft der Aborte wird abweichend von derjenigen der übrigen Räume behandelt. Sie wird nämlich durch die Abfallröhren nach unten, in einen besonderen Raum  $F$  des Kellergeschoßes, geleitet und aus diesem vermöge des unter dem Fußboden des Kellers liegenden Canals  $G$  zu der besonderen Lockschornstein-Abtheilung  $H$  geleitet.

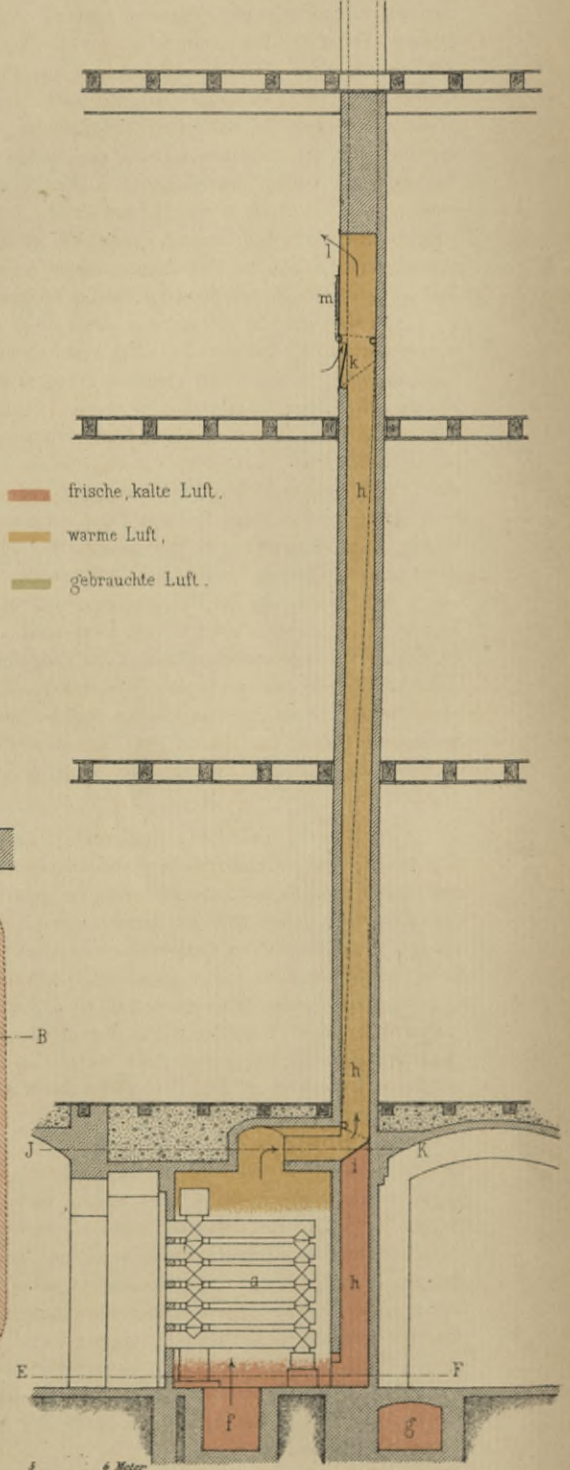
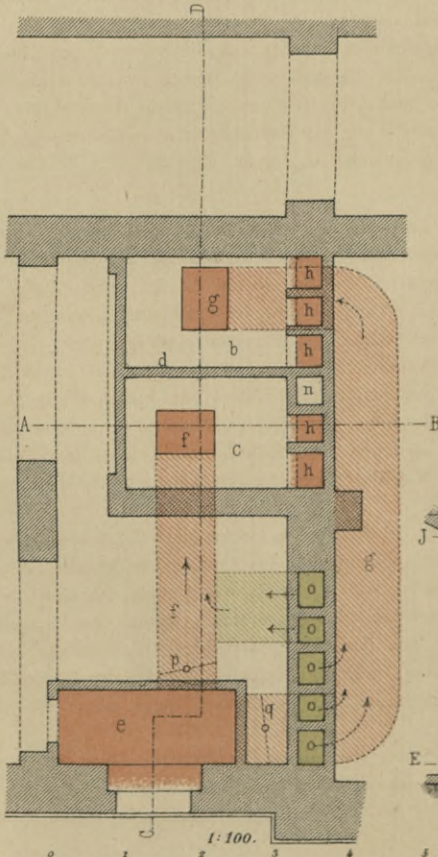
# LEIBNITZ-REALSCHULE ZU HANNOVER.

Schnitt J K.

Schnitt A B.

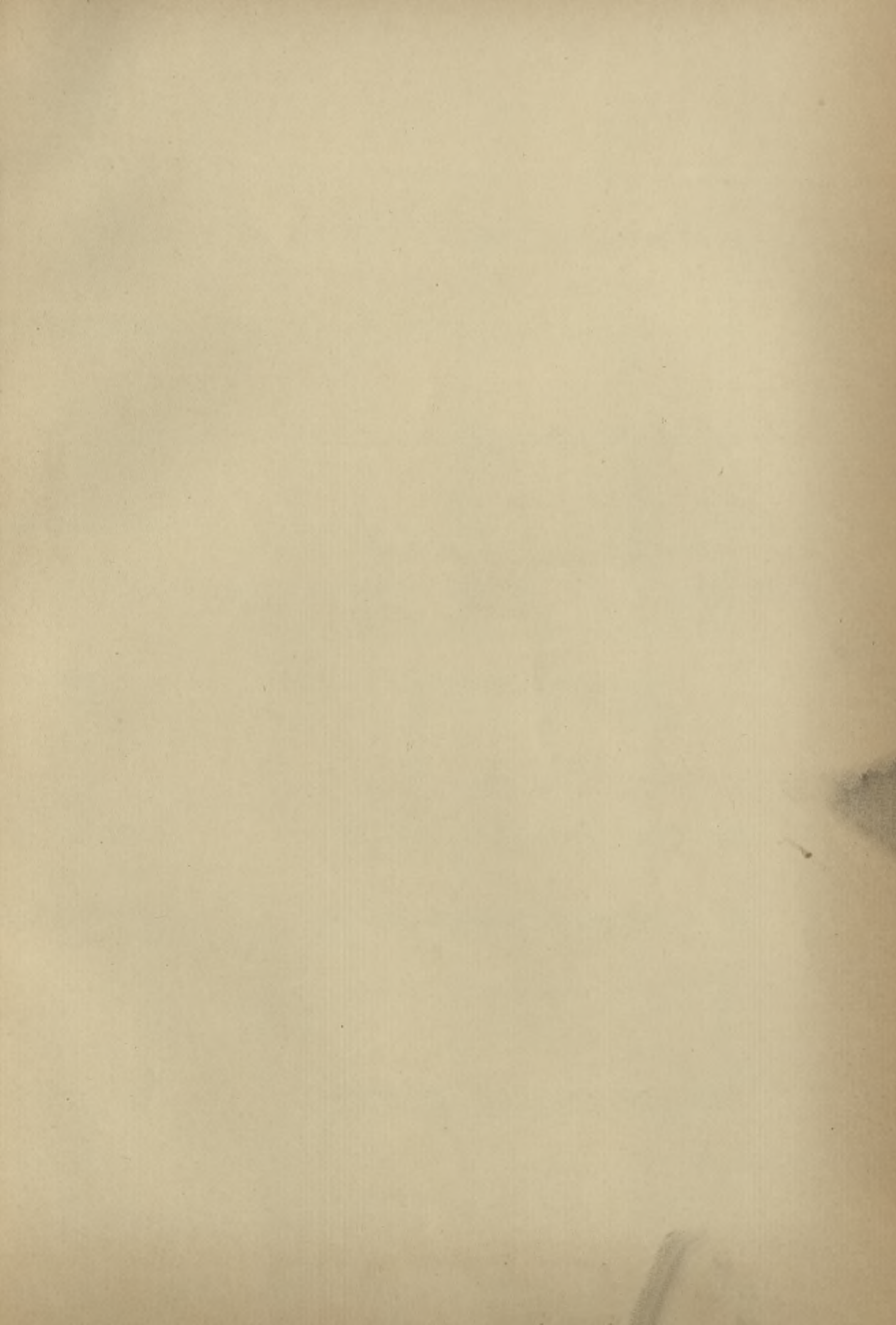


Schnitt E F.

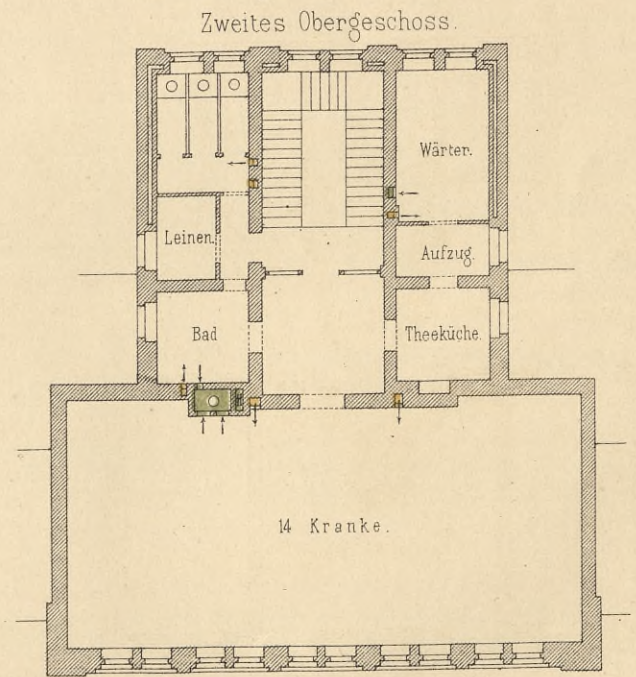
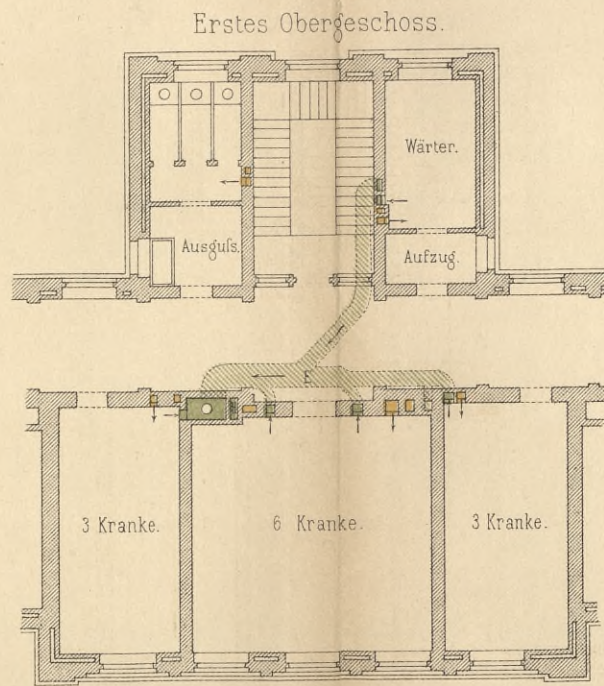
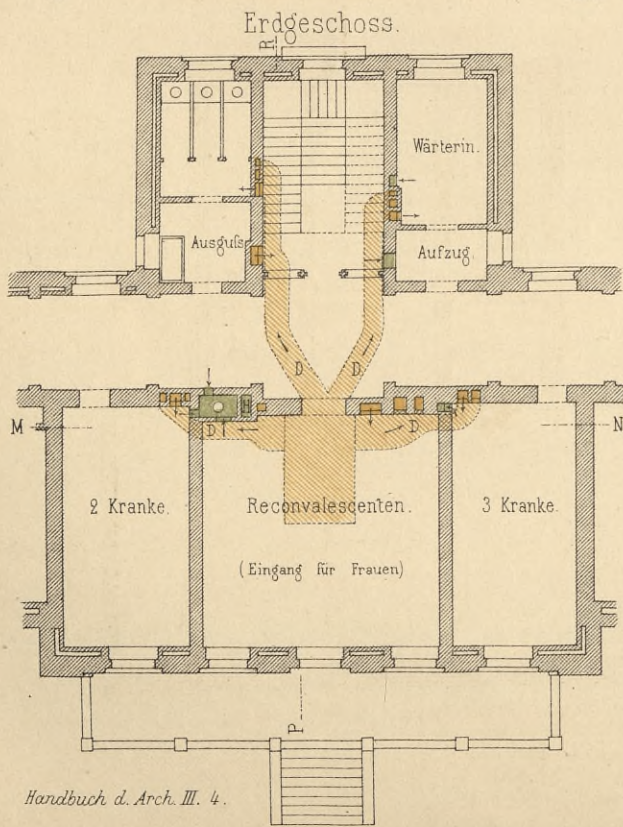
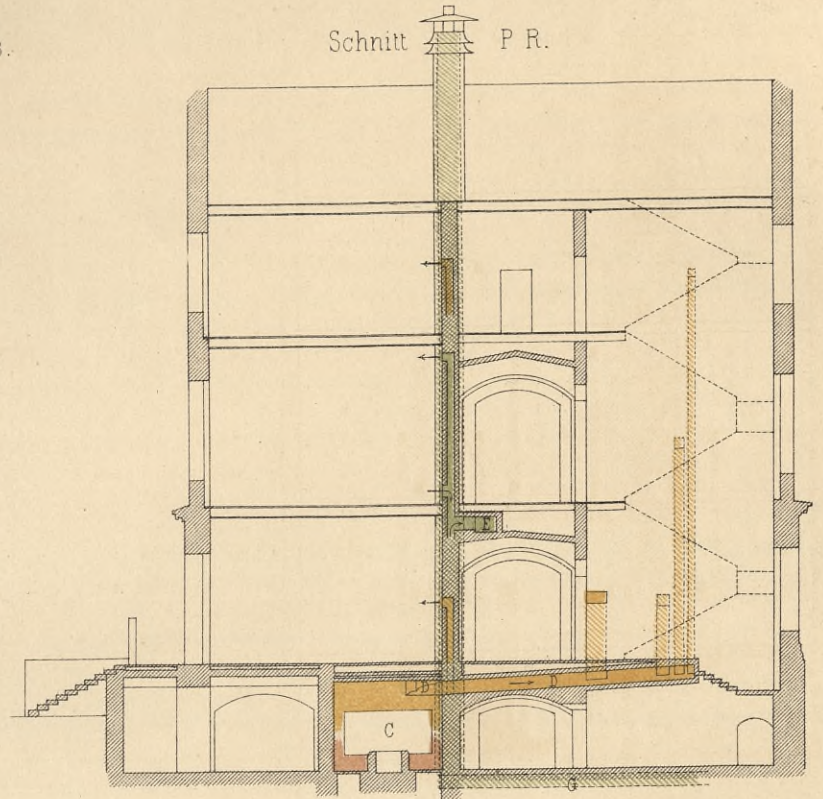
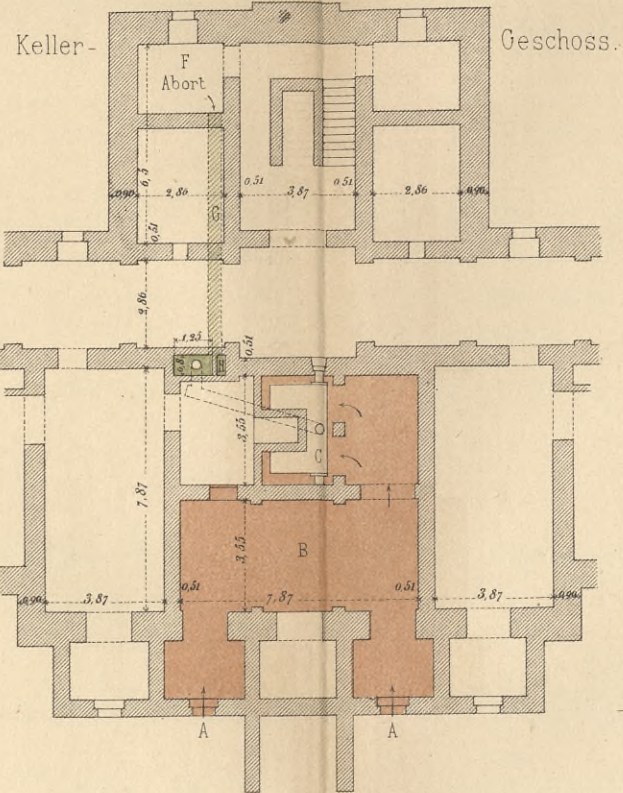
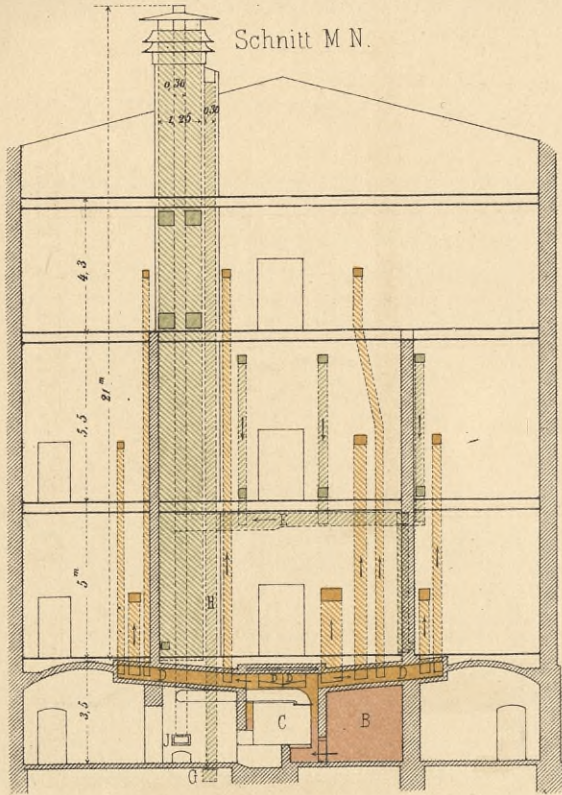


- frische, kalte Luft.
- warme Luft.
- gebrauchte Luft.

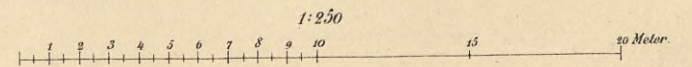




KLINIK zu BONN.



- frische, kalte Luft.
- warme Luft.
- gebrauchte Luft.







Im Winter erfolgt die Erwärmung des Schornsteines durch den Rauch des Heizofens, im Sommer und sobald es sonst nöthig wird, durch eine besondere Feuerung *L*, welche vom gewöhnlichen Heizraume aus im Kellergeschoß bedient wird.

Die Regelung der Wärmeabgabe, wie auch diejenige des Luftwechsels erfolgt in den betreffenden Räumen, indem die Mündungen der Canäle mit geeigneten Klappen versehen sind.

Bemerkenswerth ist die Größe der Luftkammer *B*; sie ist in hohem Maße geeignet, eine ruhige Luft, die für eine angenehme Wirkung der Heizungs- und Lüftungs-Anlage nöthig ist, zu vermitteln. Ich muß jedoch bemerken, daß ich es für zweckmäßiger halten würde, die Luftkammer nicht allein mit einer, sondern auch mit der entgegengesetzten Seite des Hauses in freie Verbindung zu setzen, um die Einwirkung des Windes möglichst auszugleichen. Die steigende Lage der Warmluft-Vertheilungs-Canäle *D* sichert eine rasche Inbetriebsetzung der Anlage.

Weniger zweckmäßig finde ich die Lockschornstein-Anlage. Würde man die gebrauchte Luft im Kellergeschoß gesammelt haben, so würde die wirkliche Höhe des Schornsteines ohne Schwierigkeit auf 24<sup>m</sup> gebracht worden sein, während sie bei der vorliegenden Anordnung im Mittel nur 16<sup>m</sup> beträgt. Der untere Theil des Schornsteines, in welchem die Wärmeabgabe der Rauchröhren, wegen der hier herrschenden höheren Rauchttemperatur, am vorteilhaftesten stattfindet, wird nur zur Führung der gebrauchten Luft des Ganges, eines Zimmers für 2 Kranke und des Reconvalescenten-Raumes (vergl. den Grundriß des Erdgeschoßes) benutzt, während der bei weitem größte Theil der gebrauchten Luft des II. Obergeschoßes erst in dessen Höhe in den Schornstein gelangt und hier vorwiegend zur Abkühlung, also zur Verminderung des Auftriebes der im Schornstein vorhandenen Luft dient.

Die Erwärmung der Schornsteinabtheilung für die Aborte dürfte nicht immer in genügendem Maße erfolgen, da sie unter Vermittelung einer gemauerten Wand und durch die aus den Zimmern gefaugte Luft erfolgt. Sauglüftungen erfordern aber, wie früher bereits erörtert worden ist, für diejenigen Räume, in welchen übel riechende Gase in größerer Menge entwickelt werden, eine besonders kräftige Wirkung, damit unter allen Umständen das Austreten der Gase in benachbarte Räume verhindert wird.

Was nun endlich die Frage anbelangt, ob für den vorliegenden Fall die Feuer-Luftheizung zweckmäßig ist oder nicht, so bemerke ich, daß durch die Zerlegung der Anlage in 9 Theile verhältnismäßig kurze Canäle, die wenig Widerstand leisten und wenig Raum beanspruchen, gewonnen sind. Die Anwendung der 9 Heizkammern und 9 Lockschornsteine ist daher nur zu billigen. Würde man statt der unmittelbar durch Feuer erwärmten Oefen Dampf- oder Heißwasser-Heizkörper benutzt haben, so würde man im Stande gewesen sein, sowohl die Zahl der Lockschornsteine, als auch diejenige der Heizkammern zu vermehren, also das liegende Canalnetz weiter zu vereinfachen; man würde auch für das ganze Gebäude nur eine Feuerstelle nöthig gehabt haben, also an Bedienungskosten sparen. Dagegen würden die Anlagekosten erheblich höhere geworden sein. Die oben angeregte Frage ist daher nur auf Grund der Kostenanschläge verschiedener Pläne, welche die erforderlichen Zinsen, Abschreibungen und Unterhaltungskosten erkennen lassen, sachgemäß zu beantworten.

ε) Dampf-Luftheizung, Druck- und Sauglüftung des Sitzungsfaales des deutschen Reichstages in Berlin. Das Gebäude, in welchem die Vertretung des Deutschen Reiches in Berlin ihr Heim hat, wurde bekanntlich in äußerst kurzer Zeit zu diesem Zwecke umgebaut. So konnte es nicht ausbleiben, daß die Heizungs- und Lüftungs-Anlagen nicht diejenige Einheit der Anordnung erkennen lassen, die in hervorragenden öffentlichen Gebäuden erwartet werden muß. Die betreffenden Einrichtungen für den großen Sitzungsfaal zeigen einen gewissen Schwung, so daß ich dieselben für geeignet halte, als Beispiel für derartige Anlagen zu dienen. Ich entnehme die Zeichnungen der unten angezogenen Quelle<sup>260)</sup>, während die Grundlagen der Erörterungen theils eigener Anschauung, theils unmittelbar eingezogenen Nachrichten entammen.

Die umstehende Tafel enthält einen lothrechten Durchschnitt und einen Grundriß der Anlage. Letzterer ist zur Hälfte nahe über dem Fußboden des Kellergeschoßes, zur anderen Hälfte in größerer Höhe liegend angenommen. Neben, theils unter dem Saale befinden sich im Kellergeschoß zwei lang gestreckte Heizkammern *a* und *b*, in welche zahlreiche, mit Dampf gespeiste Röhren gelegt sind; die Dampf-Zuleitungsröhren sind mit *c* bezeichnet.

Frische, aus dem Garten des benachbarten Herrenhauses entnommene Luft strömt unter Vermittelung der Canäle *d* zunächst durch Oeffnungen *e* in die Heizkammern, wird dort erwärmt und gelangt, die fog. Mischkammern *f* durchströmend, in die lothrechten Canäle *g*, welche sie in den Saal führen; die betreffenden Canäle münden dort in einiger Höhe. Vermöge zahlreicher Oeffnungen in den lothrechten Theilen

384.  
Beispiel  
V.

<sup>260)</sup> HAESECKE. Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.

des aufsteigenden Fußbodens und Präsidenten-Platzes gelangt die Luft in den Hohlraum *h*, von wo aus sie durch den Canal *i* zu einem mächtigen, 2,7 m im Quadrat weiten und 28 m hohen Lockschornstein geführt wird. Die Setzstufen der Tribunen sind ebenfalls durchbrochen und stehen, mittels besonderer Canäle, mit dem Canal *i* in Verbindung. So weit die allgemeine Anordnung.

An kalten Tagen vermittelt der Auftrieb der lothrechten Canäle *g* und der Heizkammern die Heraufführung der frischen Luft; bei warmem Wetter, besonders im Sommer, kommen zwei durch eine Dampfmaschine betriebene Flügelbläser in Benutzung, welche die frische Luft durch etwa 45 cm weite Thonröhren *k* einblasen. Diese Röhren steigen bei *l* aus dem Fußboden empor und sind mit Krummröhren versehen, so daß die Luft etwa 90 cm über dem Fußboden der Canäle *d* in der Richtung derselben auströmt. Vor, bezw. über den Mündungen der Röhren befinden sich Brausen, welche nach Bedarf einen kräftigen Regen auf den austretenden Luftstrom fallen lassen, wie man mir sagte, um im Sommer die austretende Luft zu kühlen. (Vergl. Art. 340, S. 325.)

Wegen des kleinen Querschnittes und der großen Länge der Röhren vermögen dieselben, trotz sehr kräftiger Maschinen, die erforderliche Luftmenge nicht heranzuführen, weshalb man den Canal, welcher an kalten Tagen den Canälen *d* die Luft liefern soll, auch während des Betriebes der Gebläse frei nach außen münden läßt, so daß die aus den Röhrenmündungen *l* mit großer Geschwindigkeit austretende Luft zum Anfaugen größerer Luftmengen benutzt wird. (Vergl. Art. 198, S. 182: Anlage von *Piarron de Mondésir*.) Im vorliegenden Falle liegt keine Veranlassung für eine derartige Anordnung vor, da der erwähnte weite Luft-Zuführungs-Canal neben, bezw. über der Röhre *k* entlang läuft und nahe am Maschinenraume vorbeigeführt ist.

Der Eintritt der Luft in die Heizkammern wird durch in die Oeffnungen *e* gesetzte Klappen geregelt.

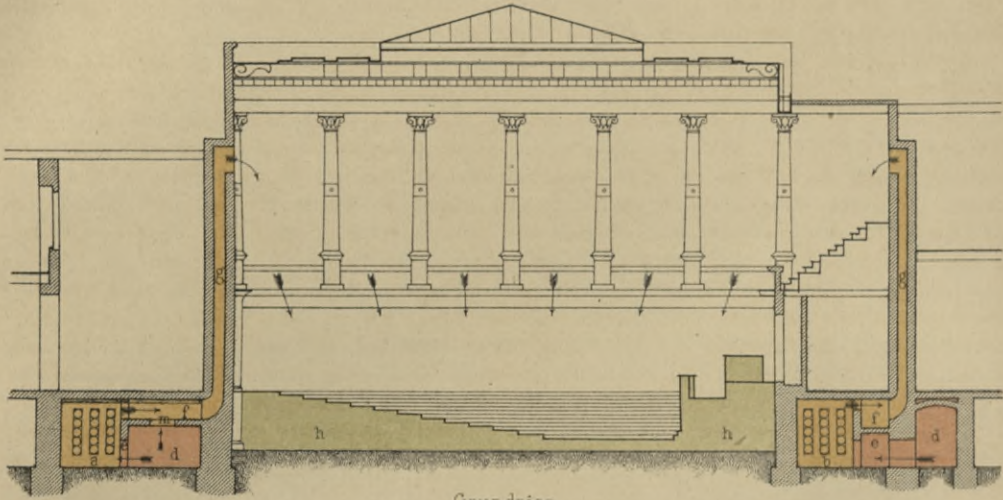
Die Dampfrohren der Heizkammern sind in drei von einander unabhängige Abtheilungen zerlegt; jede Abtheilung ist für sich absperrbar und besitzt ihren eigenen Wasserableiter. Die verwendete Heizfläche ist für den Bedarf viel zu groß und wird deshalb niemals vollständig benutzt.

Vermöge der Oeffnungen *m* stehen die Mischkammern *f* mit den Canälen *d* in Verbindung. Drosselklappen, welche in *m* angebracht sind, gestatten einerseits die Regelung, bezw. Absperrung des Zutrittes kalter frischer Luft in die Mischkammern; andererseits hemmen die aus dem Boden hervorragenden Ränder derselben den Zufluß erwärmter Luft. Die Mischklappe (vergl. Art. 263, S. 238) würde an diesem Orte zweckmäßiger wirken. Man sagte mir, daß die Temperatur der einfließenden Luft im Winter nicht mehr als 10 Grad höher sei, als die Temperatur der Luft im Saale. Der Lockschornstein — welcher auch zur Lüftung einiger anderer Räume dient — wird durch einen in der Mitte desselben stehenden Ofen erwärmt, welcher einen nur niedrigen Schornstein besitzt. Dieser entläßt den Rauch in den Lockschornstein, so daß — in etwa  $\frac{1}{3}$  der Höhe der letzteren — die Erwärmung der abgefaugten Luft durch Mischung derselben mit dem Rauch der Feuerung erfolgt. An warmen Tagen genügt der hierdurch gewonnene Auftrieb nicht, weshalb man rings um den Ofen, auf dem Fußboden des Lockschornsteines, ein mächtiges Holzfeuer unterhält. Die Kühlhaltung des Saales soll im Sommer in befriedigender Weise gelingen, und zwar ohne daß über Zug geklagt werde. Die Vermeidung des Zuges dürfte theils daher rühren, daß man die Luft gleichzeitig eindrückt und ausaugt, so daß der Druck der Luft im Saale demjenigen der Luft in den angrenzenden Räumen annähernd gleich ist. Vorwiegend dürfte jedoch die zugfreie Lüftung dadurch hervorgebracht werden, daß man dem Saale nur solche Luft zuführt, deren Temperatur nur wenig unter derjenigen des Saales ist. Da besondere Kühlvorrichtungen, mit Ausnahme der erwähnten Brausen, nicht vorhanden sind, so findet die Kühlung der frischen Luft nur durch die Wände der Canäle, vielleicht auch durch die vorher unter einigem Drucke befindlich gewesene Luft statt, welche die Gebläse heranzuführen. Diese Kühlung kann nicht erheblich sein, weshalb die erwähnte Erscheinung sich von selbst erklärt. Da trotzdem die Temperatur des Saales eine erträgliche bleibt, so ist nach einer anderen Ursache zu suchen. Diese findet sich sofort: im Saale werden nur zwei Gasflammen benutzt, nämlich diejenigen der Stenographentische; die übrige Erleuchtung erfolgt durch das Deckenlicht. Vier Wagen, welche mehr als 500 Gasbrenner tragen, werden, sobald die Dunkelheit hereinbricht, auf Geleisen über das Deckenlicht gefahren und vermitteln so die Beleuchtung, ohne daß die Wärme, welche durch die Gasflammen erzeugt wird, in erheblichem Maße auf die Temperatur des Saales einzuwirken vermöchte. Ein Theil der Wärmestrahlen fällt zwar in den Saal und veranlaßt hierdurch eine Temperatursteigerung desselben (man sagte mir, daß in Folge der Beleuchtung stündlich eine Temperaturerhöhung von etwa 1 Grad stattfindet); jedoch ist diese nicht in Vergleich zu ziehen mit derjenigen, welche eintreten würde, sobald die leuchtenden Flammen ihre Rauchgase in den Saal abgeben.

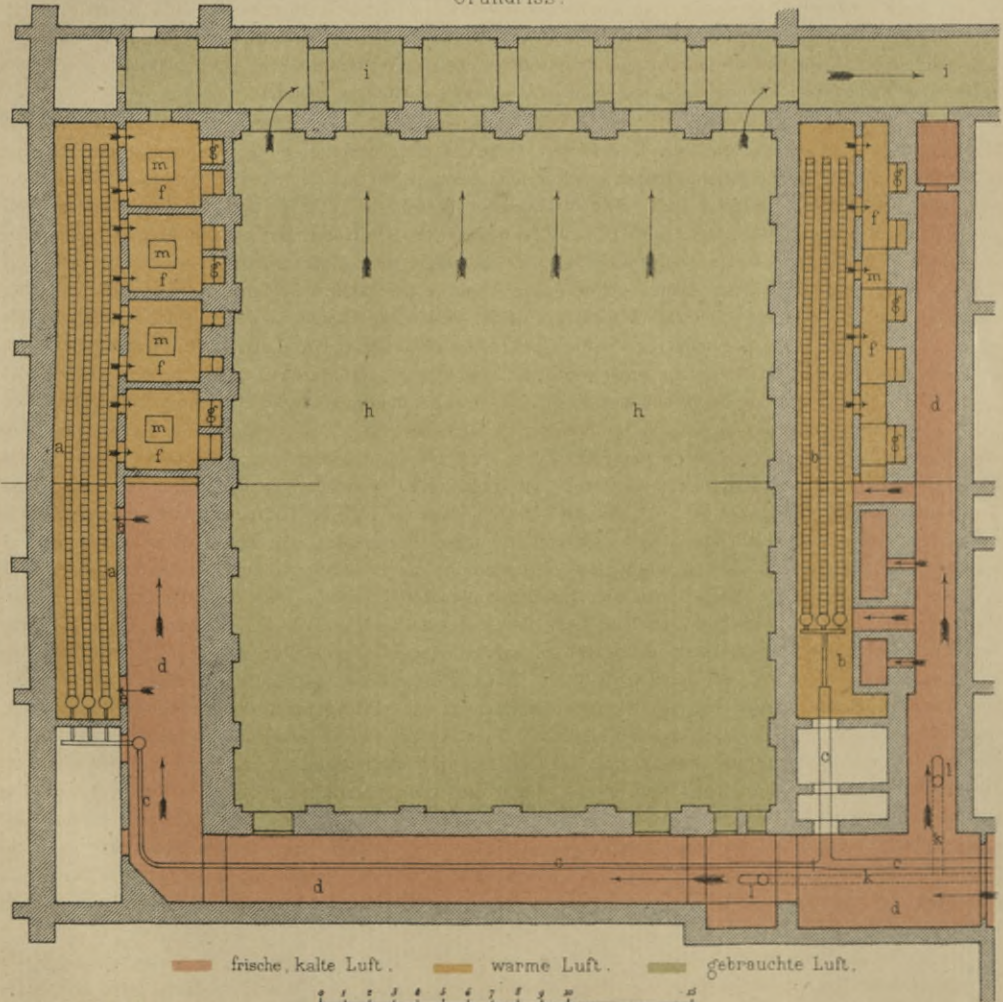
Die im Kellergeschoß befindliche Bedienungsmannschaft wird durch Sprachrohre von dem Zustande im Sitzungssaale benachrichtigt. Das Verfahren ist kostspielig, da ein besonderer Diener im Saale verwendet

# GROSSER SITZUNGSSAAL DES DEUTSCHEN REICHSTAGES ZU BERLIN

Schnitt.



Grundriss.

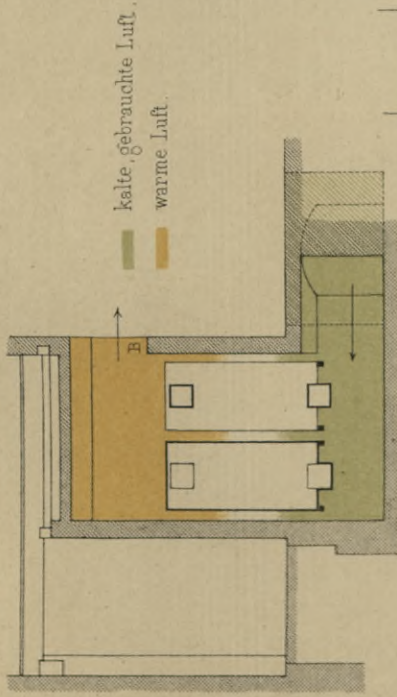


frische, kalte Luft . warme Luft . gebrauchte Luft .

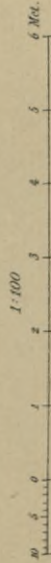
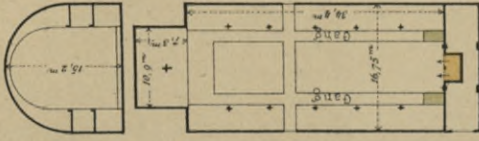
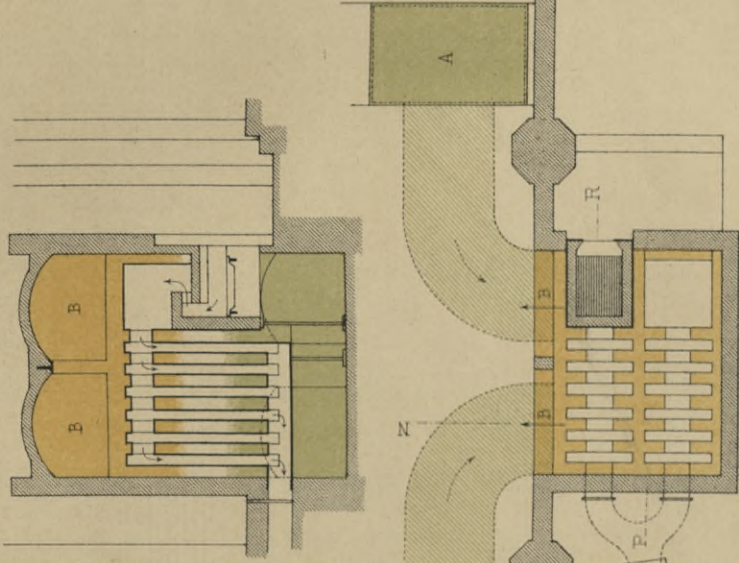


# ST JOHANNES-KIRCHE IN HANNOVER.

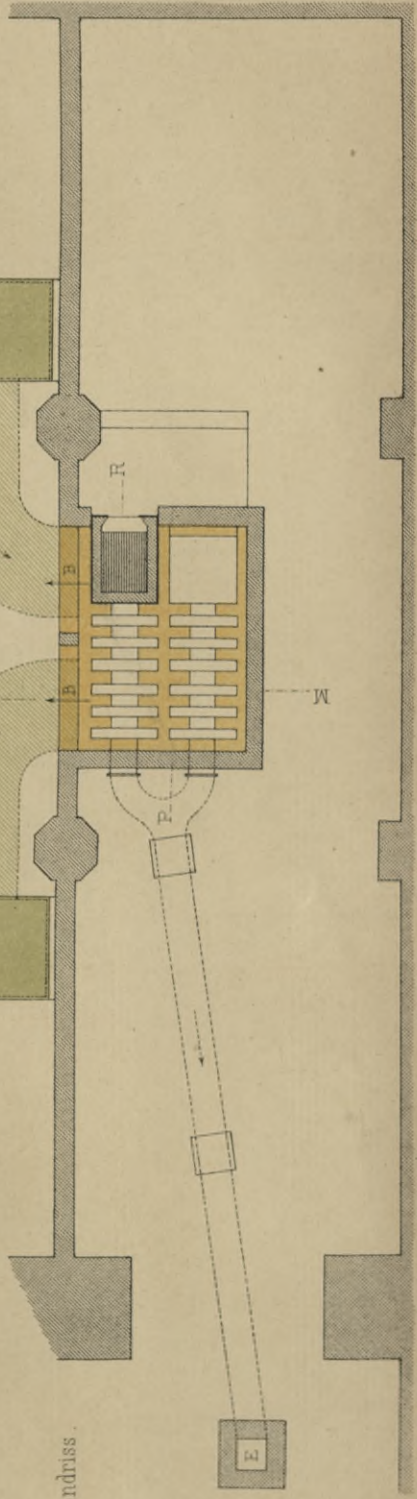
Schnitt M N.



Schnitt P R.



Grundriss.





werden muß, jedoch recht zweckmäÙig, so fern der in Rede stehende Diener aufmerksam ist und feine Beobachtungen in zweifellose Worte zu kleiden vermag.

ζ) Feuer-Luftheizung der St. Johannis-Kirche in Hannover. Im Laufe des Jahres 1871 wurde dieselbe von mir ausgeführt. Die nicht schöne Kirche ist auf der neben stehenden Tafel im Grundriß und Querschnitt skizzirt; auch sind dort die wesentlichsten Maße eingeschrieben. In den 1,4 m dicken Seitenwänden befinden sich an jeder Langseite je 6 Stück 1,5 m breite, 5 m hohe und 6 Stück 1,5 m breite, 2 m hohe einfache Fenster; in der Wand hinter dem Altare sind zwei Fenster vorhanden. Das Gewölbe ist aus Schalbrettern gebildet, welche an der Unterfläche gerohrt und geputzt sind.

385.  
Beispiel  
VI.

Wegen der großen Gesamtlänge der Kirche — 46,67 m im Lichten — konnte der am westlichen Ende, unter der Orgel befindliche Raum von dem den Zwecken des Gottesdienstes gewidmeten Schiff abgetrennt werden, wodurch ein geeigneter Aufstellungsort für die Heizkammer gewonnen wurde. Die Heiz-Anlage wurde nur wenig im Boden verfenkt, was wünschenswerth erschien, da einerseits an den für die Heiz-Anlage möglichen Stellen mit Gebeinen gefüllte Gewölbe sich befanden — selbst die vorliegende Anlage erforderte die theilweise Ausräumung eines Grabgewölbes — andererseits der Grundwasserstand wegen der tiefen Lage der Kirche der vollständig verfenkten Heizkammer gefährlich geworden wäre. Für die Schornsteinanlage bot sich ein geeigneter Platz in dem an der nordwestlichen Ecke befindlichen, nahezu unbenutzten Flügelbau. Die Höhe des Schornsteines, welcher im First dieses Flügelbaues mündet, ist 16 m über dem Fußboden der Kirche; wenn schon hierdurch ein sehr kräftiger Zug gesichert ist, so ist doch durch eine Windkappe die Mündung des Schornsteines gegen die Einflüsse der aus der Nähe des Thurmes erwachsenden Luftwirbel geschützt worden.

Von einem künstlichen Luftwechsel der Kirchen kann im Allgemeinen abgesehen werden, so daß auch hier lediglich Umlaufheizung in Anwendung gekommen ist.

Am Boden der zwischen den Kirchenstühlen befindlichen Gänge, und zwar bei *AA*, sind mittels durchbrochener Platten Schächte verdeckt, welche die kälteste Luft der Kirche in den unteren Theil der Heizkammer treten lassen. In dieser befinden sich zwei Oefen<sup>261)</sup>, deren Heizfläche je 26,6 qm, deren Roßfläche je 0,4 qm beträgt. Die erwärmte Luft gelangt durch die leicht vergitterten Oeffnungen *B* in die Kirche.

Der Rauch der Oefen sammelt sich neben der Heizkammer in einem unter dem Fußboden liegenden Canal, welcher ihn dem Schornsteine *E* zuführt. Behuf Anlockens des Rauches ist über dem Fußboden eine Thür im Schornstein angebracht; es ist jedoch selten erforderlich, von einer vorherigen Erwärmung des Schornsteines Gebrauch zu machen.

Bei 10 Grad Kälte (während der vorhergehenden Tage schwankte die Temperatur zwischen — 4 und — 10 Grad) wurden durch 6-stündiges Heizen + 11 Grad im Schiff, + 12 Grad auf der unteren Empore erzielt; unterhalb der Ausströmungs-Oeffnungen *B* zeigte das Thermometer 12 Grad, während ein auf den Altar gesetztes Thermometer wenig unter 11 Grad zeigte. Außer dem Brennstoff für das Anfeuern wurden 490 kg Steinkohle gebraucht. Die Kosten der Anlage, einchl. aller Maurer- u. f. w. Arbeiten, betragen 3600 Mark.

η) Die Beschreibung anderweitiger ausgeführter, bezw. projectirter Heizungs- und Lüftungs-Anlagen ist in den nachstehenden Quellen zu finden.

386.  
Literatur-  
Angaben.

*Chauffage et ventilation de l'opéra-comique. Revue gén. de l'arch. 1840, S. 306.*

*Chauffage et ventilation de la maison pénitentiaire de Rethel. Revue gén. de l'arch. 1842, S. 18, 476.*

*Ventilation à l'hôpital de Glasgow. Revue gén. de l'arch. 1842, S. 183.*

*Chauffage et ventilation d'un hôpital. Revue gén. de l'arch. 1844, S. 493.*

*Ventilation d'une salle d'école primaire; résultats. Revue gén. de l'arch. 1844, S. 445.*

*Observations critiques sur le mode de chauffage de l'hospice général de Rouen. Revue gén. de l'arch. 1845—46, S. 27.*

Ventilation der Krankensäle im Fieberhospital zu London. Allg. Bauz. 1851, S. 22.

*Chauffage des ferres de Liège. Revue gén. de l'arch. 1851, S. 201.*

STEIN. Das GERSON'sche Modewaaren-Lager zu Berlin. Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1851, S. 136.

Das neue Kasernement für das Königl. Preuß. zweite Garde-Ulanen-Landwehr-Regiment zu Moabit bei Berlin. Heizung der Kaserne. Zeitschr. f. Bauw. 1851, S. 257.

RÖMER, E. Die Irren-Anstalt zu Schwetz. Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1854, S. 214, 218.

HASELBERG, E. v. Heizung mit erwärmter Luft in dem neuen Theil des Arbeitshauses zu Stralfund. Zeitschr. f. Bauw. 1854, S. 407.

<sup>261)</sup> Siehe: Mith. d. Gwbver. f. Hannover, 1872, S. 37.

- Heizung und Ventilation der Gefängnisse Mazas in Paris, in Provins, in Tours, der Kirche St. Roch in Paris, des großen Amphitheaters, des Conservatoriums der Künste und Handwerke, des Sitzungssaals des Instituts und des Spitals du Nord. Allg. Bauz. 1854, S. 38.
- Ventilation des *Dépotoir* von *La Villette*. Allg. Bauz. 1854, S. 82.
- Chauffage et ventilation de l'école polytechnique*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 194.
- Chauffage et ventilation de l'hôpital Lariboisière*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 201.
- Chauffage et ventilation de l'institut de jeunes-aveugles, de l'hospice de Charenton, de l'école d'Alfort, de l'hôpital Necker, de l'école des mines*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 208.
- Chauffage de la Madeleine, de Saint-Sulpice et de Saint-Philippe-du-Roule*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 208.
- Chauffage de ferres du jardin des plantes*. *Revue gén. de l'arch.* 1849, S. 255; 1855, S. 206.
- Chauffage du conservatoire des arts et métiers*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 207.
- Chauffage du palais du Luxembourg*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 207.
- Chauffage du palais de justice*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 208.
- Chauffage du conseil d'État, de la bibliothèque Sainte-Geneviève, de l'hôtel de la présidence du corps législatif du ministère des affaires étrangères, de l'observatoire*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 208.
- Ventilation et réfrigération de la salle des séances du palais de l'Institut*. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 204.
- LÜBKE. Praktische Bemerkungen über Luftheizung nebst Beschreibung des Luftheizungssofens in dem Real-schul-Gebäude zu Stralfund. *Zeitschr. f. Bauw.* 1857, S. 509.
- BEYER, B. Ueber Anlage von Warmwasserheizungen mit besonderer Berücksichtigung der im Augustinerkloster zu Magdeburg ausgeführten Warmwasserheizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1857, S. 23.
- ZENETTI. Das neue städtische Gebärhaus in München. Die Ventilation und Heizung der Säle. *Zeitschr. f. Bauw.* 1858, S. 13, 16.
- STÜLER. Ueber den Bau neuer evangelischer Kirchen in England. Ventilation, Schornsteine und Heizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1858, S. 389, 391.
- WAESEMANN. Luftheizung im Erweiterungsbau des Königl. Stadtgerichts zu Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1859, S. 8.
- RUNGE, G. Heizung und Ventilation im neuen Opernhause zu Philadelphia. *Zeitschr. f. Bauw.* 1860, S. 155.
- KRANZ. (Mifsglückte) Heizung in der evangelischen Kirche zu Solingen. *Zeitschr. f. Bauw.* 1861, S. 303.
- Der Heiz- und Ventilationsapparat nach dem System des Dr. VAN HECKE im Hospital Necker zu Paris. Allg. Bauz. 1861, S. 8.
- Chauffage et ventilation de l'hospice de Gisors*. *Revue gén. de l'arch.* 1861, S. 212.
- Rapport de la commission sur le chauffage et la ventilation du théâtre lyrique et du théâtre du cirque impérial*. Paris 1862.
- RÖMER. Heizung und Ventilation im Hospital Beaujou. *Zeitschr. f. Bauw.* 1862, S. 419.
- LOHSE & KOCH. Wasserheizung in dem Project eines Zellengefängnisses für Frankfurt a/M. *Zeitschr. f. Bauw.* 1862, S. 435.
- Warmwasserheizung im Wohnhause des Herrn von KLEIN in Wien. Allg. Bauz. 1862, S. 241.
- BÖHM, J. Ventilation und Heizung im Garnison-Spitale Nr. 1 zu Wien. *Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1862, S. 102.
- Ventilation d'une école de garçons, d'une école des filles, d'une école congréganiste de garçons*. *Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 11.
- Ventilation des théâtres de la place du Châtelet*. *Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 93.
- KOCH. Ventilation neuer Hospitäler und Kasernen in England. *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 129.
- KOCH. Ueber Ventilation und Dampfheizung im Parlamentsgebäude zu London. *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 132.
- HESSE. Beleuchtung und Ventilation im *Buckingham Palace* zu London, *Théâtre impérial de Châtelet* zu Paris, *Théâtre de la gayeté* zu Paris. *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 538.
- COHN. Ventilation des *Théâtre lyrique*, Project von D'HAMELINCOURT. *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 643.
- LOHSE. Wasserheizung nach PERKIN'S System im Meyfel'schen Theater in Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 660.
- Beheizung und Ventilation des neuen Irrenhauses zu Frankfurt a/M. Allg. Bauz. 1863, S. 244.
- KLOTZBACH, J. Beschreibung der Warmwasser-Heizung in der Strafanstalt zu Brieg. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1863, S. 285, 405.
- Chauffage du théâtre de Covent-Garden, à Londres*. *Revue gén. de l'arch.* 1863, S. 243.
- NEU. Wasserheizung in den Diensträumen des Telegraphen-Directionsgebäudes in Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1864, S. 463.



- Ventilation de la nouvelle morgue de Paris. Revue gén. de l'arch.* 1864, S. 229.
- MACKENZIE. Ventilation und Heizung von *St. George's Hall* in Liverpool. *Civ. eng. and arch. journ.* 1864, S. 136. *Polyt. Centralbl.* 1864, S. 984. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1864, S. 503.
- WIEDENFELD. Dampfheizung in der Wagenlackirwerkstatt auf dem Bahnhof zu Frankfurt a/O. *Zeitschr. f. Bauw.* 1865, S. 81, 117.
- WIEDENFELD. Luftheizung im Wagenrevisionschuppen auf dem Bahnhof zu Frankfurt a/O. *Zeitschr. f. Bauw.* 1865, S. 82, 125.
- FUNK. Resultate der Heizung und Ventilation in der Hebammen-Lehranstalt zu Hannover. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1865, S. 247.
- Ventilation des hôpitaux de Londres. Revue gén. de l'arch.* 1865, S. 227.
- MORIN. Heizung und Lüftung der Hörfäle des *Conservatoire*. *Annales du conserv. des arts et mét.* 1865, S. 21.
- MORIN. Heizung und Ventilation der Entbindungsanstalt in Petersburg. *Annales du conserv. des arts et mét.* 1865, S. 507.
- HEIDMANN. Hospital zu Glasgow und Guy-Hospital zu London, in Bezug auf Ventilation. *Zeitschr. f. Bauw.* 1866, S. 96.
- HITZIG, F. Die Börse in Berlin. Heizung der Säle. *Zeitschr. f. Bauw.* 1866, S. 156.
- CREMER, A. Das neue Anatomiegebäude in Berlin. Ventilation und Heizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1866, S. 166.
- LOHSE, A. Das König-Wilhelm-Gymnasium in Berlin. 9) Heizung. 10) Ventilation. *Zeitschr. f. Bauw.* 1867, S. 346.
- Thermalwasserheizung der katholischen Stadtpfarrkirche in Baden-Baden. *Allg. Bauz.* 1867, S. 202. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 277.
- Luftheizung in den Irrenanstalten zu Göttingen und Osnabrück. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1867, S. 328. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 17.
- Warmwasserheizung im Abgeordneten-Hause zu Berlin. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 388, 399, 467.
- PETZOLDT. Anlage, Kosten und Resultate einer Wasserheizung in der Heilanstalt Sonnenstein. *Polyt. Centralbl.* 1867, S. 292.
- Chauffage et ventilation de la maison d'arrêt de Lyon. Revue gén. de l'arch.* 1867, S. 113.
- Heizungs- und Ventilationseinrichtungen des auswärtigen Ministeriums in London. *Civ. eng. and arch. journ.* 1867, S. 329.
- LÄMMERHIRT. Warmwasserheizung in der Louisenstiftung in Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1868, S. 121.
- MÖLLER. Erziehungshaus für sittlich verwaehrte Kinder am Urban in Berlin. Ventilation und Heizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1868, S. 152.
- VOIT. Heißwasserheizung in den Gewächshäusern des botanischen Gartens in München. *Zeitschr. f. Bauw.* 1868, S. 318.
- HESSE. Heißwasserheizung im Stadtgerichtsgebäude zu Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1868, S. 472.
- HESSE. Warmwasserheizung im statistischen Bureau in Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1868, S. 473.
- Luftheizung im Kaiserlichen Palais zu Berlin. *Deutsche Bauz.* 1868, S. 222.
- Luftheizung in dem Personenbahnhof zu Stuttgart. *Organ f. d. Fortsch. d. Eisenbahnw.* 1868, S. 205.
- GROPIUS, M. Die Provinzial-Irrenanstalt zu Neustadt-Eberswalde. Heizung und Ventilation. *Zeitschr. f. Bauw.* 1869, S. 178.
- GERSTENBERG. Die Gemeindeschulen der Stadt Berlin. Heizung und Ventilation. *Zeitschr. f. Bauw.* 1869, S. 495.
- ZENETTI. Krankenhaus zu München, Vorstadt Haidhausen. Ventilation und Heizung. *Zeitschr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver.* 1869, S. 45.
- Dampfheizung in den Schulen zu Kiel. *Deutsche Bauz.* 1869, S. 99.
- Chauffage et ventilation du théâtre du Vaudeville, à Paris. Revue gén. de l'arch.* 1869, S. 274.
- GERSTENBERG. Warmwasserheizung im Sophien-Realtschulgebäude in Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1870, S. 20.
- FISCHER. Das Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim. Beschreibung der Heiz- und Ventilations-Einrichtungen. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1870, S. 172.
- Luftheizung im Werkstätten-Gebäude der Niederschlesisch-Märkischen Bahn in Frankfurt. *Deutsche Bauz.* 1870, S. 388.
- HILBIG. Ueber die von ihm ausgeführten Luftheizungen im Rigaer Polytechnikum. *Notizbl. d. techn. Ver. zu Riga* 1870, S. 8.

- Ventilation in dem neuen Hospital zu Gent. Deutsche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1870, S. 317.
- LANGE. *Petit hôtel avec chauffage général, 6, rue de Rovigo, à Paris. Nouv. annales de la const.* 1870, S. 108.
- Luftheizung im Empfangs-Gebäude der Niederschlesisch-Märkischen Bahn zu Berlin. Deutsche Bauz. 1870, S. 378, 385, 391, 415; 1871, S. 37.
- Chauffage des magasins réunis. Revue gén. de l'arch.* 1870—71, S. 22.
- Ventilation in der gynäkologischen Klinik zu Bonn. Deutsche Bauz. 1871, S. 64.
- Ventilation und Heizung in der geburtshilflichen Klinik zu Königsberg. Deutsche Bauz. 1871, S. 279.
- Die Annen-Realschule in Dresden und die Heiz- und Ventilationseinrichtungen derselben. Deutsche Bauz. 1871, S. 407.
- ESSER. Die polytechnische Schule zu Aachen. Ventilation und Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1871, S. 13, 17.
- FRIEDRICH. Annen-Realschule in Dresden. Ventilation und Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1871, S. 442.
- RÖMER. Empfangsgebäude auf Bahnhof Guben. Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1871, S. 455.
- LOVIS. Heizung und Ventilation des Gewerbevereinshauses zu Riga. Notizbl. d. techn. Ver. zu Riga 1871, S. 73, 93.
- DODERER. Das Pädagogium zu Petrinja. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1871, S. 284.
- WIMAN, E. A. Warmwasserheizung des Schulgebäudes in Westerkw. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871, S. 679.
- Ventilationseinrichtung in dem Setzerfaale der Cölnischen Zeitung. Deutsche Industrieztg. 1871, S. 36.
- The ventilation and warming of the Royal Albert hall. Builder* 1871, S. 80.
- The Royal Albert hall of arts and sciences. A magnificent system of heating and ventilation. Scientific American*, Bd. 22, S. 393.
- LENT. Die Heizeinrichtung im Zeltlazarethe des Garnifonslazarethes in Cöln. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öff. Gefundheitspfl. 1871, Nr. 1.
- MORIN. Ueber Heizung und Ventilation des *Palais du corps législatif* in Paris während der Sitzungsperiode 1869—70. *Comptes rendus*, Bd. 73, S. 5.
- Ventilation eines Setzerfaales. Deutsche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1871, S. 148.
- CREMER, R. Die neue Straf-Anstalt in Aachen. 1) Die Ventilation. 2) Die Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 11, 14.
- NEUREUTHER, G. Neubau der polytechnischen Schule in München. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1872, S. 24.
- Luftheizung in den Berliner Gemeindeschulen. Deutsche Bauz. 1872, S. 309, 315, 325.
- Ventilation im städtischen Krankenhause zu Magdeburg. Deutsche Bauz. 1872, S. 361.
- MEYER, F. Die Warmwasser-Heizung von San Galli in St. Petersburg. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 239.
- VOIGTEL. Notizen über das neu erbaute Garnifonslazareth zu Altona, mit besonderer Berücksichtigung der Heiz- und Ventilationsanlagen. Deutsche milit.-ärztl. Zeitschr. 1873, S. 523.
- GROPIUS & SCHMIEDEN. Der Evacuations-Pavillon für die Krankenanstalt Bethanien in Berlin. Ventilation und Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1873, S. 133.
- ORTH, A. Die Zionskirche in Berlin. Heizung. Zeitschr. f. Bauw. 1873, S. 432.
- WALDHAUER, C. Stadt-Krankenhaus in Riga. Heizung und Ventilation. Zeitschr. f. Bauw. 1873, S. 505.
- Luftheizung in der Porzellan-Manufactur zu Schramberg. Deutsche Bauz. 1873, S. 124.
- Luftheizung in der geburtshilflichen Klinik zu Königsberg. Deutsche Bauz. 1873, S. 139.
- Dampfheizung und Ventilation im Opernhaus zu Wien. Deutsche Bauz. 1873, S. 402.
- Luftheizung im Wohnhause des Herrn Fabrik-Director MOHR in Sinzig bei Bonn. Baugwks.-Ztg. 1873, S. 83.
- Luftheizung in der evangelischen Kirche zu Seckenheim. Baugwks.-Ztg. 1873, S. 156.
- Chauffage et ventilation du nouvel hôtel de la société des ingénieurs civils à Paris. Nouv. annales de la const.* 1873, S. 76. Deutsche Bauz. 1873, S. 267.
- Chauffage et ventilation des magasins de la Belle Jardinière. Revue gén. de l'arch.* 1873, S. 14.
- CREDÉ, B. Ventilation, Heizung und Beleuchtung des Parlamentsgebäudes in London. Deutsche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1874, S. 402.
- HEISE, F. Das königliche Militär-Hospital zu Dresden. Ventilation und Heizung. Allg. Bauz. 1874, S. 31.
- FELLNER, F. Ueber den Bau des Wiener Stadttheaters. Heizung und Lüftung. Zeitschr. d. öff. Ing.-u. Arch.-Ver. 1874, S. 42.
- Palais de justice du Havre. Moniteur des arch.* 1874, Pl. 39.

- GROPIUS & SCHMIEDEN. Das städtische allgemeine Krankenhaus in Berlin. Ventilation und Heizung. Zeitchr. f. Bauw. 1875, S. 142, 143, 453; 1876, S. 14, 20, 153.
- SCHWATLO. Kaiserliches General-Postamt in Berlin. Heizung und Ventilation. Zeitchr. f. Bauw. 1875, S. 443.
- FÖRSTER, E. v. Die komische Oper in Wien. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1875, S. 23.
- TROJAN, E. K. k. österr. Zellengefängniß in Stein an der Donau. Beheizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1875, S. 58.
- Das pathologische Institut in München. Ventilation und Heizung. Zeitchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1875, S. 21.
- Heißwasser-Heizung im Gymnasium zu Dresden. Deutsche Bauz. 1875, S. 241.
- Luftheizung im Anatomie-Gebäude der Leipziger Universität. Deutsche Bauz. 1875, S. 308.
- INTZE. Ueber Heizung und Ventilation des neuen chemischen Laboratoriums zu Aachen. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Nied. u. Westf. 1875, S. 36.
- KOPP, E. Bericht über Heiz- und Ventilations-Einrichtungen im neuen Schulhause der Gemeinde Enge. Blätter f. Gefundheitspfl. 1875, S. 41, 55.
- Die neue Baracke der chirurgischen Klinik in Dorpat und ihre Ventilation. Dorp. med. Wochsch. 1875, S. 81.
- Ventilation of Colston hall, Bristol. Builder*, Bd. 33, S. 999.
- Ventilation im BORSIG'schen Arbeiter-Speisesaal in Berlin. Deutsche Bauz. 1876, S. 285.
- Heizung im Gefängniß am Plötzensee bei Berlin. Deutsche Bauz. 1876, S. 389, 398.
- Luftheizung im landwirthschaftlichen Institut und in der Augenklinik zu Königsberg. Deutsche Bauz. 1876, S. 507.
- FUNK. Die Irrenanstalt zu Osnabrück. G) Heizung und Ventilation. Zeitchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1876, S. 36.
- TÖKEL. DAUTZENBERG'S Warmwasseranlage im Landesgebärhaus in Prag. Techn. Blätter 1876, S. 117.
- TOBIN'S neue Ventilationsmethode in St. George's Hospital in London. Wien. med. Presse 1876, Nr. 11. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öff. Gefundheitspfl. 1876, S. 114.
- Chauffage et ventilation de la salle des séances de la chambre des députés, au palais de Versailles. Revue gén. de l'arch.* 1876, S. 17.
- Chauffage et ventilation d'un groupe scolaire, rue d'Alésia, à Paris. Revue gén. de l'arch.* 1876, S. 100.
- Chauffage de la nouvelle ménagerie des reptiles, au jardin des plantes, à Paris. Revue gén. de l'arch.* 1876, S. 205.
- Ventilation des bureaux de la banque coloniale de Nouméa. Revue gén. de l'arch.* 1876, S. 158.
- Chauffage et ventilation du collège Andréanum à Hildesheim. Annales industr.* 1876 — I, S. 266, 328, 360.
- BOUILLARD. Ueber die Heizung des Militärhospitals in Amélie-les-Bains durch Circulation von Thermalwasser in guseisernen Röhren. *Annales d'hyg.* 1876, S. 273, 396.
- Le chauffage et la ventilation de l'hôtel de ville. Nouv. annales de la constr.* 1876, S. 180.
- Report on the ventilation of the capitol of the United States. Building news*, Bd. 31, S. 23.
- Chauffage et ventilation du nouvel hôtel de ville de Paris. La semaine des constr.*, Jahrg. 1, S. 481, 496, 509.
- Heizung und Ventilation im neuen Dresdener Theater. *Gesundheit* 1877, S. 283.
- QUASSOWSKI. Der Personenbahnhof der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn-Gesellschaft zu Berlin. Heizung. Zeitchr. f. Bauw. 1877, S. 29.
- HENNICKE & v. d. HUDE. Der Kaiserhof in Berlin. Lüftung und Heizung. Zeitchr. f. Bauw. 1877, S. 169.
- HERRMANN. Neue Strafanstalt am Plötzen-See bei Berlin. Heizung und Ventilation. Zeitchr. f. Bauw. 1877, S. 348; 1878, S. 156, 362, 517; 1881, S. 162.
- VOIT, E. & J. FORSTER. Studien über die Heizungen in den Schulhäusern Münchens. Zeitchr. f. Biologie 1877, S. 1, 305.
- Ventilation: Goldsmith residences. Builder*, Bd. 35, S. 988.
- HESSE. Ueber die Anlage von Central-Luftheizungen in dem landwirthschaftlichen Institut und in der Augenklinik der Universität zu Königsberg. Mitth. d. ostpreufs. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—78, S. 27.
- BLANKENSTEIN. Der Neubau der Dorotheenstädtischen Realschule und des Friedrich-Werderfchen Gymnasiums zu Berlin. Heizung und Ventilation. Zeitchr. f. Bauw. 1878, S. 11.
- Das neue Opernhaus in Wien. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1878, S. 86.
- Zentralheizungs-Anlage für das Gebäude der technischen Hochschule zu Berlin. Deutsche Bauz. 1878, S. 394, 452 u. 491.

- Ventilation des britifchen Parlaments zu London. Rohrleger 1878, S. 104.
- Ventilation des Abgeordnetenhanfes in Berlin. Rohrleger 1878, S. 104, 121.
- HAAG. Dampfheizung und Pulsions-Ventilation im Kriegspital zu Ingolftadt. Rohrleger 1878, S. 120.
- Die Ventilation des Trocadéro-Palafes. Rohrleger 1878, S. 136.
- Ventilation der öffentlichen Locale und des Café Bauer zu Berlin. Rohrleger 1878, S. 139.
- GROVE. Die Ventilationseinrichtung des Siechen'schen Locals. Rohrleger 1878, S. 312.
- VOIGT, C. F. Die Ausstellung der Heizungs- und Ventilations-Projecte für das neue Polytechnikum zu Charlottenburg. Rohrleger 1878, S. 340, 358, 374, 391.
- Disposition einer Warmwasser-Heizung für größere Verwaltungs-Gebäude. *Machin.-Conf.* 1878, S. 62.
- La ventilation du palais du Trocadéro.* Eifenb., Bd. 8, S. 127.
- Chauffage et la ventilation du palais du Trocadéro.* *Nouv. annales de la const.* 1878, S. 78, 99.
- PHIPSON. *Heating and ventilating apparatus of the Glasgow univerfity.* *Engng.*, Bd. 26, S. 451.
- Chauffage d'une école. La semaine des const.*, Jahrg. 3, S. 391, 353.
- MARNITZ. Die Central-Dampfheizung und machinellen Einrichtungen der Rheinifchen Provinzial-Irrenanftalten. Berlin 1879.
- DEHN-ROTFELSER, v. Das neue Gemäldegalerie-Gebäude zu Kaffel. Heizung. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1879, S. 29.
- GROPIUS & SCHMIEDEN. Heizung und Ventilation im zweiten Garnifon-Lazareth für Berlin, Tempelhof. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1879, S. 182.
- HANSEN, TH. v. Der Bau der neuen Börfe in Wien. Heizung und Ventilation. *Allg. Bauz.* 1879, S. 11.
- Lüftungs- und Heiz-Einrichtungen in den neueren ftädtifchen Schulbauten zu Hannover. *Deutsche Bauz.* 1879, S. 17.
- Ventilation des großen Gürzenich-Saales zu Cöln. *Deutsche Bauz.* 1879, S. 20.
- Die Projecte zu den Heiz- und Lüftungs-Anlagen des Gebäudes der neuen technifchen Hochschule zu Berlin. *Deutsche Bauz.* 1879, S. 63.
- Die neue Bade-Anftalt für Nürnberg. Heiz- und Ventilations-Anlage. *Deutsche Bauz.* 1879, S. 177.
- Heizungs- und Ventilationsanlage eines Gymnafiums. *Sammlg. v. Zeichn. f. d. »Hütte«* 1879, Nr. 18 a—e.
- Dampfheizungs-Anlage des Physiologifchen Instituts der Königlichen Univerfität zu Berlin. *Baugwks.-Ztg.* 1879, S. 574, 639, 650.
- Die Ventilationsprojecte für den großen Fefthaal des Gürzenich zu Cöln. Rohrleger 1879, S. 89, 108.
- Die Heizung im Treibhanfe des Herrn E. PULS. Rohrleger 1879, S. 133.
- Die Ventilation des Gewerbe-Ausftellungsgebäudes. Rohrleger 1879, S. 189.
- Ueber die bechränkte Concurrenz für eine Heiz- und Ventilationsanlage der technifchen Hochschule zu Berlin. *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1879, S. 51, 58.
- FISCHER, H. Concurrenz zur Erlangung von Projecten für die Heizung und Lüftung des neuen Polytechnikum in Berlin. *Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver.* zu Hannover 1879, S. 18.
- WIMAN, E. A. Heizungsanlage im neuen Zellengefängnifs auf Langholm zu Stockholm. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1879, S. 97.
- Ventilationseinrichtung nach W. u. F. LÖNHOLDT's System in den Wirthfchaftsräumen der Museums-Gefellfchaft zu Freiburg i/B. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1879, S. 25.
- Die neue technifche Hochschule in Stuttgart. Heizung und Ventilation. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1880, S. 255.
- PÉRISSE. *Mémoire fur le chauffage et la ventilation de l'école Monge.* Paris 1880.
- KNOBLAUCH, E. Der Umbau der Jerufalem-Kirche. Heizung und Ventilation. *Deutsche Bauz.* 1880, S. 216.
- Chauffage d'une école. La semaine des const.*, Bd. 3, S. 341.
- Ventilation of the Capitol, Albany.* *Plumber*, Bd. 2, S. 71.
- Heating and ventilation of Utica lunatic afylum.* *Plumber*, Bd. 2, S. 329.
- BRIGGS, R. *Report on the plans for warming and ventilating of the Bridgeport fchool-houfe to the building committee of Bridgeport high fchool.* Philadelphia 1880.
- LORENZ & REIMANN. Bericht über die Centralheizungs- und Ventilationsanlagen in dem Polytechnikum zu Braunschweig. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1880, S. 227.
- ENDELL, F. Gefchäftsgebäude der Ober-Post-Direction und des Post-Amts zu Stettin. Heizung und Ventilation. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1880, S. 365.
- SZKALNITZKY & KOCH. Das phyfiologifche Inftitut an der Univerfität zu Budapeft. Heizung und Ventilation. *Allg. Bauz.* 1880, S. 54.
- BAEYER, A. & A. GEUL. Das neue chemifche Laboratorium der Akademie der Wiffenfchaften in München. 5) Heizung und Ventilation. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1880, S. 9.

- Die Heizungs- und Ventilations-Anlagen der 99. Gemeindefchule in der Steinmetzfratse zu Berlin. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 204.
- HUNAEUS. Der Umbau des Welfenschlosses zu Hannover für die technische Hochschule. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 41.
- Ventilation eines Gefellchafsaales. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 279.
- Ventilations-Einrichtung eines Hauses in New-York. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 14.
- GUILLAUME, E. *Maison commerciale, rue d'Usès, à Paris. Revue gén. de l'arch.* 1880, S. 247 u. Pl. 30—36.
- The improved ventilation of the council chamber, Guildhall, London. Iron*, Bd. 15, S. 171. *Builder*, Bd. 38, S. 291. *Sanit. record*, Bd. 11, Suppl., S. 1.
- FABIAN, H. W. Die Heizungs- und Ventilations-Anlage im neuen Opernhause zu Frankfurt a/M. Baugwks.-Ztg. 1881, S. 78, 92.
- Dampfheizung für eine Kirche. (Heil. Geift-Kirche zu Magdeburg.) Deutsche Bauz. 1881, S. 127.
- SKALWEIT, J. Unterfuchung einer gröferen Centralheizanlage. Gefundh.-Ing. 1881, S. 5.
- Heifswasserheiz-Anlage für eine Schule. (Paafchburger Schulhaus zu Itzehoe.) Deutsche Bauz. 1881, S. 128, 143.
- Ventilation of the London custom-house. Architect*, Bd. 25, S. 64. *Building news*, Bd. 40, S. 6, 56.
- Heizung und Lüftung des *Hôtel Dieu. La semaine des confl.*, Bd. 5, S. 42.
- TROJAN, E. v. Die k. k. Männer-Strafanfalt in Piffen. Ventilation und Heizung. Allg. Bauz. 1881, S. 30.
- Befchreibung der patentirten Niederdruckdampfheizung mittels Thermophoren, ausgeführt im großen Männergefängniß des neuen Criminalgerichtes zu Moabit. Mafchinenb. 1881, S. 155.
- DIMINUID, R. & CH. HERSCHER. *Note sur des procédés récents de chauffage et de ventilation observés en Autriche, avec description particulière du système établi au théâtre de l'opéra à Vienne.* Paris 1881.
- Heizung und Ventilation der *École Monge* in Paris. *Mém. et compte rendu de trav. de la soc. d. ing. civ.* 1880, S. 661. Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881, S. 121.
- HUDE, v. d. & HENNICKE. Das Central-Hôtel in Berlin. Die Heizungs- und Ventilationsanlagen. Zeitfchr. f. Bauw. 1881, S. 185.
- MANGIN, L. *Chauffage et ventilation de l'hôtel-Dieu. La semaine des confl.*, Jahrg. 5, S. 42, 102.
- TIEDEMANN, L. v. Die medicinifchen Lehrinstitute der Univerfität in Halle a/S. 12) Die Heizung und Ventilation. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 332, 341.
- Neuer Pavillon im Hamburgifchen allgemeinen Krankenhause. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 354.
- SKALWEIT, J. Unterfuchung einer gröferen Central-Heizanlage. Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881, S. 215.
- Warmwasser-Mitteldruck-Heizung mit Luftvorwärmung der Volkfchule zu Meifsen. Sammlg. v. Zeichn. f. d. »Hütte« 1881, Nr. 11 a—b.
- Dampf-Luftheizung des Gefangenenhafes zu Chemnitz. Sammlg. v. Zeichn. f. d. »Hütte« 1881, Nr. 12.
- Fair Oaks, Addestone-Ordinary ventilation. Builder*, Bd. 41, S. 153.
- BAUMANN, F. Ventilation der Brideportfchule in New-York. *Plumber* 1881, S. 354.
- ELLIOT, W. G. Ventilation des Madifon-Square-Theaters in New-York. *Plumber* 1881, S. 434.
- Ventilating fan at St. Hilda colliery, South Shields. Builder*, Bd. 42, S. 70.
- A doctor's house at Bedford-park. Building news*, Bd. 43, S. 532.
- KISS. Das Verwaltungsgebäude der Königlichen Bergwerks-Direction zu St. Johann a/S. Zeitfchr. f. Bauw. 1882, S. 440.
- FISCHER. Die Projecte für die neue Heizungs- und Ventilations-Anlage im Börfengebäude zu Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 166. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 221.
- FRANZIUS. Ventilation des Rathskellers zu Bremen. Deutsche Bauz. 1882, S. 509.
- VOIT, E. Die Warmwasserheizung in dem Gebäude für die Königliche Brandverficherungs-Kammer zu München. Zeitfchr. f. Baukde. 1882, S. 13.
- PLAGE. Gebäude für Unruhige der Lothringifchen Bezirks-Irrenanfalt zu Saargemünd. Zeitfchr. f. Baukde. 1882, S. 356.
- FISCHER. Befprechung der Projekte für Heizung und Ventilation der Berliner Börfé. Gefundh.-Ing. 1882, S. 145.
- FISCHER, H. Heizungs- und Lüftungsanlage der erweiterten Börfé in Berlin. Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 427.
- BENTZEN, G. E. Unterfuchungen über die Ventilation der zwei Hörfäle im hygienifchen Institute zu München. Zeitfchr. f. Biologie 1882, S. 470.

- Sammlung von Heizungs- und Lüftungsanlagen, ausgeführt durch das Eifenwerk Kaiferslautern etc. Berlin 1883.
- PROKOP, A. Die Turnhalle zu Brünn. Allg. Bauz. 1883, S. 11.
- Das Aufnahms-Gebäude der k. k. priv. österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft in Budapest. Beheizungs-Anlage. Allg. Bauz. 1883, S. 14.
- STRIGLER, PH. Schulhausbau der israelitischen Religions-Gesellschaft zu Frankfurt a/M. J. Heizung. Allg. Bauz. 1883, S. 47.
- ZENETTI, A. Der Neubau des HAUNER'schen Kinderpitals in München. Zeitschr. f. Baukde. 1883, S. 146.
- KLAHR. Die Heizungs- und Lüftungsanlagen in den chirurgischen Kliniken der akademischen Krankenhausanlage zu Bonn. Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 122.
- Befchreibung einer Kirchenheizung. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1883, S. 25.
- SUFFIT, J. *Ventilation par refroidissement appliquée aux écoles de Lagny*. *Encyclopédie d'arch.* 1883, S. 93 u. Pl. 876, 890, 877.
- SERGUEFF, N. *Chauffage et ventilation du palais de l'empereur de Russie*. *Nouv. annales de la const.* 1883, S. 4.
- Chauffage à vapeur de la scène de l'Éden-théâtre*. *La semaine des const.*, Jahrg. 8, S. 66, 177.
- WUTKE, O. & LENZNER. Die Ventilations-Anlagen in dem Garnison-Lazareth zu Pafewalk. Danzig 1884.
- Die Lüftungseinrichtungen in der Restauration von Siechen in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 11.
- Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 189, 205, 217.
- FISCHER, H. Die Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes. Deutsche Bauz. 1884, S. 248, 265, 272.
- Heiz- und Lüftungs-Einrichtung in dem Laden des Kaufhauses von Laer (Firma Mezner) in Berlin. Deutsche Bauz. 1884, S. 417.
- Zentral-Niederdruck-Dampfheizung für das neue Rathhaus in Düffeldorf. Deutsche Bauz. 1884, S. 524.
- HARTMANN, K. Die Konkurrenz für die Heizungs- und Lüftungs-Anlage des neuen Reichstagsgebäudes. Gefundh.-Ing. 1884, S. 287.
- Die Heizungs- und Ventilations-Anlage im neuen städtischen Hospital zu Antwerpen. Gefundh.-Ing. 1884, S. 281, 329.
- FISCHER, F. Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 717, 733, 760, 782, 805.
- Das Project der Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes von RUD. OTTO MEYER in Hamburg-Eilbeck. Maschin.-Confr. 1884, S. 325.
- The heating and ventilation of the houses of parliament, London*. *American architect*, Bd. 16, S. 135.
- Heating and ventilation of the British museum*. *American architect*, Bd. 16, S. 183.
- The heating and ventilation of the new institute of technology building*. *American architect*, Bd. 16, S. 208.
- Anlage einer Drucklüftung im Königl. Wilhelms-Gymnasium in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 47, 56, 79, 91.
- Heizungs- und Lüftungs-Anlage nach System BECHEM & POST, für den Neubau einer Volksschule in Frankfurt a/M. Deutsche Bauz. 1885, S. 613.
- St. Paul's school, Hammer Smith*. *Building news*, Bd. 48, S. 145.
- MÜLLER, A. Heiz- und Lüftungsanlage im Restaurant »Société«, Dresden, Waifenhausstr. 29. Deutsche Bauz. 1886, S. 34.
- »Haus Schwartz« in Berlin, insbesondere in feinen Heiz- und Lüftungs-Einrichtungen. Deutsche Bauz. 1886, S. 64.
- Zentrale Heizungs- und Lüftungs-Anlage im neuen Freimaurerkrankenhause zu Hamburg. Gefundh.-Ing. 1886, S. 8, 50.
- LESCHETJZKY, J. Die Heiz- und Ventilationsanlage des Wiener Orpheums. Wochschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 44.
- Ueber die Heiz- und Ventilations-Einrichtung im neuen Wiener k. k. anatomischen Institut. Wochschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 332.
- Die Heiz- und Ventilationsanlage im Weltrestaurant »Société« in Dresden. Maschin.-Confr. 1886, S. 132.
- Dampfheizung einer Tabakfabrik in Le Mans. Pract. Maschin.-Const. 1886, S. 190.
- Die neue Ventilations-, Beleuchtungs- und Beheizungs-Anlage im kgl. Odeon in München. München 1887.
- WAGNER, W. Die Zentral-Heizung der neuen Zollkeller zu Mainz. Deutsche Bauz. 1887, S. 525.

- Die Heizungs- und Lüftungs-Anlage im neuen k. k. anatomischen Institut in Wien. Gefundh.-Ing. 1887, S. 18, 49.
- Gasbeleuchtung mit Lüftung und Heizung im Saale des kgl. Odeons in München. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1887, S. 213.
- Die Heizungsanlagen in den Provinzial-Irrenanstalten zu Merzig und Saargemünd. Gefundh.-Ing. 1887, S. 233.
- RENK, F. Heizungs- und Lüftungsanlage der bayerischen Vereinsbank in München. Gefundh.-Ing. 1887, S. 603.
- Heiz- und Lüftungs-Anlage im neuen Lessing-Theater zu Berlin. Deutsche Bauz. 1888, S. 113.
- Heizungs- und Lüftungsanlage der chirurgischen Klinik in Bonn. Gefundh.-Ing. 1888, S. 20.
- Heizungs- und Lüftungs-Anlage für das Krankenhaus des Stiftes Bethlehem in Ludwigslust (Mecklenburg). Gefundh.-Ing. 1888, S. 209.
- FLOHR. Ueber die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Freimaurer-Krankenhauses in Hamburg. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 46.
- GLASER, L. Niederdruck-Dampfheizung und Ventilations-Anlage für das neue Buchhändler-Vereinshaus zu Leipzig. Annalen f. Gwb. u. Bauw., Bd. 23, S. 97.
- Luftheizungs-Anlagen für Wiener Gemeindeschulen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 209.
- Heizungs- und Lüftungsanlage des Militär-Krankenhauses in Brüssel. Gefundh.-Ing. 1889, S. 801.
- Luftheizungsanlage der Volksschule am Moorkamp in Hamburg. Gefundh.-Ing. 1890, S. 73.
-

## D. Wasserverforgung der Gebäude.

VON OTTO LUEGER <sup>262)</sup>.

387.  
Allgemeines.

Die Beschaffung von Trink- und Nutzwasser in ausreichender Menge und guter Beschaffenheit ist ohne Ausnahme für jede menschliche Wohnstätte Bedürfnis. Wird das Wasser zum Trinken benutzt, so muß dasselbe nicht bloß wohl schmeckend, sondern auch gesund sein. Die letztere Eigenschaft kommt in der Regel nicht jenen — wenn auch wohl schmeckenden — Wassern zu, welche aus dem verdorbenen Boden alter Städte oder gut bebauter Ländereien stammen; auch nicht unbedingt jenen, welche aus scheinbar unverdorbenem Boden geschöpft werden. Es ist deshalb erstes Erfordernis, vor Benutzung einer vorhandenen Wasserbezugsquelle von zuständiger Seite — Lebensmittel-Prüfungstation, Gesundheitsamt etc. — auf Grund chemischer und mikroskopischer Untersuchung entscheiden zu lassen, ob das Wasser sich für den häuslichen Gebrauch eignet und ob nach Maßgabe der Verhältnisse am Entnahmeort auf die Dauer Gewähr für eine gleich bleibend gute Beschaffenheit geboten ist.

Man hat vielfach fest zu stellen gesucht, welche Ergebnisse der chemischen und hygienischen Analyse (Grenzzahlen) von vornherein vorhanden sein sollen, um ein Wasser als gesund (gutes Trinkwasser) bezeichnen zu können. In vielen Fällen wird man jedoch, auch wenn diese Grenzzahlen überschritten sein sollten, zunächst die gesundheitsliche Bedeutung einer solchen Ueberschreitung zu prüfen und dann erst für Annahme oder Verwerfung des Wassers sich zu entscheiden haben. Manchmal muß man sich auch aus äußeren Gründen — weil kein anderes zu haben ist — mit weniger gutem Wasser begnügen.

Die chemische und hygienische Analyse läßt sich nicht gut in eine Schablone zwängen; es ist vielmehr von hohem Werthe, wenn Ursachen und Wirkungen etwaiger unerwünschter, über die üblichen Grenzen hinausgehender Eigenschaften vom Untersuchenden im besonderen Falle erforscht und klar gelegt werden <sup>263)</sup>. Man wird auf diese Weise manchmal den Gebrauch eines Wassers noch zulässig finden, wenn es auch der bestehenden Norm nicht entspricht. So kann z. B. Wasser aus städtischen Verforgungen (bei Entnahme aus Flüssen mit künstlicher Filtration) oder aus Cisternen etc. durch Trübung äußerlich den Eindruck eines unzutraglichen Wassers hervorrufen, während es thatächlich keineswegs ungesund und unter Umständen einem Quellwasser oder Grundwasser von tadelloser äußerer Erscheinung vorzuziehen ist etc. Nach *Kubel* <sup>264)</sup> muß ein gutes Trinkwasser folgenden Anforderungen entsprechen:

- 1) Das Wasser muß klar, farblos und geruchlos sein.
- 2) Die Temperatur desselben darf in verschiedenen Jahreszeiten nur um 4 bis 6 Grad schwanken.
- 3) Das Wasser darf nur wenig Kaliumpermanganat und wenig Silber reduciren und durchaus keine organische Materie (mikroskopische Pilze etc.) enthalten.
- 4) Das Wasser darf kein Ammoniak, keine salpetrige Säure und nur geringe Mengen Salpetersäure enthalten.

<sup>262)</sup> In 1. Auflage bearbeitet durch Herrn Baurath *B. Salbach* in Dresden.

<sup>263)</sup> Siehe: *WOLFFHÜGEL & TIEMANN*. Ueber die hygienische Bedeutung des Trink- und Nutzwassers. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1883, S. 841.

<sup>264)</sup> Siehe: *KUBEL, W.* Anleitung zur Untersuchung von Wasser etc. 2. Aufl. von *F. TIEMANN*. Braunschweig 1874. — Vergl. auch: *BONTON & BOUDET*. *Hydrotimétrie* etc. 7. Aufl. Paris 1882.



- 5) Das Wasser darf nicht grössere Mengen von Chloriden und Sulfaten, namentlich nicht von Kaliumsulphat, enthalten.
- 6) Das Wasser darf nicht zu hart fein und namentlich nicht grössere Mengen von Magnesiumsalzen enthalten.
- 7) Das Wasser muß wohl schmeckend fein, d. h. es muß gelöste, sich beim Erhitzen entwickelnde Gase, besonders Sauerstoff und Kohlenäure, enthalten.

Als Grenzwerte für die Güte gelten bei 100 000 Theilen Wasser nach *Kubel*:

50 Theile fester Rückstand,	0,5 bis 1,5 Theile Salpeteräure,
18 bis 20 deutsche Härtegrade,	2 bis 3 Theile Chlor,
3 bis 4 Theile organische Substanz,	8 bis 10 Theile Schwefeläure.

Ein Theil Kalk auf 100 000 Theile Wasser wird als ein deutscher Härtegrad bezeichnet. Wasser, dessen Härte nicht über 20 Grad ist, kann noch zu allen technischen Zwecken verwendet werden; Wasser mit weniger als 10 Härtegraden gilt als weich.

Die Temperatur ist für ein Genuswasser von hoher Bedeutung, während dieselbe für Nutzwasser wenig oder gar nicht in Betracht kommt. Unseren Empfindungen entspricht im Allgemeinen beim Trinkwasser am besten die mittlere Jahrestemperatur, wie sie guten Quellwassern und Grundwassern eigenthümlich ist; die letzteren eignen sich auch schon deshalb am besten zu Trinkwasserversorgungen.

Als Nutzwasser darf jedes reine, farb- und geruchlose und von Krankheits-erregern freie Wasser Verwendung finden; je geringer der Härtegrad desselben ist, um so besser wird es seinem Zwecke entsprechen.

Es ist in allen Fällen am angenehmsten, wenn sowohl Trinkwasser, als Nutzwasser einer einzigen Bezugsquelle entnommen werden; unbedingt erforderlich ist dies jedoch nicht. Man findet im Gegentheil sehr häufig sowohl in einzelnen Gebäuden und Gebäudegruppen, als auch bei grossen städtischen Wasserversorgungen gefonderte Trinkwasser- und Brauchwasser-Anlagen.

Alles Wasser hat in mehr oder weniger hohem Grade die Eigenschaft, Körper, mit welchen es in Berührung kommt (besonders Gase) aufzulösen. Es wird also das in der Natur vorkommende, dem Boden oder der Atmosphäre entflammende Wasser nirgends chemisch rein sein, sondern vielmehr an seinen Beimischungen erkennen lassen, mit welchen Körpern es sich vor seinem Zutagetreten in Berührung befunden hat. Wasser, welche in Kalkgebirgen gesammelt sind, werden hart fein; Wasser aus Gneis, Granit etc. werden geringen Härtegrad, dagegen andere chemische Beimengungen zeigen etc.<sup>265)</sup>. Auch die Leitungen, in welchen das Wasser geführt wird, werden zersetzt, bezw. angegriffen, besonders metallische Leitungen und unter diesen vorzugsweise die eisernen.

Unter Umständen lagert das Wasser einen Theil der von ihm aufgenommenen Lösungen bei längerem Verweilen auf anderen mit ihm in Berührung befindlichen Körpern wieder ab. Die Ablagerungen erfolgen immer, wenn das flüssige Wasser sich in Wasserdampf verwandelt, da die mineralischen Beimengungen von der Verdampfung ausgeschlossen sind. In den Röhrenleitungen bezeichnet man solche Ablagerungen als Incrustationen; dieselben sind bei Metallröhren am grössten, weniger gross bei hölzernen Leitungen, Thonröhren, Cementröhren u. s. w.

Wenn das flüssige Wasser die feste Aggregatform erlangt (gefriert), so vergrössert es seinen Rauminhalt; befindet es sich während dieser Zustandsänderung in alleits

<sup>265)</sup> Vergl.: DAUBRÉE. *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*. Bd. II, Buch 3. Paris 1887.

BELOHOUBEK, A. Ueber den Einfluss der geologischen Verhältnisse auf die chemische Beschaffenheit des Quell- und Brunnenwassers. Prag 1880.

LUDWIG, H. Die natürlichen Wasser in ihren chemischen Beziehungen zu Luft und Gesteinen. Erlangen 1872.

geschlossenen Gefäßen (Röhren u. f. w.), so müssen entweder die Wände dieser Gefäße nachgeben (z. B. Auftreiben bei Bleiröhren u. f. w.), oder die Gefäße zerreißen.

Die Wasserverforgung eines Gebäude-Complexes oder eines Gebäudes wird im Allgemeinen entweder eine selbständige fein oder durch Anschluß an eine bestehende Wasserverforgungs-Anlage erfolgen. Im ersten Falle bilden die Art der Wassergewinnung und Zuleitung sehr wichtige Theile des ganzen Entwurfes; einfacher und bequemer wird der letztere, wenn eine das Wasser unter Druck abliefernde Anlage zur Verfügung steht.

Wir werden im Folgenden Wassergewinnung und Zuleitung nur im Allgemeinen und in Rücksicht auf kleinere Anlagen in Betracht ziehen; auf einige grössere Anlagen soll durch Literatur-Angaben etc. hingewiesen werden.

#### 14. Kapitel.

### Wasserbeschaffung.

388.  
Wasser-  
verbrauch.

Kann die zur Verförgung einer Gebäudegruppe oder eines Gebäudes erforderliche Wassermenge einer öffentlichen Leitung entnommen werden, so beschränkt sich die ganze Anlage zur Wassergewinnung auf die Herstellung eines Anschlusses von genügender Weite; so fern genug Wasser und ausreichende Pressung in der öffentlichen Leitung vorhanden ist, wird es dadurch möglich, nach Gutfinden jede Wassermenge an beliebiger Stelle abzuzapfen. Reicht die Pressung in der öffentlichen Leitung nicht aus, um das zu verförgende Gebäude unmittelbar zu speisen, so muß zu künstlicher Hebung gegriffen werden; meistens wird in diesem Falle zwischen der Hebemaschine und der öffentlichen Leitung ein Wasserbehälter eingeschaltet, in welchen das Wasser der letzteren einfließt. Seltener wird der Bedarf durch die Pumpe ohne Weiteres aus den Röhren der öffentlichen Leitung abgefugt.

Vor Allem hängt die Gröfse des Wasserbedarfes davon ab:

- 1) ob das verbrauchte Wasser mit Leichtigkeit vom Grundstück abgeleitet werden kann;
- 2) ob — bei Entnahme aus vorhandenen Anlagen — der zu bezahlende Preis für das Wasser im Verhältniß zum Verbrauche wächst oder ob eine Pauschal-Summe bezahlt wird, für welche eine beliebige Wasserbenutzung (*à discrétion*) erlaubt ist;
- 3) ob — bei eigener Wassergewinnung — grössere Wassermengen leicht erhältlich sind oder ob die Lage des Grundstückes nur eine beschränkte Zufuhr gestattet.

Je nach dem Zutreffen der einen oder anderen dieser Vorbedingungen läßt sich, wenn im Uebrigen die mit Wasser zu verförgenden Subjecte und Objecte bekannt sind, unter Zugrundelegung der Normalzahlen oder durch unmittelbare Auswerthung der Wasserbedarf ermitteln. Zunächst ist anzunehmen, dafs bei Abgabe des Wassers *à discrétion* (beliebige Entnahme gegen Zahlung einer Pauschal-Summe) und bei bestehender Entwässerung in dem zu verförgenden Grundstück die verbrauchte Gesamtwassermenge das Anderthalbfache bis Dreifache ist, als bei Bezahlung des Wassers nach den Angaben eines Wassermessers.

Ohne Rückficht hierauf hat eine vom »Deutschen Vereine der Gas- und Wafferrachmänner« niedergefetzte Commiffion im Jahre 1884 folgende Einheiten vorgeschlagen <sup>266)</sup>:

## a) Privatgebrauch.

1) Gebrauchswaffer in Wohnftätten für den Kopf der Bevölkerung und für den Tag:		
α) zum Trinken, Kochen, Reinigen u. f. w. . . . .	20 bis 30	Liter,
β) zur Wäfche . . . . .	10 bis 15	»
2) Abortfpülung, einmalig . . . . .	5 bis 6	»
3) Piffoir-Spülung:		
α) unterbrochen (intermittirend) für den Stand und die Stunde . . .	30	»
β) ftändig (continuirlich) für 1 <sup>m</sup> Spülröhre und 1 Stunde . . . .	200	»
4) Bäder:		
α) ein Wannenbad . . . . .	350	»
β) ein Sitzbad . . . . .	30	»
γ) einmalige Braufe oder Strahl-Douche . . . . .	20 bis 30	»
5) Gartenbefprengung an einem trockenen Tage für 1 <sup>qm</sup> einmal befprengter Fläche . . . . .	1,5	»
6) Hofbegiefung desgl. für 1 <sup>qm</sup> . . . . .	1,5	»
7) Trottoir-Begiefung desgl. für 1 <sup>qm</sup> . . . . .	1,5	»
8) Ein Pferd tränken und reinigen, ohne Stallreinigung, für 1 Tag . . . .	50	»
9) Ein Stück Hornvieh tränken und reinigen, ohne Stallreinigung, für 1 Tag:		
α) Grofvieh . . . . .	50	»
β) Kleinvieh . . . . .	10	»
(ein Kalb 8 l, ein Schaf 8 l, ein Schwein 13 l)		
10) Ein Wagen zur Perfonenbeförderung, Reinigung für 1 Tag . . . . .	200	»

## b) Verbrauch öffentlicher Anftalten.

1) Schulen für den Schüler und den Schultag, ohne Zerftäubung für Luftbefeuchtung . . . . .	2	»
2) Cafernen:		
α) für den Mann und den Verpflegungstag . . . . .	20	»
β) für ein Pferd . . . . .	40	»
3) Kranken- und Verforgungshäufcr für den Kopf und den Verpflegungstag	100 bis 150	»
4) Gafthöfe für den Kopf und den Verpflegungstag . . . . .	100	»
5) Bade-Anftalten mit nur Wannen- und Braufebädern für ein abgegebenes Bad . . . . .	500	»
6) Wafch-Anftalten für 100 kg Wäfche . . . . .	400	»
7) Schlachthäufcr für 1 Jahr und für 1 Stück gefchlachtetes Vieh . . . .	300 bis 400	»
8) Markthallen für 1 <sup>qm</sup> bebaute Fläche und 1 Markttag . . . . .	5	»
9) Aichamt für 1 Jahr und für 1 cbm geaichten Holzgefäffes . . . . .	1100	»
10) Bahnhöfe, Speifewaffer für Locomotiven für 1 Stück und 1 Tag . . . .	6000 bis 8000	»

## c) Gemeindegwecke.

1) Straffenbefprengung für 1 <sup>qm</sup> einmal befprengte Fläche:		
α) gepflasterte Straffen . . . . .	1	»
β) chauffirte Straffen . . . . .	1,5	»
2) Oeffentliche Gartenanlagen an einem trockenen Tage für 1 <sup>qm</sup> einmal beoffene Fläche . . . . .	1,5	»
3) Oeffentliche Brunnen ohne ftändigen Auslauf für 1 Auslaufstag . . . .	3000	»
4) Oeffentliche Piffoirs:		
α) unterbrochene (intermittirende) Spülung für den Stand und die Stunde . . . . .	60	»
β) ftändige (continuirliche) Spülung für 1 <sup>m</sup> Spülröhre und für 1 Stunde	200	»

Zugefügt mag hier werden, daß ftändig laufende Brunnen, wie fie in Ge-

<sup>266)</sup> Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1884, S. 543.

birgsgegenden noch sehr häufig angewendet werden, in der Regel für jede Auslauf-  
röhre 10 000 bis 15 000 l Wasser in 24 Stunden verbrauchen und dabei einen ge-  
wöhnlichen Wasserkübel in ca. 5 Minuten füllen.

## d) Gewerbe.

Brauereien, Gefammtverbrauch während eines Jahres für 1 hl gebrauten Bieres  
ohne Eisbereitung . . . . . 500 Liter  
Zuzufügen wäre hier:

Verbrauch an Kesselfeifewasser für stehende Dampfmaschinen ohne Conden-  
sation für 1 Stunde und 1 Pferdestärke . . . . . 20 bis 30 "

Ermittelt man bei umfangreicheren Wasserverförgungen (unter Anwendung von  
Wassermessern verförgt) den mittleren Tagesverbrauch für 1 Einwohner, so erhält  
man folgende Zahlen:

- a) auf dem Lande . . . . . 45 bis 50 Liter,  
b) in Städten bis zu 5000 Einwohnern . . . . . 50 " 60 " ,  
c) in gröfseren Städten . . . . . 60 " 100 " ,

wobei nicht nur das dem gewöhnlichen Hausverbrauch entsprechende Wasser, sondern  
auch das Wasser für Begiefen von Strafen und Gärten, die Spülung der Canäle,  
die Kleingewerbe etc. inbegriffen ist. Nicht inbegriffen in den angegebenen Zahlen ist  
dagegen ein etwaiger Verbrauch für Springbrunnen und Zierbrunnen aller Art, so  
wie für ständig laufende öffentliche Brunnen, gröfsere Fabriken und sonstige in grofsen  
Mengen wasserverzehrende Anlagen.

389.  
Tages-  
u. Stunden-  
verbrauch.

Die vorstehend genannten Zahlen (von welchen bei Abgabe à discretion das  
1 1/2- bis 3-fache zu nehmen ist) sind dadurch erhalten, dafs der gefammte Jahresver-  
brauch  $V$  durch 365 dividirt wurde. Unter den 365 Tagen des Jahres ist jedoch  
einer, an welchem mehr Wasser verbraucht wird, als an allen übrigen Tagen des  
Jahres, und unter den 24 Stunden, welche dieser Tag des gröfsten Tagesverbrauches  
hat, ist wieder eine, innerhalb welcher mehr verbraucht wird, als in jeder der übrigen  
23 Stunden. Es giebt also einen gröfsten Tagesverbrauch und einen gröfsten Stunden-  
verbrauch. Nach vielfach gemachten Erfahrungen pflegt man den gröfsten Tages-  
verbrauch gleich dem anderthalbfachen durchschnittlichen Tagesverbrauche zu setzen;  
der gröfste Stundenverbrauch an dem Tage, an welchem der gröfste Wasserverbrauch  
stattfindet, beträgt sodann ca. 8 Procent des letzteren.

Nimmt man an, dafs innerhalb dieser Stunde der Verbrauch ein gleichmäfsiger sei, so mufs bei einer  
Wasserleitung ohne Ausgleichungsbehälter der Zuflufs allein diesen Verbrauch decken können. Bezeichnet  
daher  $V$  den Gefammtverbrauch an Wasser in einem ganzen Jahre, so ist

$$1) \text{ der mittlere Tagesverbrauch } V_t = \frac{V}{365} = 0,0027 V;$$

$$2) \text{ der gröfste Tagesverbrauch } V_t \text{ max} = 1,5 V_t = 0,0041 V, \text{ und}$$

$$3) \text{ der gröfste Stundenverbrauch am Tage des gröfsten Tagesverbrauches:}$$

$$V_s \text{ max} = 0,08 \cdot 1,5 V_t \text{ max} = 0,00032 V.$$

Wird die Zuleitung unmittelbar von den Quellen oder von einem öffentlichen Röhrenfrange gespeist, so  
mufs sie den unter 3 bestimmten Verbrauch befriedigen können. Sie mufs deshalb für die Zufuhr einer  
secundlichen Wassermenge von

$$Q_{\text{max}} = \frac{V_s \text{ max}}{60 \cdot 60} = 0,000000091 V$$

berechnet werden.

Ist in der zu verförgenden Anlage ein Wasserbehälter, welcher die Verbrauchschwankungen während  
eines Tages ausgleicht, so genügt es, wenn am Tage des gröfsten Verbrauches die Zuleitung eine secund-  
liche Wassermenge liefert

$$Q_r = \frac{1,5 V_t}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,000000048 V.$$

Diese Mafse sind bestimmend für die Lichtweiten der Zuleitungen.

Nimmt man ferner, wie üblich, die Durchflusgeschwindigkeiten in den Röhren nicht grösser als 1 m in der Secunde an, so berechnet sich, wenn  $V$  in Cub.-Met. und die Lichtweite der Röhre  $D$  in Met. ausgedrückt wird, die letztere

α) bei einer Zuleitung ohne Wasserbehälter:

$$D_{max} = 0,00034 V^{\frac{1}{2}};$$

β) bei einer Zuleitung mit Wasserbehälter:

$$D_r = 0,00025 V^{\frac{1}{2}}.$$

Mufs das Wasser künstlich gehoben werden, so ist den Verbrauchschwankungen während eines Tages Rechnung zu tragen. Ein Ausgleichsbehälter (Reservoir) ist unerlässlich. Der Wasserverbrauch in Procenten des täglichen Gesamtbedarfes beträgt:

6—7 Uhr Morgens . . .	3,73 Procent,	3—4 Uhr Nachmittags . . .	7,86 Procent,
7—8 „ „ . . .	5,21 „	4—5 „ „ . . .	5,21 „
8—9 „ „ . . .	6,19 „	5—6 „ „ . . .	6,29 „
9—10 „ „ . . .	6,44 „	6—7 „ Abends . . .	3,68 „
10—11 „ „ . . .	7,08 „	7—8 „ „ . . .	5,01 „
11—12 „ „ . . .	7,76 „	8—9 „ „ . . .	3,05 „
12—1 „ Nachmittags . . .	5,99 „	9 „ „ . . .	} . . . 14,15 „
1—2 „ „ . . .	5,95 „	bis	
2—3 „ „ . . .	6,39 „	6 „ Morgens	

Wenn nur etwa 10 Stunden oder noch weniger im Tage Wasser gefördert wird, so muss der Wasserbehälter so gross sein, um in den Stunden, in welchen die Förderung unterbrochen ist, die Versorgung übernehmen zu können. Mindestens sollte ein derartiger Wasserbehälter so gross gemacht werden, dass er den vierten Theil des grössten Tagesverbrauches aufzunehmen vermag.

Selbstverständlich sollen die feither angegebenen Zahlen nur allgemeine Anhaltspunkte liefern; im einzelnen Falle werden besondere Erwägungen nicht zu umgehen sein; auch ist bei der Bedarfsberechnung das Ueberwasser in Betracht zu ziehen. Wird das Wasser nicht einer öffentlichen Leitung entnommen oder durch künstliche Hebung gefördert, sondern von Quellen bezogen, so müssen die letzteren den Verbrauch am Tage des grössten Bedarfes befriedigen können; an allen übrigen Tagen des Jahres wird sich sodann Ueberwasser ergeben, und man muss sich deshalb hüten, das Quellenergebniss mit dem Werthe  $V$  unserer Rechnung zu verwechseln<sup>267)</sup>. Nennt man das Quellenergebniss  $M$ , die Menge des Ueberlaufwassers während eines Jahres  $U$ , so ist

$$M = V + U \quad \text{und} \quad V = M - U,$$

d. h. ein Quellenergebniss ist unzureichend, wenn dasselbe nur den Jahresbedarf  $V$  liefert. Nach anderwärts gemachten Erfahrungen ist  $U$  ungefähr  $0,3 M$ , also

$$M = V + 0,3 M = 1,43 V,$$

d. h. die Quellen müssen etwa 40 Procent mehr liefern, als den Jahresbedarf, wenn nicht am Tage des grössten Verbrauches Wassermangel eintreten soll; vorausgesetzt ist, dass ein Wasserbehälter vorhanden, welcher die Verbrauchschwankungen während 24 Stunden ausgleicht.

Zum Schlusse sei noch hervorgehoben, dass eine zu hohe Schätzung des Wasserverbrauches zwar wirtschaftliche Nachtheile im Gefolge hat, dass aber diese Nachtheile ganz ausser Verhältniss stehen zu den nachtheiligen Folgen einer zu geringen Verbrauchsabschätzung und daraus hervorgehender unbefriedigender Versorgung. Bis zu einem gewissen Grade wird man auch der Zukunft Rechnung tragen, bezw. auf bevorstehende Erweiterungen der Versorgungs-Anlage, der Einwohnerzahl etc. Rückficht nehmen müssen. Nach dieser Richtung hin genügt es indessen, wenn für ein Jahrzehnt vorgeforgt wird.

<sup>267)</sup> Siehe: LUEGER, O. Die Wasserversorgung der Stadt Laur. Laur 1884.

Die auf die Erdoberfläche gelangenden meteorischen Niederschläge versinken theilweise in den Boden; theils verdunsten dieselben, oder sie bewegen sich über dem Boden weg nach den offenen Ablaufgerinnen — den Bächen, Flüssen, Strömen und Seen. Die in den Boden versinkenden Wasser setzen sodann in demselben, so weit sie flüssig bleiben, ihre Bewegung fort; als solche heisst man sie Grundwasserfrömungen, und den Boden, welchen sie durchströmen, Grundwasserträger.

Dieser Boden muß nothwendiger Weise grössere oder kleinere capillare und nicht capillare Zwischenräume haben, welche mit Wasser erfüllt sind. Je grösser die Zahl der nicht capillaren Zwischenräume und ihr Ausmass, um so leichter bewegt sich das Wasser und umgekehrt; je nach Beschaffenheit des Grundwasserträgers wird deshalb — unter sonst gleichen Umständen — der eine viel, der andere wenig Grundwasser zu führen vermögen. Bodenarten, welche wenig oder gar kein Grundwasser durchlassen, heissen undurchlässig. Sind undurchlässige Bodenarten von leicht durchlässigen überlagert, so bilden die ersteren eine unterirdische Wasserscheide und die allgemeine Neigung dieser Wasserscheide bestimmt die Richtung des Grundwasserstromes; an jenen Stellen, an welchen die Wasserscheide zu Tage steht und eine tieftste Lage zeigt, treten die Grundwasser als Quellen hervor.

Da sich diese Wasser vor ihrem Zutagetreten meist sehr lange unter dem Boden aufgehalten haben und sich auferordentlich langsam bewegen, ist das zu Tage tretende Wasser meist glanzhell und hat die mittlere Wärme der Bodentiefe, aus welcher es herkommt.

Durch Zwischenlagerungen, Klüfte und Gebirgspalten wird im Uebrigen der unterirdische Lauf des Wassers sehr erheblich beeinflusst. Ist die undurchlässige Gebirgsart zerrissen, so versinkt ein Theil oder alles bis zum Risse gelangte Wasser nach anderen Richtungen etc., und es können auf diese Weise die mannigfachen Ausflussverhältnisse auf gleicher Grundlage entstehen<sup>268</sup>.

Die wenigsten Grundwasserfrömungen verlaufen derart, dafs wir ihren Wiederaustritt aus dem Boden als Quellen ohne Weiteres zu sehen vermögen; weitaus der gröfste Theil aller Grundwasser ergiesst sich unbemerkt in die Flüsse, die Seen und das Meer. Die Thatfache des Vorhandenseins solcher Strömungen ist jedoch daran erkenntlich, dafs die von ihnen gespeisten offenen Wasserläufe auch nach langer Trockenheit noch Wasser führen, d. h. nie versiegen; umgekehrt ist ein nie versiegender offener Wasserlauf stets ein Beweis für das Vorhandensein von Grundwasserfrömungen.

Nimmt in trockenen Zeiten ein Wasserlauf zwischen zwei Stellen um eine nachweisbare Menge zu, ohne dafs zwischen diesen Stellen Tagwasser eintreten, so kann die Zunahme nur durch den Eintritt von Grundwasser bewirkt sein. In diesem Umfande liegt deshalb ein sehr beachtenswerther Fingerzeig für die zum Auffchliessen von Grundwasser geeigneten Orte.

Es ist selbstverständlich, dafs ein Grundwasserstrom nie mehr Wasser führen kann, als die meteorischen Niederschläge in seinem Infiltrations-Gebiete liefern. Das Infiltrations-Gebiet ist nicht zu verwechseln mit dem topographischen Niederschlagsgebiete; das erstere ist von der oberirdischen, das letztere von der unterirdischen Wasserscheide umrahmt. Die wagrechte Projection der Oberfläche des Infiltrations-Gebietes und die darauf stehende Cultur ist neben der Durchlässigkeit des Gebirges für die Gröfse der in den Boden gelangenden Versickerung ausschlaggebend, welche stets nur ein Bruchtheil der auf das Gebiet fallenden Regenmenge ist. Man darf es als eine ziemlich sichere Erfahrung ansehen, dafs unter den günstigsten Verhältnissen im Quadr.-Kilometer Infiltrations-Gebiet und im süddeutschen Gebirgslande höchstens ca. 7 Secundenliter Grundwasser erzeugt werden; in Mitteldeutschland und Norddeutschland, entsprechend geringeren meteorischen Niederschlägen, erheblich weniger. Im Allgemeinen wird man gut thun, höchstens mit der Hälfte oder dem dritten Theile dieser Ziffer etwaige Annäherungsrechnungen anzustellen.

Ist das Infiltrations-Gebiet undurchlässig (Gneis, Granit, Porphyr, Thon, Conglomerate etc.), so kann weder ein irgend wie belangericher Grundwasserstrom, noch eine grössere Quelle entstehen, mag das Flächenmass des Gebietes auch noch so

<sup>268</sup>) Siehe: LUEGER. Vertheilung des Wassers, insbesondere des Quellwassers auf dem Festlande. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1881, S. 427.

grofs fein; in folchen Gebieten find es meistens zerftreute kleinere oder gröfsere Fetzen von Alluvial-Abdeckungen des Gebirges, aus welchen fich wenige fpärlich fliefsende Quellen ernähren. Bäche und Flüffe — fo fern fie in diesen Gebieten ihren Ursprung haben — versiegen in der trockenen Jahreszeit nahezu oder ganz.

Die einem Grundwasserstrom zuziefsende Wassermenge hängt also von der Niederschlagshöhe und der Gebirgsbeschaffenheit ab. Die Nachhaltigkeit, mit welcher ein derartiger Strom Wasser abgeben kann, ist wesentlich bestimmt durch die Gröfse des vorhandenen Grundwasserbehälters — durch den Rauminhalt aller capillaren und nicht capillaren Zwischenräume im Grundwasserträger, so weit dieselben mit Wasser erfüllt sind. Ist dieser Rauminhalt sehr grofs, so vermag die aufgespeicherte Wassermenge ohne Zufluss von ausen den Abfluss um so länger und um so gleichmäfsiger zu erhalten, je geringer die secundliche Abflussmenge ist; der Vorrath an Wasser wird deshalb hier in trockenen Zeiten niemals erschöpft; die Ungleichheiten zwischen Zufluss und Abfluss werden stets ausgeglichen werden. Ist der Grundwasserbehälter klein, oder ist ein verhältnismäfsig grofser Abfluss vorhanden, so werden sich die im Boden verwahrten Vorräthe rasch erschöpfen; die Ergiebigkeit des Abflusses wird deshalb nach langer Trockenheit bedeutend nachlassen.

Dieser Umstand ist für das Verfahren bei Quellenfassungen auferordentlich wichtig. Man kann durch Störungen in den Abflussverhältnissen hier sehr unerwünschte Aenderungen hervorrufen. Vermehrt man z. B. durch Vergrößerung der Ausflussöffnung einer Quelle deren Ergebnifs, so entleert sich der Grundwasserbehälter leichter und rascher, als vorher. Ist er also nicht sehr grofs, so erhält man zwar zunächst viel mehr, dagegen später und insbesondere in trockenen Zeiten erheblich weniger Wasser und kann durch fortgesetzte Erweiterungen die Quelle so weit bringen, dass sie nur noch mit dem Regen geht. Derartige Erfahrungen rechtfertigen das bekannte Misstrauen der Landbevölkerung gegen manche »quellen-auffchliessende Ingenieure«.

Da die Abflussverhältnisse des Grundwassers ähnliche sind, wie jene des Oberflächenwassers, so werden im Allgemeinen die erhältlichen Wassermengen aus Grundwasser (Quellen) gegen die Thäler hin zunehmen.

Der scheinbar gröfsere Wasserreichtum an den Gebirgshängen verführt sehr häufig zu falschen Schlüssen; man muss um so vorsichtiger in der Annahme gröfserer Quellenergiebigkeit sein, je höher man im Gebirge aufsteigt; denn es vermindert sich nicht blofs das Infiltrations-Gebiet und die Gröfse des Grundwasserbehälters mit zunehmender Höhe sehr wesentlich, sondern es erleichtern sich auch die Abflussverhältnisse für das Grundwasser durch das vorhandene stärkere Gefälle in den die Bodenoberfläche bedeckenden Trümmern der Gebirge. In den Thälern, insbesondere in den Alluvionen der Flussgebiete, ist stets Grundwasser erhältlich, wenn die daselbst fliefsenden Bäche und Flüsse nie austrocknen und vorausgesetzt, dass das Wasser derselben nicht lediglich aus oberhalb gelegenen Gebieten stammt; versiegen dagegen in den flachen Thälern die offenen Wasserläufe, so ist zunächst die Ursache dieses Versiegens zu erforschen. Meistens erfolgt das Versiegen, weil undurchlässiges Gebirge vorliegt, also kein gröfserer Grundwasserbehälter vorhanden ist; in solchen Fällen findet man, wenn überhaupt, nur ganz wenig sog. Sickerwasser durch Brunnengrabungen. Man muss sich in diesen Gebieten mit Cisternen behelfen. Das Versiegen kann aber auch erfolgen, wenn das Gebirge sehr viele nicht capillare Zwischenräume enthält und die undurchlässige Schicht sehr tief unter der Bodenoberfläche liegt; in diesen Fällen ist ein nur zeitweise verdeckter Grundwasserstrom vorhanden, welcher durch Tiefbrunnen-Anlagen erschlossen werden kann.

Die Beurtheilung eines Gebietes hinsichtlich seiner Fähigkeit, Wasser zu liefern, ist insbesondere dann, wenn es sich um gröfsere Mengen handelt, keineswegs einfach, und es können Ungeübte hier sehr schwere Misgriffe begehen. Es empfiehlt sich daher in allen nicht ganz klar liegenden Fällen zunächst, neben einer gründlichen geognostischen Terrain-Untersuchung, der Beirath eines tüchtigen Sachverständigen — wozu selbstverständlich die auf Wassersuchen reisenden Männer mit der Wünschelrute nicht gehören.

Auch sei noch davor gewarnt, sich ohne gründliche eigene Untersuchung auf das Urtheil von fog. Terrainkundigen über Quellen und deren Ergebnisse zu verlassen; wenn man sich nicht schweren Enttäuschungen aussetzen will, darf man solchen Angaben höchstens als allgemeine Orientirung Werth beilegen — dagegen niemals als quantitative Orientirung.

391.  
Auffangen  
von  
Regenwasser.

Das einfachste Mittel zur Wasserbeschaffung ist das Auffangen von Regenwasser; es wird in allen Fällen angewendet werden müssen, in welchen weder offene Wasserläufe, noch Grundwasser (Quellen) zur Verfügung stehen. Das Regenwasser leitet man in der Regel von Dächern, Höfen oder sonstigen begrenzten Flächen in offene Gefäße oder Teiche oder nach geschlossenen Behältern, den fog. Cisternen; diese Gefäße dienen als Abklärungsbecken, aus welchen das Wasser entnommen wird. Vervollkommenet sind sodann jene Anordnungen, bei welchen das vom Regen gelieferte und über Dachflächen oder Geländestreifen etc. gesammelte Wasser zunächst über eine Filterschicht geführt und, nachdem es in diese eingedrungen, ihr durch Drainage wieder in geklärtem Zustande entzogen wird.

Die Regenfässer, welche auch in manchen sonst gut mit Wasser versehenen Grundstücken häufig angetroffen werden, sind hölzerne Tonnen von der bekannten Construction eines gewöhnlichen Weinfasses; das in denselben gesammelte Wasser ist meist weniger zum Trinken, als zum Waschen (wegen seines geringen Härtegrades) bestimmt. Können Regenfässer oder flache hölzerne Wasserbehälter auf dem Dachboden aufgestellt werden, so fällt eine künstliche Hebung für den Gebrauch weg und die Vertheilung innerhalb des Grundstückes kann durch Röhrenleitungen nach Belieben erfolgen. Ueberlauf und Leerlauf werden hier in einfachster Weise angebracht; auch werden selten Pumpen aufgestellt, die Hebung erfolgt von Hand.

392.  
Cisternen.

Ueberwölbte Cisternen werden am besten in den Höfen der Gebäude untergebracht; manchmal findet man sie auch im Kellergeschoß der Gebäude angeordnet, welche Disposition sich jedoch für die Beschaffenheit des Wassers als unvortheilhaft erweist. Die dumpfe Kellerluft verbessert die Güte des Wassers nicht, und es ist stets Gefahr vorhanden, daß die Grundmauern der Gebäude durch die Cisternen feucht werden. Gestattet es die Lage, so wird eine Cisterne vortheilhaft auf einer benachbarten Anhöhe untergebracht und von dort her das Wasser unter natürlichem Drucke beigeleitet<sup>269</sup>).

In Fig. 336 ist die gewöhnliche Einrichtung einer gemauerten Cisterne dargestellt.

Auf der Sohle der Cisterne befindet sich, nach Art eines Filters geordnet, Kies und Sand, so daß die grobe Kieschicht zu unterst liegt, nach oben gefolgt von aufsgroßen bis erbsengroßen Geröllen, welche von Sand bedeckt sind. Die Cisterne soll so tief unter der Erdoberfläche liegen, daß die Temperatur des darin aufgespeicherten Wassers weder durch den Frost, noch die Sonnenwärme nachtheilig verändert wird; deshalb ist eine Erdüberschüttung von mindestens 60 cm über dem Scheitel des Deckengewölbes erforderlich. Die äußere Wölbfläche soll eine Mörtel- oder Asphaltdecke erhalten, um das Eindringen von Sickerwasser zu verhindern.

Nach Erfahrungszahlen kommen von der auf die der Cisternenspeifung dienbare Fläche  $F$  fallenden Regenmenge ca. 70 Procent in die Cisterne. Ist  $h$  die jährliche Regenhöhe, so ist das zur Speifung verfügbare Wasser

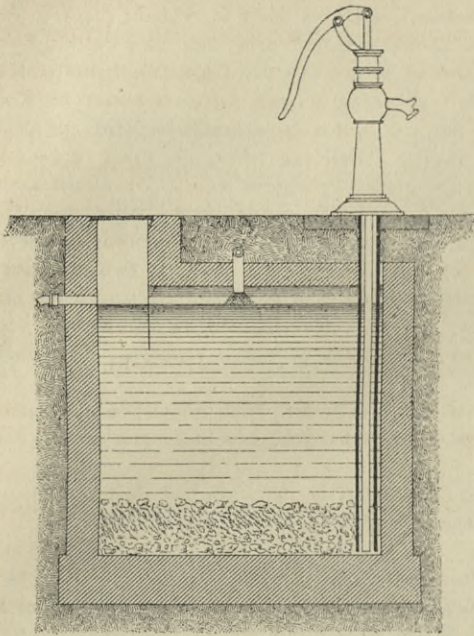
$$Q = 0,7 F h$$

(in Cub.-Met., wenn  $F$  in Quadr.-Met. und  $h$  in Met. ausgedrückt wird).

<sup>269</sup>) Siehe: FINETTI, J. v. Cisternen. Studien über deren rationelle Anlage etc. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1884, S. 59; 1885, S. 62. (Mit ziemlich vollständigen Literatur-Angaben.)



Fig. 336.

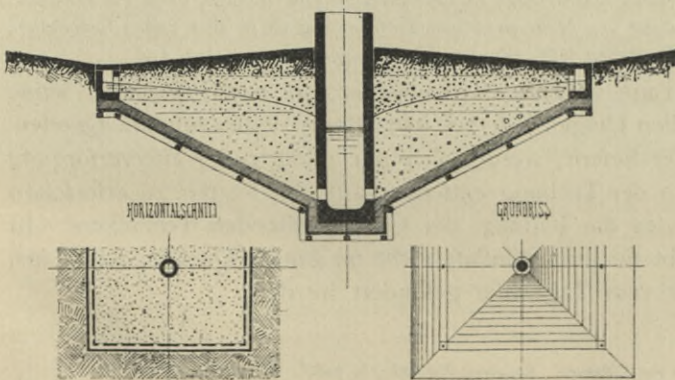
Cisterne. —  $\frac{1}{60}$  w. Gr.

Thunlichste Wafferdichtheit ist das constructive Hauptforderniß; deshalb ist eine wafferdichte Herstellung der Umfassungsmauern (am besten scharf gebrannte Backsteine in Cementmörtel) und der Sohle (Betonfschicht mit doppelter, in Cementmörtel gelegter Backsteinflachschicht) unbedingt nothwendig. Ein hart gefchliffener Cementputz der Innenwandungen und ein Ausfugen der inneren Wölbfläche mit Cementmörtel soll niemals fehlen; die Außenwandungen sind, um das Einfickern fremden Wassers zu verhüten, sorgfältig zu verfugen und mit einem Bestich zu versehen.

In der sog. venetianischen Cisterne wird das Meteorwasser im Sande aufbewahrt und ist sodann reiner und frischer, als jenes aus Cisternen der eben beschriebenen Art; in Fig. 337 ist eine derartige Cisterne dargestellt.

An geeigneter Stelle wird in Form einer auf ihrer Spitze stehenden Pyramide eine Baugrube angelegt, welche an ihrer tiefsten Stelle ca. 3 m unter Bodenfläche mißt. Die Grundfläche der Pyramide

Fig. 337.

Venetianische Cisterne. —  $\frac{1}{150}$ , bezw.  $\frac{1}{450}$  w. Gr.

Nimmt man gleichmäßigen Wasserverbrauch während des ganzen Jahres und setzt den ungünstigen Fall zweimonatlicher Trockenheit voraus, so muß der Inhalt der Cisterne mindestens

$$V = \frac{2 Q}{12} = 0,12 F h$$

sein, wenn während der Trockenperiode kein Wassermangel eintreten soll. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Cisterne bei Beginn der Trockenperiode gefüllt war. Es ist in Rücksicht darauf, daß dies meist sehr unwahrscheinlich ist, rathsam,  $V = 0,2 F h$  anzunehmen.

Der Wasserstand innerhalb der Cisterne darf die Kämpferhöhe des Deckengewölbes nicht übersteigen, was durch eine Ueberlauföhre verhindert wird.

Das Niederschlagswasser gelangt von den Dachflächen durch die Abfallröhren nach abwärts und alsdann entweder direct oder mittels einer gußeisernen Röhrenleitung in die Cisterne. Da das Wasser die von den Dachflächen, in den Dachrinnen etc. fortgeschwemmten Staub- und Schmutztheile mit sich führt, so schalte man entweder am Fußpunkte der Abfallröhren oder am Eintritt des Wassers in die Cisterne oder an einer geeigneten Stelle der Röhrenleitung einen Schlammfang ein, worin das Wasser zur Ruhe kommen und einen großen Theil seiner Verunreinigungen ablagnern kann.

kann eine beliebige Form haben; ein Quadrat wird sich jedoch hierfür am besten eignen. An der Pyramiden Spitze wird ein großer Steinblock (Betonklotz) eingelassen, der, in der Mitte keffelförmig ausgehöhlt, dazu dient, das Fundament für einen Brunnen zu bilden, welcher auf demselben aufgemauert und etwa 70 bis 80 cm über Bodenhöhe aufgeführt wird. An der Stelle, an welcher der Brunnen auf dem Unterlagsteine ruht, wird eine Reihe enger Schlitzte von ca. 20 bis 30 cm Höhe im Mauerwerk des Brunnens ausgepart. Die Seitenflächen der in den Boden

eingegrabenen Pyramide werden durch eine Lage von hölzernen Rippen verpannt; auf diese Rippen wird eine raue Bretterfchalung genagelt, dieselbe fest hinterflampft und hierauf ein gut gekneteter, mit ca. 40 Procent Sand vermischter Thonschlag in einer Stärke von 15 bis 30 cm aufgebracht (besser, aber theurer ist eine Lage guten Betons). Zwischen diesem Thonschlage und dem über dem Unterlagsteine gemauerten Cylinder befindet sich nun ein freier Raum, welcher in der untersten Lage, so weit die Schlitzte im Mauerwerk reichen, mit größerem Kies und von dort ab aufwärts (nach Art eines Filters im Korn allmählig abnehmend) mit Sand gefüllt wird. Längs der vier Seiten der Grundfläche wird ein Canal geführt, welcher gegen das Innere der Pyramide durch Schlitzte Verbindung erhält; der Canal ist gedeckt und hat an den vier Ecken der Pyramide Einfallschächte (bei großen Pyramiden mehr). Von dem Brunnen aus stellt man gegen die Canäle eine Abdachung her, eben so vom Außenrande der Auffangfläche. Das Sandbett wird sich nun durch die meteorischen Niederschläge nach und nach mit Wasser anfüllen; es werden etwa 25 bis 40 Procent (bezogen auf die ganze Sandmenge) Wasser in den nicht capillaren Zwischenräumen des Sandes Platz haben. Die Canäle sind mit wegnehmbaren Steinplatten abzudecken, erhalten an den Einfallschächten Sturzgitter und solche Größenabmessungen, daß sie einen während 24 Stunden fallenden größten Niederschlag von der ganzen dienftbar gemachten Auffangfläche zu bergen vermögen. Die Canäle müssen von Zeit zu Zeit leicht gereinigt werden können.

Das Wasser der Cisterne kann aus dem Brunnenfchachte entweder durch Abpumpen entnommen oder mit einer dafelbst beginnenden Leitung nach irgend einer tiefer gelegenen Stelle geführt und dort abgezapft werden.

Bei einer geringsten jährlichen Regenhöhe von ca. 60 cm liefert im deutschen und ähnlichem Klima: eine Sandpyramide von 5 m Seitenlänge der quadratischen Grundfläche 365 Tage lang täglich 30 l, » » » 10 m » » » » 365 Tage lang täglich 110 l etc. Gebraucht man die Anlage nur die Hälfte des Jahres, so liefert sie das Doppelte etc.

Derartige Anlagen schützen das eindringende Meteorwasser vor Verderbnis und sind sehr zweckmäfsig bei hoch gelegenen Wohnplätzen, zu welchen die Wasserzufuhr große Kosten bereiten würde <sup>270)</sup>.

In größerem Mafstabe kann durch das Aufbringen von Sanden und Geröllen über einer allseitig geschlossenen undurchlässigen Schicht der Regen unterirdisch gesammelt werden, indem man künstlich dieselben Verhältnisse herstellt, welche der Entstehung der Quellen zu Grunde liegen. Solche unterirdische Wasseranfassungen werden sodann durch eine auf der undurchlassenden Schicht aufliegende Drainage für den Gebrauch dienftbar gemacht.

Außer den vorgeführten Verfahren der Wassergewinnung ist noch jenes mit Hilfe von Sammelteichen zu gedenken, eines Versorgungssystemes, welches sich namentlich in England ausgebildet und deshalb auch die Bezeichnung »englisches System« erhalten hat. Durch Abschließung eines hierzu geeigneten Thales mittels eines quergestellten Dammes oder einer Mauer wird ein Behälter gebildet, in welchem sich der oberflächlich abfließende Theil der auf das betreffende Gebiet niederfallenden meteorischen Niederschläge, das Thauwasser des Schnees, das Wasser aus natürlichen Quellen etc. an sammeln.

Grundbedingungen für derartige Wasserbehälter sind undurchlässige Sohle und Seitenwände, d. h. Undurchlässigkeit des Gebirges, in welchem sie angelegt werden. Besteht dieses Gebirge aus festem Gestein, so ist stets eine Mauer als Abschluß nothwendig; ist die Unterlage eine thonige, so ist ein Erddamm angezeigt. Eine gleichzeitige Anwendung von Mauerwerk und Erdschüttung ist in allen Fällen bedenklich, weil ein inniger Verband sich nicht herstellen läßt, also Durchsickerungen unvermeidlich sind.

Eine Quelle liefert zu Tage tretendes Grundwasser; sie muß, wenn sie keine Tagwasser-Zuflüsse hat, vor allen Dingen jederzeit ganz klares Wasser führen. Quellen, welche zeitweise trübes Wasser liefern, werden sich nur dann zur Wasserverföorgung eignen, wenn sich die Ursache der Trübung entfernen läßt; die letztere zu erforschen ist daher die erste Aufgabe des die Fassung der Quelle leitenden Technikers. Ist diese Ursache erkannt und übt sie ihren Einfluß nicht im ganzen Quellengebiete aus, so kann das gute Quellwasser vom Tagwasser gefondert werden.

<sup>270)</sup> Siehe auch: Ueber die Anlage von Cisternen. Baugwks.-Ztg. 1883, S. 816.

DETAÏN, C. *Construction des citernes. La semaine des const.*, Jahrg. 10, S. 424, S. 434.

CITERNAUX. *La semaine des const.*, Jahrg. 10, S. 460.

394.  
Nachahmung  
natürlicher  
Quellen.

395.  
Sammel-  
teiche.

396.  
Fassung  
sichtbarer  
Quellen.

Wesentlich ist hier das Gefüge des Bodens, in welchem die Quelle entsteht, und die Tiefe unter der Bodenoberfläche, in welcher sich die Verfickerungen zu Quellenfäden sammeln. Im Sandboden wird die Verfickerung, wenn sie nur einen ganz kurzen Weg bis zur undurchlässigen Schicht durchläuft, alsbald von allen Unreinigkeiten befreit. Besteht der Boden aus Fels, so hat er Spalten und Klüfte; das in diese Zwischenräume rasch hinabfinkende Meteorwasser wird deshalb nur dann klar über der undurchlässigen Schicht zu Tage treten, wenn es über derselben einen sehr langsamen Lauf hat und lange verweilt. Der auf der Bodenoberfläche vorhandene Pflanzenwuchs übt ferner einen sehr wesentlichen Einfluss aus. Bemoste Waldflächen, Wiesen mit guter Grasnarbe etc. lassen das Meteorwasser nahezu ganz hell in den Boden abfinken; auf Böden ohne jeglichen Pflanzenwuchs werden die Regenfälle Erde auflösen, trübe in die Unterlage sinken und, besonders bei lange anhaltenden Einfickerungen, auch trübe Quellwasser erzeugen, so fern sie während des Durchlaufens durch den Untergrund nicht ausreichend Gelegenheit hatten, alle suspendirten Bestandtheile abzulagern.

Eine gute Quelle darf in der Temperatur des gelieferten Wassers keine großen Schwankungen zeigen und muss nachhaltig fein, d. h. sie darf nach langer Trockenheit nicht versiegen. Vollkommen gleichmäßige Quellen giebt es nicht; nicht einmal die aus sehr großen Tiefen kommenden Thermalquellen zeigen ein gleichmäßiges Ergebniss. Man darf deshalb bei Beurtheilung einer Quelle die auf Anfrage bei den Ortskundigen meist mit gutem Gewissen gegebene Antwort: »Die Quelle läuft das ganze Jahr über gleichmäßig« nie so benutzen, dass man eine gleich bleibende Ergiebigkeit voraussetzt. Diese schwankt vielmehr, je nach Höhenlage und dienstbarem Grundwasserbehälter der Quelle, meist sehr bedeutend; auch bei guten Gebirgsquellen sinkt die Ergiebigkeit in ganz trockenen Zeiten und in einem, dem süddeutschen entsprechenden Klima auf die Hälfte bis ein Drittel der Mittelwassermenge<sup>271)</sup>.

Die Grundwasser-Ausläufe zeigen um so größere Schwankungen, je leichter das Wasser aus dem die undurchlässige Schicht überlagernden porösen Gebirge abfließen kann und umgekehrt. Wenn nämlich die aus anhaltender Bodenbenetzung eindringenden Wasser rasch zu dem mit den Ausläufen in Verbindung stehenden Spaltenysteme gelangen, so werden sie auch in kurzer Zeit nach Aufhören der Oberflächenbenetzung ablaufen, und es wird bei eintretender Trockenheit der im Boden angeammelte Vorrath nur ein geringer sein, weil sich das Wasser im Spaltenysteme nicht angeflaut hat und in Folge dessen nur geringe Massen des Gebirges mit Wasser gefättigt werden konnten. Dieses rasche Vorwärtsfließen ist aber nur bei einem verhältnissmäßig weiten Spaltenysteme möglich. Sind dagegen die Wege, welche zu den Quellen führen und die Grundwasser-Ausläufe ermöglichen, eng, so wird jener Theil der im Boden verbleibenden Einfickerung, welcher bei reichlichem Zuflusse von oben nicht abzulaufen vermochte, die porösen Gebirgsmassen (sowohl in den capillaren, wie in den nicht capillaren Zwischenräumen) mit Wasser sättigen und so die Vorräthe anammeln, deren allmählicher Abfluss in trockenen Zeiten das Fortbestehen der Quellen sichert.

Unter sonst gleichen Umständen nimmt die Nachhaltigkeit der Grundwasser-Ausläufe zu, je tiefer die Grundwasserwelle unter der Bodenoberfläche liegt und je schwieriger die Verfickerung den Weg von der Terrain-Oberfläche bis zur Grundwasserwelle zurückzulegen vermag. Berücksichtigt man nämlich, dass unter Nachhaltigkeit das Verhalten der Grundwasser-Ausläufe nach eingetretener Trockenheit verstanden werden muss, so wird es begreiflich, dass die von der letzten Oberflächenbenetzung herrührenden Einfickerungen um so langfamer an der Quelle wieder erscheinen werden, je mehr Zeit sie zum Abfinken auf die Grundwasserwelle gebraucht haben; eine auch länger dauernde Trockenheit wird in folchem Falle das Ergebniss der Quelle nicht mehr so rasch zu verringern vermögen, weil noch lange Zeit nach dem letzten Regenfalle Verfickerungen unterwegs sind, um den Grundwasserstrom zu speisen.

Selbstverständlich üben im Uebrigen die Schwankungen des Oberflächenstandes der Grundwasserwelle im Inneren des Gebirges auch einen Einfluss auf das Ergebniss der Quelle aus. Dieser Einfluss ist gering, wenn sich die Schwankungen innerhalb enger Grenzen bewegen, und es kann in diesem Falle der Grundwasser-Ausfluss als nahezu gleich bleibend angesehen werden; der Einfluss wird auch dann nicht sehr belangreich, wenn die Grundwasserwelle erhebliche Unterschiede zwischen dem höchsten und tiefsten Stande zeigt. Während in umgekehrter Weise sich der Einfluss der Länge des Ablauf-Canales geltend macht, wächst die Grösse der Ausflussmenge, bezw. die rasche Entleerung des Grundwasserbehälters außerordentlich mit der Erweiterung des Ablauf-Canales.

<sup>271)</sup> Siehe: DAUBRÉE, A. *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*. Bd. 1. Paris 1887.  
Handbuch der Architektur. III. 4. (2. Aufl.)

Nur in ganz seltenen Fällen gelingt es, bei einer Quelle durch die vorzunehmenden Fassungsarbeiten die Wassermenge dauernd zu erhöhen; immerhin ist dies jedoch möglich. Wenn z. B. eine Quelle in einer Schutthalde zu Tage tritt, durch welche ihr eigentlicher Ursprung an der Steinscheide verdeckt ist, so geht in der Regel nicht alles Wasser mit dem Quellenlaufe; sondern es versinkt auch ein Theil in die Halde, welcher durch Vortreiben der Aufschlufsarbeiten bis zur Steinscheide dienstbar gemacht werden kann. Speist ein mächtiger Quellwasserstrom mehrere Quellen, wie dies nicht gerade selten ist, so kann das Vortreiben und Tieferlegen eines einzelnen Auslaufes dessen Ergebnifs auf Kosten der anderen dauernd vermehren etc.

Hat dagegen eine Quelle ein für sich abgegrenztes Infiltrationsgebiet und Grundwasserbehälter, so mufs eine Störung des Gleichgewichtes durch Erweiterung der Auslauföffnung thunlichst vermieden werden<sup>272)</sup>. Sie wird nicht gerade schädlich wirken, wenn die Auslauf-Canäle vom Ursprunge auf eine grofse Strecke rückwärts enge sind und bleiben. Geradezu vernichtend dagegen können die fog. Aufschlufsarbeiten auf das Ergebnifs der Quelle wirken, wenn ihr stetiger Auslauf einer aufstauenden Gebirgsvorlage zu verdanken war, die durch diese Arbeiten weggeräumt wird.

Man hat in diesem Falle künstlich einen weiten Auslauf geschaffen; die von der Bodenoberfläche eindringenden Verfickerungen erreichen den neuen Auslauf mit verhältnismäfsig grofser Geschwindigkeit; eine Füllung des Grundwasserbehälters tritt nicht mehr oder nur noch in geringem Mafse ein; die Quelle liegt bei länger dauerndem Regenmangel trocken und trübt sich nach anhaltend grofsen Niederschlägen; auch wird sie sich in der rauhen Jahreszeit kalt, in der warmen warm zeigen etc.

In solchen Fällen liefert meistens einige Zeit nach Fertigstellung der Arbeiten (bis der Grundwasserbehälter ausgelaufen ist) die Quelle erheblich mehr, wie früher; erst später zeigen sich die oben angeführten Mifsstände und verderben dann sehr die Freude an der erhofften Wasservermehrung. Da es auch sehr schwer fällt, den früheren Zustand durch Abtragen der Bauten etc. wieder herzustellen, so ist dringend anzurathen, die Herkunft jeder Quelle und ihre geognostische Umrahmung, so wie ihren Zusammenhang mit benachbarten Quellen zu studiren, ehe man »Aufschlufsarbeiten« vornimmt.

Will man eine Quelle für die Versorgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe benutzen, so hat man zwei Hauptbedingungen zu erfüllen:

- 1) Man mufs die Quelle vor Trübungen und vor äußerlichen Verunreinigungen schützen, eben so vor Frost und Hitze;
- 2) man mufs den Ursprung zugänglich machen.

Beiden Bedingungen entspricht man mit den fog. Brunnenstuben, bei grofsartigen Anlagen auch Wasserschlösser<sup>273)</sup> genannt.

Befindet sich die Quelle an einem Abhange, so ist es meist möglich, eine Zugänglichkeit in der in Fig. 338 u. 339 dargestellten Weise zu ermöglichen. Erfüllt man dabei die Bedingungen, über dem Scheitel des Brunnenstubengewölbes noch ca. 1,2 m Deckung zu geben und eine bequeme Einsteigöffnung zu schaffen, so ist damit den Bedingungen 1 und 2 Genüge geleistet.

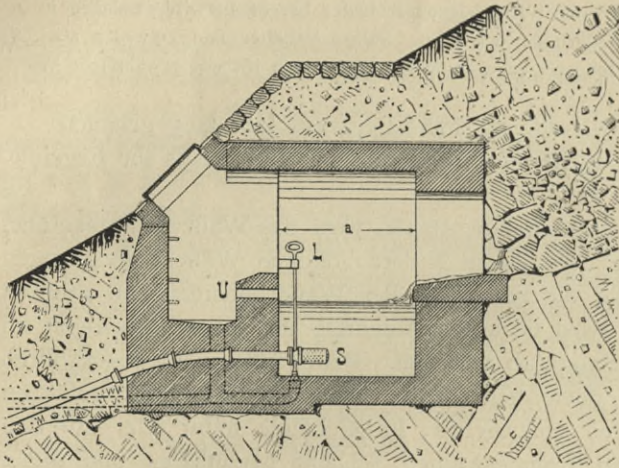
In Fig. 338 ist eine einfache Brunnenstube dargestellt.

Zugänglich ist dieselbe durch eine schräg liegende, zweiflügelige Thür. Man gelangt durch die letztere in einen Einsteigschacht und kann von hier aus den Wasserbehälter und die Quelle erreichen. Der besondere Einsteigschacht ist entwässert und nöthig, um alle von ausen beigetragenen Unreinigkeiten, Tagwasser etc. abzuhalten; in denselben mündet auch der Ueberlauf *U* von der Quelle. Ein von dem Einsteigschacht, bezw. von der zwischen diesem und der Brunnenkammer liegenden Brücke aus ziehbarer Leerlauf *L* gestattet eine Entwässerung und Reinigung; die Zuleitung beginnt in der Brunnenkammer mit dem Seiher *S*. Ueberläufe und Leerläufe sind in Röhren zusammengeführt. Zwischen Einsteigschacht und

272) Siehe: Wiens Wasserversorgung. Wochschr. d. niederöf. Gwbe.-Vereins 1885, S. 172.

273) Siehe: STADLER, R. Die Wasserversorgung der Stadt Wien. Wien 1873. S. 242, 244.

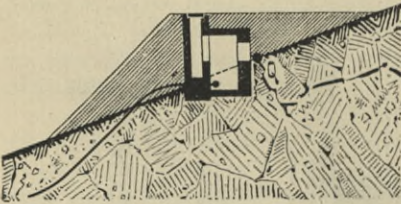
Fig. 338.

Einfache Brunnenstube. —  $\frac{1}{100}$  w. Gr.

gegen Frost und Hitze erforderliche Deckung erreicht werden (Fig. 339).

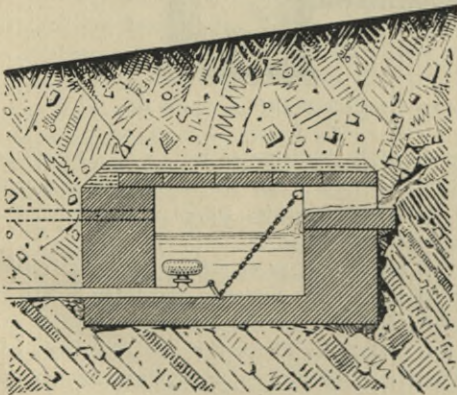
Sehr zu beachten ist in allen Fällen, dass die zur Abdeckung verwendete Erde so dicht fein muss, um alles unmittelbare Eindringen von Tagwasser zur Quelle zu hindern. Der hierzu am meisten geeignete Boden ist bindiger (thoniger) Grubenkies und Grubenfand; gänzlich ungeeignet ist Schotter.

Fig. 339.

Einfache Brunnenstube. —  $\frac{1}{250}$  w. Gr.

der Brunnenstube diese Zusammenlegung keinerlei Bedenken hat. Soll ausnahmsweise eine Reinigung der Brunnenstube erfolgen, so muss aufgedregt werden. Die etwa 0,7 m breite und 1,8 bis 2,0 m lange Brunnenstube ist mit Steinplatten oder Betonplatten gedeckt und diese Deckung mit einer Lettenschicht überzogen. Die Lüftung erfolgt in genügender Weise durch die Ueberlauföhre; die Kosten einer solchen Anlage sind verhältnismässig klein.

Fig. 340.

Einfache Brunnenstube. —  $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Brunnenkammer kann nach Bedarf eine zweite Thür eingeschaltet werden. Die Lüftung erfolgt durch die schrägen Fallthüren in genügend wirkfamer Weise.

Führt das Wasser der Quelle Sand (was insbesondere bei Quellen aus Buntfandstein oder aus Alluvionen häufig der Fall), so ist ein genügend grosser Behälter zur Ablagerung dieses Sandes erforderlich. Man entspricht dieser Bedingung durch Vergrößerung der Abmessung  $a$  in Fig. 338.

Gestatten es die Verhältnisse nicht, diese Brunnenstuben einzufschneiden, so kann durch etwas grössere Anschüttung die zum Schutze

Ist eine Quelle derart rein, dass weder ein Einschwemmen von Sand noch ein Ablagern von Schlamm zu befürchten ist und will man mit dem geringsten Aufwande von Kosten die Quellenfassung vollziehen, so geschieht dies, wie in Fig. 340 dargestellt.

Zuleitung und Leerlauf sind hier in der Annahme vereinigt, dass bei der äusserst selten vorkommenden Reinigung der Brunnenstube diese Zusammenlegung keinerlei Bedenken hat. Soll ausnahmsweise eine Reinigung der Brunnenstube erfolgen, so muss aufgedregt werden. Die etwa 0,7 m breite und 1,8 bis 2,0 m lange Brunnenstube ist mit Steinplatten oder Betonplatten gedeckt und diese Deckung mit einer Lettenschicht überzogen. Die Lüftung erfolgt in genügender Weise durch die Ueberlauföhre; die Kosten einer solchen Anlage sind verhältnismässig klein.

Bei diesen Bauwerken ist angenommen, dass die Quelle, so wie sie ist, gefasst wird, also ohne Aufschlufsarbeiten. Man hat in diesem Falle den Quellenort sauber von allem Pflanzenwuchs etc. zu räumen und muss, so weit der Schlitz für den Quellen einlauf reicht, groben Kies und Schotter auflegen; von diesem wird dann allmählich (wie bei einem Filter) der Uebergang zur bündigen Abdeckung hergestellt.

Von der Herstellung von Aufschlufsarbeiten soll in Art. 399 u. ff. abgehandelt werden.

Intermittierende Quellen, d. h. solche, welche zeitweise versiegen, sind nur dann für eine Wasserversorgung brauchbar, wenn ein genügend großer Ausgleichsbehälter hergestellt wird, welcher in der Zeit des Ausbleibens vom Zuflusse die Bedürfnisse befriedigt. Solche Behälter sind entweder als Sandanhäufungen (wie bei den venetianischen Brunnen), oder, wenn das Wasser rein ist, wie gewöhnliche Wasserbehälter (siehe Art. 413) zu behandeln.

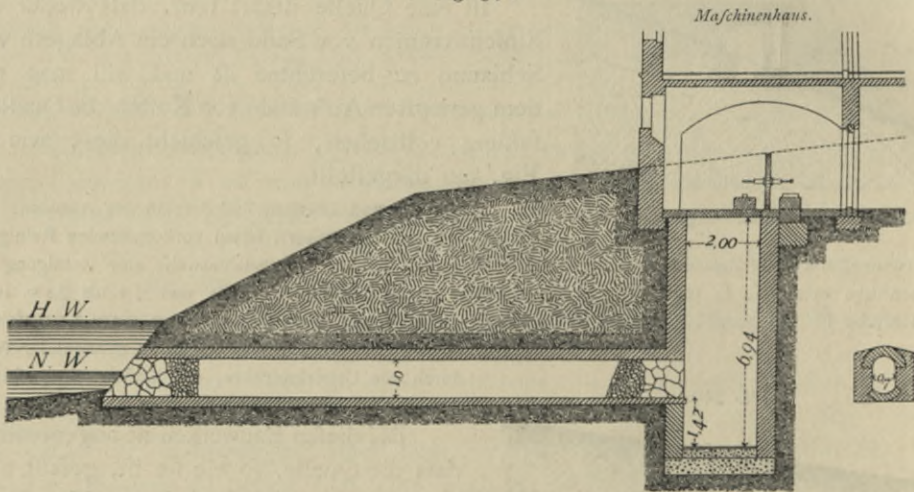
Jede Quelle sollte vor ihrer Benutzung mindestens ein Jahr lang genauen Messungen unterzogen werden, wenn nicht von vornherein fest steht, daß ihr Ergebnis in allen Fällen ein ausreichendes ist.

398.  
Entnahme  
aus offenen  
Gewässern.

Für einzelne Gebäude und für Gebäudegruppen wird das Wasser bisweilen auch aus dem nächst gelegenen Flusse oder einem anderen offenen Wasserlaufe bezogen. Man kann in einem solchen Falle die Saugröhre der Wasserhebe-*maschine* unmittelbar in den Fluß setzen; alsdann wird sie an der Mündung mit einem siebartigen, am besten aus Kupfer angefertigten Saugkorb versehen. Besser ist es, die Saugröhrenmündung durch einen gemauerten, oben offenen Kasten vor Beschädigungen zu schützen. Indes ist es in den meisten Fällen vorzuziehen, im Gebäude selbst oder auf dem dazu gehörigen Grundstück einen brunnenartigen Schacht herzustellen und diesen durch eine Röhrenleitung, einen gemauerten Canal oder einen Stollen mit dem Fluß in Verbindung zu setzen; das Wasser ist alsdann aus diesem Schacht zu pumpen (Fig. 341).

Die Röhrenleitung, bezw. der Canal oder der Stollen muß so tief angelegt werden, daß auch bei niedrigstem Wasserstande der Brunnen schacht noch mit Wasser versehen wird. Man giebt dieser Zuleitung

Fig. 341.



Wasserversorgung der Männer-Straf-Anstalt zu Pilsen aus dem Radbuza-Fluss. —  $\frac{1}{200}$  w. Gr.

ein Gefälle von etwa  $\frac{1}{100}$  nach dem Schacht hin und legt die Sohle des letzteren um 1,5 bis 3,0 m tiefer, als die Einmündung der ersteren; der untere Theil des Schachtes dient dann als Schlammfang und muß von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Mantel und Sohle des Brunnen schachtes müssen wasserundurchlässig fein; die Sohle wird deshalb am besten durch eine Schicht Beton gebildet.

Obwohl man immer bemüht sein wird, das Wasser an einer Stelle zu entnehmen, wo es möglichst rein ist, so wird man doch stets Vorkehrungen zu treffen haben, um das Eintreten von festen Stoffen in die Zuleitung zu verhüten; man hat deshalb die Ausmündung derselben in den Fluß zum mindesten mit einem engmaschigen Gitter oder einem Sieb zu verwahren. Führt das Flusswasser viele feine Sinkstoffe mit sich, so empfiehlt es sich, im Canal oder Stollen lothrechte Filterfichten, aus groberem Stein- und feinerem Kiesmaterial bestehend, anzuordnen (Fig. 341). In manchen Fällen genügt eine derartige Reinigung nicht; man muß besondere Filterbecken anlegen und in diesen das Wasser von den feinen,

mechanisch beigemengten Stoffen befreien; erforderlichenfalls kann auch eine chemische Reinigung desselben stattfinden.

Bei Wasserentnahme aus größeren Flüssen, welche während ihres Laufes schon viele menschliche Wohnstätten berührt und dabei allerlei Verunreinigungen erfahren haben, ist zur Erreichung eines reinen Wassers künstliche Filtration unerlässlich. Dabei kann es sich selbstverständlich nur um die Entfernung der mechanischen Beimengungen handeln; insbesondere sei hier erwähnt, dass nach eingehenden Versuchen (in Genf u. a. a. O.) die Sandfiltration keineswegs die kleinen krankheitserregenden Mikroben zurückzuhalten im Stande ist.

Die Entfernung der mechanischen Beimengungen kann auf zwei Arten geschehen:

a) entweder durch längeres ruhiges Stehenlassen des Wassers in besonderen Becken (Bassins), Ablagerungs- oder Klärbecken genannt, wodurch die gröberen Verunreinigungen auf dem Boden des Beckens sich ablagern, oder

b) mittels Filtration des Wassers durch Sandfichten, welche letztere die Beimengungen auf ihrer Oberfläche zurückhalten und auf diese Weise eine vollständige Klärung des Wassers herbeiführen.

Je nach der Beschaffenheit des Wassers und dessen Verwendungszwecken wird man das eine oder das andere Reinigungsverfahren oder auch beide vereinigt zur Anwendung bringen<sup>274</sup>). Die Dauer der Klärung richtet sich wiederum nach der Menge und Beschaffenheit der Verunreinigungen, hauptsächlich nach deren Vermögen, sich schneller oder langsamer als Bodensatz abzuscheiden.

Die Ablagerungsbecken können gleichzeitig den Zweck von Vorrathsbehältern erfüllen und erhalten dann eine diesem Zwecke entsprechende Größe. Ihre Herstellung kann in einfacher Teichform mit Erdböschungen geschehen; sie können jedoch auch mit gemauerten Seitenwänden oder gepflasterter Sohle und eben solchen Seitenböschungen ausgeführt werden, was von den Terrainverhältnissen und der Bodenbeschaffenheit abhängt.

Die Filter bestehen in der Hauptsache aus gemauertem oder mit abgepflastertem Boden und eben solchen Böschungen versehenen Becken, welche mit Filtrirmaterial bis etwa zur halben Höhe angefüllt sind. Das Filterbett besteht in feiner oberster Lage aus einer 0,6 bis 1,0 m starken Sandficht (von  $\frac{1}{8}$  bis höchstens 1 mm Korn), welche die eigentliche Abklärung bewirkt und in deren oberstem Theile nahezu alle mechanischen Beimengungen des Wassers beim Durchflus zurückbleiben. Die unter dem Sande in zunehmender Korngröße lagernden Kiesfichten haben hauptsächlich den Zweck, der Sandficht eine gute Unterlage zu schaffen und dem filtrirten Wasser den Eintritt in die darunter befindlichen Sammel-Canäle zu erleichtern. Die Reinigung eines Filters geschieht durch Entfernung der obersten verunreinigten Sandficht in der Stärke von 20 bis 40 mm, welche dann entweder gewaschen und wieder aufgebracht oder durch neues Material ersetzt wird; die tiefer gehenden Verunreinigungen machen erst nach einer Reihe von Jahren eine Erneuerung, bezw. Reinigung des ganzen Filters nöthig.

Die Wassermenge, welche man in einem Tage wirksam zu filtriren im Stande ist, wird von der Menge und Beschaffenheit der im Wasser enthaltenen Verunreinigungen, von der Länge der Betriebsdauer des Filters und von der Feinheit (dem Korn) des Filterandes abhängen. Für mittlere Verhältnisse rechnet man 1,5 bis 3,0 cbm filtrirtes Wasser für 1 qm Filterfläche und für 24 Stunden; dabei ist zu beachten, dass eine langsamere Filtration die wirksamere ist. Die durch fortgesetzten Betrieb auf der Sandfläche abgelagerten Rückstände erschweren mit der Zeit das Durchsickern derart, dass selbst beim höchsten zulässigen Ueberdrucke von 1 m (Höhenunterschied der Wasserpiegel vor und nach der Filtration) die erforderliche Wassermenge nicht mehr zum Durchflus gelangt. Es muss dann das Filter entweder entleert und gereinigt oder, indem man Wasser durch das Filter in entgegengesetzter Richtung aufsteigen lässt, die Schmutzdecke gehoben und wieder durchlässiger gemacht werden. Letzteres Verfahren empfiehlt sich dann, wenn in Folge der Feinheit des Filterandes die Verchlämmung des Filters schon nach kurzer Betriebszeit eintritt. Sämmtliche Klär- und Filter-Anlagen sind aufser dem Zu- und Ablauf mit Ueberlauf- und Entleerungsleitungen zu versehen.

<sup>274</sup>) Siehe: KIRKWOOD, J. P. Filtration des Flusswassers. Hamburg 1876.

GRAHN, E. & F. A. MEYER. Reifebericht über künstliche und centrale Sandfiltration. Hamburg 1877.

Die Filtration mittels Sand in dazu bestimmten Behältern kommt nicht nur für städtische Wasserverföhrungen im Großen zur Anwendung, sondern wird auch in kleinerem Maßstabe für einzelne Gebäude und Gebäudegruppen durchgeführt, welche, wie z. B. häufig Bade-Anstalten etc., ihr Wasser unmittelbar aus dem nächst gelegenen Flusse beziehen.

Bei günstiger Beschaffenheit der Ufer an offenen Gewässern, insbesondere, wenn der Untergrund aus Kies und Sand besteht, gelingt es sehr häufig, durch Anlage von Filter-Galerien dem Ufer entlang das Wasser durch natürliche Filtration zu reinigen. Man wählt in solchem Falle die zur Flusssaxe convexen Ufer, weil an diesen bei hohen Wasserständen etwa von früher aufgelagerter Schlamm abgspült, vom Flusse weggeführt und durch reineres Material ersetzt wird.

Eine chemische Reinigung des Wassers zu Wasserleitungszwecken an feiner Bezugsquelle wird nur in ganz besonderen Fällen vorgenommen werden, z. B. bei Färbung des Wassers durch organische Stoffe, wie dies bei Wassern aus Torfgebenden häufig der Fall. Hier genügt — nachdem das Wasser genügend filtrirt ist — ein geringer Alaunzusatz, um die Farbstoffe auszuscheiden. Andere Mittel für chemische Reinigung, als da sind: plastische Kohle, Eisenschwamm etc., kommen meist nur bei der Hausfiltration zur Anwendung und werden in Art. 428 abgehandelt.

Wasser aus Seen und größeren Teichen kann, wenn in genügender Tiefe unter dem Wasserspiegel (10 bis 20 m) entnommen, ohne künstliche Filtration unmittelbar verwendet werden; es ist in der Regel sehr gut, auch hell und zeigt in der angegebenen Tiefenlage keine erheblichen Temperaturschwankungen.

Die Städte Zürich und Genf beziehen schon lange (die letztere Stadt seit mehreren Jahrhunderten) Trink- und Brauchwasser aus den nahe gelegenen Seen. Genauere chemische und mikroskopische Untersuchungen von Seewasser, welche in beiden Städten vorgenommen wurden, haben erwiesen, dafs dasselbe vor allen anderen in der Nähe und in genügenden Mengen erhältlichen den Vorzug verdient <sup>275)</sup>.

Handelt es sich darum, einen nicht zu Tage tretenden, aber durch verschiedene Kennzeichen ermittelten Grundwasserstrom für die Wasserverföhrung von Gebäuden oder Gebäudegruppen dienstbar zu machen <sup>276)</sup>, so bedient man sich zu diesem Zwecke entweder der lothrechten Brunnen oder der wagrechten Sammel-Anlagen, unter Umständen auch einer gemeinsamen Verwendung beider. Bei Entnahme aus Grundwasserströmungen, wie sie in den Alluvionen der deutschen Flufsgebiete sehr häufig angetroffen werden <sup>277)</sup>, ist die Anwendung lothrechter Brunnen fast ausnahmslos üblich. Handelt es sich dagegen um Fassung ausgedehnter Wasserströmungen über undurchlässigen Schichten im festen Gebirge, so ist die Abfassung der verfügbaren Grundwasser meist vollkommener und leichter mit wagrechten, bezw. der Lage der undurchlässigen Schicht folgenden Sammel-Anlagen durchführbar.

Unter den lothrechten Brunnen sind die bekanntesten jene kreisrunden gemauerten Schächte, welche ca. 1,5 bis 2,0 m in den Wasserstand des Untergrundes abgeseukt werden. Die innere Weite dieser Brunnen beträgt meistens 1 m und darüber; keinesfalls sollte sie weniger als 0,8 m betragen. Sie werden entweder auf einem hölzernen, am unteren Ende mit schmiedeeisernem Schuh versehenen Kranze oder Roste (Schling) oder, bei größeren Lichtweiten, auf schmiedeeisernem, mit Beton ausgegossenem Roste (Fig. 342) wasserdicht oder mit offenen Fugen aufgemauert, je nachdem man das Untergrundwasser nur aus der Sohle oder aus Sohle und Seitenwänden in den Schacht eintreten lassen will.

<sup>275)</sup> Siehe: HAHN, Ch. *Études sur les principales eaux potables du canton de Genève*. Genf 1883.

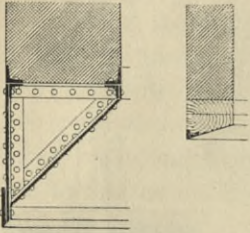
Die Wasserverföhrung von Zürich und ihr Zusammenhang mit der Typhus-Epidemie des Jahres 1884. Zürich 1885.

<sup>276)</sup> Siehe: DUPUIT, J. *Traité de la conduite et de la distribution des eaux*. 2. Aufl. Paris 1865. S. 27.

<sup>277)</sup> Siehe: LUEGER, O. *Theorie der Bewegung des Grundwassers in den Alluvionen der Flufsgebiete*. Stuttgart 1883.



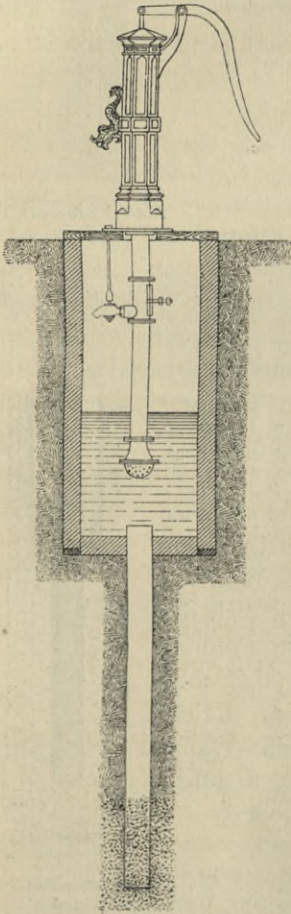
Fig. 342.

Brunnenkränze. —  $\frac{1}{40}$  w. Gr.

eine Reihe im Kreise gestellter kleiner Brunnen ersetzt. Bei geringen Abfenkungstiefen sind sie dagegen heute noch das einfachste und auch dauerhafteste Mittel zur Wassergewinnung.

Die Verfenkung dieser Brunnen erfolgt entweder durch Ausgraben unter dem Roste, wobei das Brunnenmauerwerk beschwert und dadurch ein Abrutschen des

Fig. 343.

Röhrenbrunnen mit Saugschacht.  
 $\frac{1}{60}$  w. Gr.

Die Lichtweite des Brunnens übt einen geringeren Einfluss auf die Wassergiebigkeit aus, als man in der Regel annimmt<sup>278)</sup>. Wenn z. B. in bekanntem Grundwasserträger ein Brunnen von 3<sup>m</sup> Weite 40 Secundenliter Wasser bei 2<sup>m</sup> Abfenkung des Wasserpiegels ergibt, so liefert im gleichen Träger bei gleicher Abfenkung und unter sonst gleichen Umständen ein 1<sup>m</sup> weiter Brunnen nach theoretischen Ermittlungen 33 Secundenliter, also nur ca. 18 Procent weniger etc. Innerhalb enger Grenzen wird man deshalb mit Vergrößerung der Lichtweite meist wenig erreichen; dagegen vermehren sich die Kosten der Ausführung mit Zunahme der Lichtweite sehr bedeutend, und dies ist der Grund, weshalb in neuerer Zeit, insbesondere wenn es sich um Wasserentnahme aus großen Tiefen handelt, größere gemauerte Brunnen wenig mehr zur Anwendung gelangen. Sie werden durch

Brunnen bewirkt wird (während des Ausgrabens muss in diesem Falle das Wasser fortgepumpt werden); oder man bewirkt eine Unterhöhnung unter dem Roste mit der Bagger-schaufel, der Sandpumpe, dem Sackbohrer etc.<sup>279)</sup>.

In den Brunnen mündet die Saugröhre der Pumpen-Anlage.

In neuerer Zeit wird häufig von einer Mauerung des Brunnens ganz abgesehen oder doch der gemauerte Theil desselben auf einen kleinen, unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegenen, wenig tiefen Kessel beschränkt, der eigentliche Brunnenschacht jedoch durch eiserne Röhren verwahrt (Fig. 343). Derartige Röhrenbrunnen finden eine immer größere Verbreitung, und dieselben dürften für größere Tiefen in nicht zu steinigem Boden, ferner in Fällen, in welchen man das Wasser der oberen stark verunreinigten Bodenschichten abhalten will, in der nächsten Zeit eine nicht unwichtige Rolle spielen. An richtiger Stelle angewendet, bilden Röhrenbrunnen den gemauerten Brunnen gegenüber eine einfachere, rationellere und meist auch billigere Wassergewinnungs-Anlage, so dass deren Verwendung empfohlen werden kann.

Zu den einfachsten und schon seit längerer Zeit in Anwendung befindlichen Röhrenbrunnen gehören die abessinischen. Je nach der Art des Eintreibens der Röhre solcher Brunnen unterscheidet man Schraubbrunnen und Rammbrunnen.

Bei den Schraubbrunnen wird eine schmiedeeiserne Röhre von 30 bis 80 mm Weite, welche an ihrer Spitze mit Schraubengängen und einer Anzahl Löcher zum Eintritt des Wassers versehen ist, bis in die wasserführende Schicht eingeschraubt. Gestattet die Bodenbeschaffenheit das Eindrehen einer solchen Röhre nicht, so wird dieselbe in den

401.  
Röhren-  
brunnen.

<sup>278)</sup> Siehe: FORCHHEIMER, PH. Ueber die Ergiebigkeit von Brunnen-Anlagen und Sickererschlitzen. Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover 1886, S. 539.

<sup>279)</sup> Siehe hierüber das in Theil III, Bd. 1 (Abth. II: Fundamente) dieses »Handbuchs« Gefagte.

Boden eingerammt; das unterste Röhrenstück ist alsdann mit einer kulpigen Stahlspitze und oberhalb derselben mit Löchern versehen; wenn man auch mit derartigen Röhren Felsen oder gewachsene feste Steinschichten nicht durchdringen kann, so gelingt dies doch in sehr festen Bodenarten. Befestigt man auf dieser Röhre eine kleine Handpumpe, so sind alle Bedingungen der Wasserentnahme erfüllt (Fig. 344). Durch einen angeschraubten Schlauch, bezw. eine Röhrenleitung, kann die Weiterförderung oder die Hebung des Wassers bewerkstelligt werden. Ist die Ergiebigkeit der Brunnenröhre eine große, so kann dieselbe ohne Weiteres als Saugröhre einer größeren, durch mechanische Kräfte bewegten Pumpenvorrichtung dienen.

Solche abessinische Brunnen können ganz besonders leicht in kieseligen und lehmigen Untergrund geschlagen, bezw. eingedreht werden, vorausgesetzt daß im letzteren keine sehr große Steine (Wacken, Findlinge) vorhanden sind. In sehr feinem Sande (Triebfand, Flugfand) eignen sie sich nicht, weil dieser Sand durch die Löcher der Röhre zur Pumpe gelangt; in solchem Material und wenn es sich um Entnahme aus großen Tiefen handelt (Abessinier kann man bis zu 30 m abtreiben), werden Röhrenbrunnen mit Filterkörben angewendet.

Ein wesentlicher Unterschied bei den Röhrenbrunnen mit Filterkörben an dem unteren Ende besteht darin, ob unmittelbar aus dem Röhrenbrunnen von den Pumpen aus angefaugt wird oder ob man in den fertigen Röhrenbrunnen noch eine besondere Saugröhre einhängt, wie in einen gewöhnlichen gemauerten Brunnen-schacht.

Bei Röhrenbrunnen der ersteren Art ist ein Saugwindkeffel unentbehrlich, um gleichmäßigen Zufluß zu erzielen; im anderen Falle bedarf es dessen nicht. Die Herstellung solcher Röhrenbrunnen (Fig. 345) geschieht im Allgemeinen so, daß zunächst eine Bohrschale, welche je nach der Weite derselben von Schmiedeeisen oder Gufseisen ist (gufseiserne von 400 mm aufwärts), durch die wasserführende Schicht getrieben wird. Ist dieselbe bis an die Stelle abgetrieben, an welche man den tiefsten Theil des Filterkorbes verletzen will, so wird die Bohrschale, nachdem der Filterkorb abgelassen worden, wieder aufgezogen; der Sand legt sich alsdann dicht an die Metall-Gaze, mit welcher der Filterkorb übersponnen ist, an, und es kann, so fern die Fäden der Metall-Gaze nahe genug an einander liegen, auch der feinste Flugfand von dem Eintritte in den Brunnen abgehalten werden. Ein am unteren Theile der Bohrschale angebrachter Bund *B*, angepaßt an einen entsprechenden Rand unterhalb des Bügels am Filterkorb, hält den letzteren fest und verhindert das Eintreten von Sand in den eigentlichen Brunnen, aus welchem mit der Saugröhre *S* Wasser entnommen werden kann<sup>280</sup>).

In manchen Fällen stehen Grundwasserströmungen, welche zwischen zwei undurchlässigen Schichten verlaufen, unter verhältnißmäßig hohem Drucke und heißen dann artesischen Strömungen. Wird ein Bohrloch in den Träger einer solchen Strömung eingetrieben, so stellt sich das Wasser in der Bohrschale genau auf jene Höhe, welche der Pressung an der von ihr berührten Stelle in der artesischen Strömung (als Ueberdruck über den atmosphärischen Druck gemessen) entspricht. Reicht die Bohrschale nicht bis zu dieser Höhe hinan, so fließt das Wasser an derselben über. Erfolgt der Ueberlauf über Terrainhöhe, so pflegt man die Erscheinung einen artesischen Brunnen zu nennen.

Es ist stets rathsam, vor Inangriffnahme eines artesischen Brunnens einen anerkannten tüchtigen Geologen zu berathen, welcher wenigstens ungefähr die Lage der wasserführenden Schicht kennt. Das Erbohren des Wassers geschieht in ganz gleicher Weise, wie bei jeder anderen Bohrung; eine Verrohrung des Bohrloches ist in allen Fällen gut, um Nachstürze zu vermeiden. Die von den artesischen Brunnen, besonders aus großen Tiefen, gelieferten Wasser sind in der Regel als Nutzwasser zu hart und als Trinkwasser zu warm, weshalb auch diese Methode der Wasserversorgung in der neueren Zeit weniger beliebt geworden ist. Es

Fig. 344.

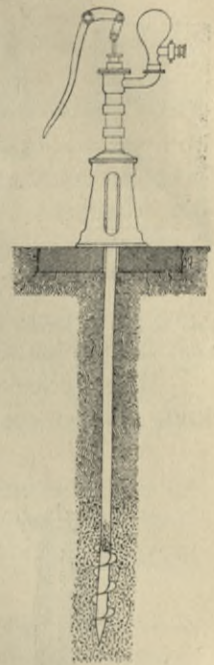
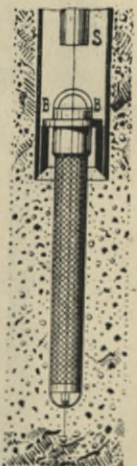
Abessinier-Brunnen.  
1/60 w. Gr.

Fig. 345.

Röhrenbrunnen  
mit Filterkorb.  
1/50 w. Gr.<sup>280</sup>) Ueber Saugkörbe für Röhrenbrunnen siehe: D. R.-P. Nr. 16394, 23245, 33824.

werden jedoch fortwährend noch artefische Brunnen erbohrt, und es giebt sehr viele Gegenden, in welchen artefische Strömungen wahrscheinlich, bezw. nachgewiesen sind.

Zur Bestimmung der dauernden Ergiebigkeit eines Brunnens, gleich viel welcher Art, ist die unausgesetzte Entnahme grösserer Wassermengen und die Beobachtung der Wirkung dieser Entnahme auf den Wasserstand im Brunnen nothwendig; gleichzeitig soll ein in der Nähe des Brunnens befindlicher Grundwasserstand, welcher von der Entnahme nicht mehr beeinflusst ist, beobachtet werden. Findet ein fortwährendes Sinken des Wasserstandes im Brunnen statt, welches rascher als das Sinken des unabhängigen Grundwasserstandes vor sich geht, oder zeigt sich dieses Sinken, während sich der unabhängige Grundwasserstand hebt, so vermag der Brunnen die ihm versuchsweise entnommene Wassermenge auf die Dauer nicht zu liefern. Senkt sich dagegen der Wasserstand im Brunnen auf ein bestimmtes Niveau und schwankt sodann bei fortwährender Entnahme wenig und überhaupt nur übereinstimmend mit dem unabhängigen Grundwasserstande, so darf die Möglichkeit einer dauernden Entnahme dieser Art und Grösse als wahrscheinlich angenommen werden. Sicherheit darüber erhält man erst nach Ablauf einer längeren Reihe von Jahren.

403.  
Ergiebigkeit  
der  
Brunnen.

Es soll in der Regel der Wasserstand eines Brunnens höchstens 2 bis 3<sup>m</sup> unter die Gleichgewichtslage abgesenkt werden.

Soll der Brunnen nur eine Gebäudeanlage versorgen, so achte man darauf, dass derselbe weder durch Abwasser, noch durch Aborte, Abort- und Kehrtrichtergruben etc. verunreinigt werde. Ist die wasserführende Schicht nicht sehr tief unter der Bodenoberfläche, so muss der Brunnen möglichst entfernt von diesen Anstalten an einen Ort verlegt werden, welcher voraussichtlich auch in späteren Zeiten von jeder Verunreinigung ausgeschlossen bleibt; auch muss dieser Ort so gelegen sein, dass die Richtung des Grundwasserstromes nicht von den genannten Anstalten gegen ihn, sondern umgekehrt verläuft. In der Regel werden die Brunnen in dem zum betreffenden Gebäude gehörigen Hofraume, Garten etc. angeordnet; bisweilen legt man jedoch den Brunnen im Gebäude selbst an, an einer passenden Stelle des Keller- oder Erdgeschosses, wodurch man die Brunnenröhre gleichzeitig gegen Einfrieren schützt und das Eindringen von Tagwasser und unreinem Wasser der oberen Erdschichten abwehrt<sup>281)</sup>.

404.  
Lage  
der  
Brunnen.

Gegen Frost und Hitze, so wie gegen das Eindringen von Licht sind die Brunnenschächte oder Brunnenröhren sorgfältig zu verwahren.

Die Strömungsrichtung des Grundwassers ermittelt man durch eine Reihe von Probegruben und Bohrungen (mindestens drei); man verbindet die erhaltenen Wasserstände auf der Karte durch Horizontalcurven, d. h. man sucht die Wasserstände gleicher Höhe auf. Die Strömungsrichtung steht sodann senkrecht gegen diese Curven, und ihr Zeiger geht von der höher nach der tiefer gelegenen.

Brunnenanlagen sind unvortheilhaft, sobald der aufzuschliessende Grundwasserstrom in nicht grosser Tiefe unter der Bodenoberfläche verläuft und der Träger des Grundwassers von letzterem auf nur verhältnissmässig geringe Höhe über der undurchlässigen Schicht erfüllt wird (bei im Uebrigen grösserer Ausdehnung des Stromes senkrecht zu seiner Strömungsrichtung). Da man in solchem Falle gegen den Brunnen hin einen verhältnissmässig kleinen Durchflussquerschnitt hat und die Geschwindigkeit in demselben anlässlich der begrenzten Absenkungsmöglichkeit nicht erheblich steigern kann, ist eine grosse Anzahl von Brunnen erforderlich, um dasselbe zu leisten, was eine senkrecht auf die Strömungsrichtung angelegte, unmittelbar wirkende und auf

405.  
Sammelschlitze  
und  
-Galerien.

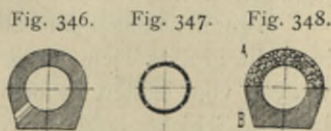
<sup>281)</sup> Siehe: ROLLET, J. *Influence des filtres naturels sur les eaux potables*. Lyon 1882.

der undurchlässigen Schicht gegründete Sammel-Anlage vollbringt. Die Wirkung der letzteren ist unbedingt sicher und in diesem Falle, wie auf Grund von Kostenvergleichen sich jederzeit nachweisen lassen dürfte, auch wirtschaftlich vortheilhafter, als die Herstellung einer Reihe von Brunnen. Stollen, Sammel-Galerien, Sammelröhren, Dohlen, Drains und Sickerungen werden in folchem Falle Brunnen vorzuziehen sein.

Sehr häufig kommt es vor — und zwar nicht nur im festen Gebirge, sondern eben sowohl in den Alluvionen der Flußgebiete — daß der Grundwasserstrom nicht gleichmäßig, sondern vorzugsweise in einzelnen, theils mit einander in Verbindung stehenden, theils von einander getrennten Adern verläuft, welche gewissermaßen die von der Natur angelegte Drainage der Alluvion oder des Gebirges vorstellen. Ausnahmslos ist dies bei Felsgebirgen der Fall, in welchen das Grundwasser über der undurchlässigen Schicht in den Spalten und Klüften des überlagernden Gebirges fließt; die verschiedenen Stränge vereinigen sich dann entweder an einer oder mehreren Stellen, gegen welche die undurchlässige Schicht von allen Seiten Gefälle hat, oder sie bilden eine Reihe von Quellen, wenn die undurchlässige Schicht ganz oder nahezu eben und wagrecht verläuft (Spaltenquellen und Schichtenquellen). Derselbe Fall tritt auch häufig bei Alluvionen ein, insbesondere wenn die Geschiebe und Gerölle der letzteren mehr oder weniger thonige Beimengungen enthalten, in welchen einzelne Stränge oder lang gestreckte Nester reineren Materials (Kiesadern) eingelagert sind. In diesen Kiesadern bewegt sich das Grundwasser leichter, als im übrigen Theile der Alluvion, und, da die einzelnen Adern durch weniger durchlässige Zwischenlagerungen getrennt sind, wird ein an beliebiger Stelle eingelassener Brunnen stets einen kleinen Wirkungskreis haben; überdies ist man nie sicher, ob nicht bei einer größeren Zahl von Brunnen zwischen zwei derselben Grundwasser durch eine Kiesader, welche weder von dem einen noch dem anderen Brunnen einbezogen wird, entweicht. In solchen Fällen wird man nur durch das Aufschlitzen eines Grabens, senkrecht zur Strömungsrichtung und abgetrieben bis zur undurchlässigen Schicht, alles vorhandene Wasser gewinnen können.

Dies sind die wesentlichsten Gründe, welche zur Wahl von wagrechten Wassergewinnungs-Anlagen bestimmen; selbstverständlich können wir, bei den der Ausdehnung dieses Kapitels gesetzten Grenzen, hier den ganzen Gegenstand nicht so ausführlich behandeln, um alle Fälle aufzuzählen, in welchen lothrechte Brunnen nicht rathsam sind und in welchen Fällen man zu einer Verbindung beider Fassungs-möglichkeiten greifen muß.

Die einfachsten Sammel-Anlagen sind auf der undurchlässigen Schicht lose an einander gelegte kurze Thonröhren (fog. Drains). Das Wasser tritt durch die Stoszfugen zwischen je zwei Röhren ein. Solche Drains sind sodann bei besseren Anlagen durch in einander gefügte Sammelröhren von Thon, Cement oder Gufseisen ersetzt, deren Wandungen durchbohrt sind, wie in Fig. 346 u. 347, oder durch solche, deren oberer Theil *A* (Fig. 348) eine Reihe von Zwischenräumen enthält, durch welche Wasser eindringen kann. Röhren letzterer Art werden nur aus Beton und so hergestellt, daß über einen wasserdichten Sarg *B* eine Haube aus Kieselsteinen, welche in einen feinen Cementmörtel eingetaucht waren und noch so viel Ueberzug hiervon bewahrten, um nach dem Trocknen an einander zu haften, gesetzt wird. Auch legt man manchmal kleine Dohlen aus Backsteinen mit 18 bis 20 cm Breite und von ca. 30 bis 40 cm Höhe an, welche an der gegen die Strömung stehenden Wand Schlitzöffnungen haben und durch Backsteine abgedeckt sind. In Gegenden, in welchen man mehr Bruchsteinmauerwerk anwendet, werden ähnliche Dohlen aus Bruchsteinen mit Bruchsteindeckplatten hergestellt; ihre Construction ist allgemein bekannt, und die Abmessungen richten sich nach dem zur Verfügung stehenden Materiale und den Bedingungen für die Durchleitungsfähigkeit der Dohle.



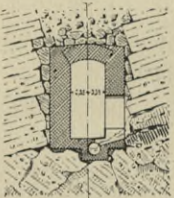
Wagrechte Sammel-Anlagen.  
1/100 w. Gr.

Alle diese Anlagen werden nach Fertigstellung zugedeckt und sind ungangbar, auch nicht schlupfbar. Um nachsehen zu können, ob in denselben sich Alles in Ordnung befindet, empfiehlt es sich, Einsteige-fächte anzulegen, zwischen welchen der Sammelfrang eine geradlinige Axe hat. Man kann in diesem Falle dann durch Vorhalten eines Lichtes den Strang durchsehen und erforderlichenfalls mit Hilfe einer Röhrenbürste reinigen oder, wenn er eingebrochen fein foltte, wenigstens leicht die Stelle ermitteln, an welcher eine Reparatur vorgenommen werden muß.

Besser, aber theurer ist es, statt dieser Drainagen durch Röhren begehbare Sammel-Galerien oder -Stollen anzulegen. Solche Galerien werden stets am Platze sein, wenn man durch bergmännischen Vortrieb das Wasser zu gewinnen veranlaßt ist oder wenn es die Vorsicht erheischt, eine allerwärts zugängliche Anlage zu errichten.

Eine begehbare Sammel-Galerie sollte eine lichte Höhe von 1,6 bis 2,0 m und eine lichte Breite von mindestens 0,7 m haben; anderenfalls ist sie sehr unbequem. Auf der Sohle derselben bleiben entweder zwei Bankette stehen, und der Wasserlauf ist in der Mitte, oder man legt ein breiteres Bankett an der Seite der Galerie an, welche dem Eintritte des Grundwassers gegenüber liegt. Die erstere Anordnung ist für die Befichtigung bequemer. Noch besser ist jene Anordnung, bei welcher die abgeleiteten Quellwasser in besonderer Führung laufen, wie dies bei der ca. 2 km langen Quellenfassung der Stadt Baden-Baden der Fall ist. Die Galerien (Fig. 349) sind 0,7 m breit und 1,6 m hoch.

Fig. 349.



Begehbare Sammel-Galerie.  
1/150 w. Gr.

An jeder Stelle, bei welcher eine stärkere Quelle hervortritt, ist in die südliche Stollenwand eine Nische eingelegt und die zur Sammlung des Quellwassers dienende Cementröhre gegen diese Nische von Wasserspiegelhöhe an geöffnet. Kleinere Quellenfäden sind in Thonröhren entlang der südlichen Stollenwand gefammelt und der nächsten Nische zugeführt. Die Sohle der Sammel-Galerie ist in so fern ganz außer Verbindung mit der eigentlichen Quellenfassung, als sämtliche im Stollen selbst abtropfende Gewässer sich auf derselben gegen die Einsteigekammern fortbewegen und dort versinken, nirgends aber eine Verbindung mit dem gefammelten Quellwasser erreichen können. An den Nischen liegt zur Erreichung der Isolirung ein gußeiserner Winkel, der genau in die Stollenfohle eingepaßt und an der Stollenwand befestigt ist. Da die Gebirgsformation ein gleichmäßiges Gefälle der Stollenfohle nicht zulieft, entstanden im Längenprofil Gefällbrüche, zwischen welchen selbstverständlich die Röhrenweite der Sammelröhren wechselt; es befinden sich an allen solchen Gefällbrüchen Einsteigekammern mit kleinen Behältern, in welchen der Uebergang von einer Gefällstrecke zur anderen vermittelt wird. Die Behälter bilden Sandfänge für das von den Felsen gelöste und vom Wasser beigefchwemmte Gestein. Diese Einsteigekammern sind in Fig. 350 u. 351 dargestellt. Als Zugangsstellen zur Sammel-Galerie

Fig. 350.

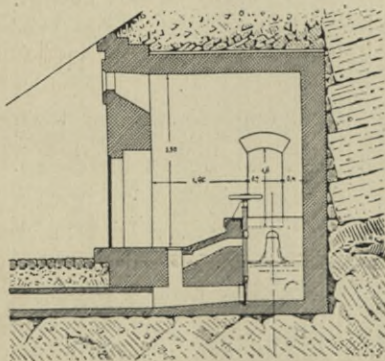
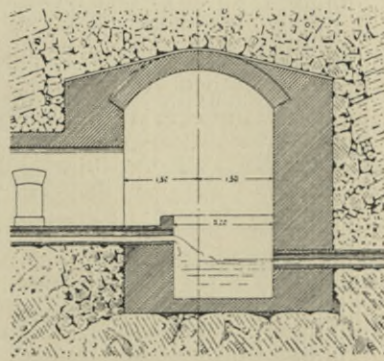


Fig. 351.



Einsteigekammern. — 1/150 w. Gr.

erfüllen sie noch den weiteren Zweck gründlicher Ventilation der letzteren. In Höhe der Oberkante der unteren Abflußröhre befindet sich in jeder Kammer der Ueberlauf für den Wasserbehälter; der Leerlauf-Canal ist durch einen Schieber vom Wasserbehälter abgESPerrt und mündet in den Wald aus. In denselben Leerlauf müssen sich alle auf der Stollenfohle beigetragenen Wasser durch das im Vorplatz angebrachte Sturzloch S ergießen. Der Leerlauffchieber kann mit einem Handrade in der Kammer gestellt werden, so daß die Reinigung des Behälters jederzeit leicht erfolgen kann; Spindel und Sitzflächen sind von Bronze hergestellt.

Jede Kammer ist durch eine Doppelthür verchlossen und durch eine Rosette gelüftet; die Lüftungen wirken gleichzeitig für die ganze Sammel-Anlage und erhalten die Luft in den Galerien stets rein. Die Gewölbe sind überall mit Isolirsichten überzogen, wodurch das Eintropfen von Wasser thunlichst verhindert wurde. Die größte Länge einer Galeriestrecke zwischen zwei Zugängen beträgt etwa 200 m. Zu den Eingängen der Kammern, deren Bodenfläche 6 bis 8 m unter Terrain, führt von aussen ein in den Felsen gesprengter Einschnitt mit abgepflasterter Sohle, in welchem auch die Leerlauföhre liegt.

Bei der Anlage von Sammel-Galerien etc. wird sehr häufig der Fehler gemacht, daß man die Einsteigegschächte unmittelbar über dem offenen Reinwasser-Canal anbringt; durch die Schachtdeckel, welche nie dicht abschließen und in der Regel für das Einstecken des Schlüssels durchlocht sind, können in folchem Falle Unreinigkeiten aller Art, insbesondere aber Schmutzwasser, zum Quellwasser gelangen. Die Einsteigegschächte sollten daher stets feitlich des Reinwasser-Canales gelegt, besonders entwässert und durch Zwischenwände vom Reinwasser-Canal geschieden werden.

406.  
Sickerungen.

Befindet sich in einem wasserführenden Boden das Grundwasser sehr nahe unter der Bodenoberfläche und sind besonders lange Gräben zur Auffchließung erforderlich, so werden die letzteren auch häufig offen angelegt oder als Sickerungen behandelt, in welchem letzterem Falle man durch Einlage von Steinen etc. künstlich eine Einrichtung schafft, die ähnlich wirkt, wie eine in thoniger Alluvion eingelagerte Kiesader. In allen diesen Fällen hat man mit großer Sorgfalt darauf zu achten, daß die Sammel-Anlage allen äußeren Einflüssen (Verunreinigungen etc.) entzogen wird.

Die Gewinnung von Dünenwasser ist ein besonderer, hierher gehöriger Fall, hinsichtlich dessen wir auf die unten genannte Quelle<sup>282)</sup> verweisen.

407.  
Wahl  
der  
Fassungsorte.

In vielen Fällen hat man die Wahl zwischen Seewasser, Flußwasser, Grundwasser und Wasser aus Quellen; es entsteht sodann die Frage, welche Art der Versorgung man wählen soll. Eine Zeit lang wurden auch von fachverständiger Seite in erste Reihe Quellwasser, in zweite Grundwasser und in dritte Reihe die übrigen Wasserarten gestellt und die Regel befolgt: erst dann, wenn nachgewiesen ist, daß Quellwasser nicht oder nicht in genügender Menge zu haben, ist auf Grundwasser und erst Mangels an Grundwasser auf andere Wasserarten zu greifen<sup>283)</sup>. Man hat dabei den wesentlichsten Factor, die Kosten der Anlage, nicht vergessen, aber doch sehr zurücktreten lassen.

Heute stellt man zwar die gleichen Anforderungen an die Beschaffenheit des Wassers, wie früher, d. h. man verlangt, daß dasselbe klar, farblos und geruchlos und nach feinen chemischen und gesundheitlichen Eigenschaften gutes Trinkwasser sei; sind aber diese Bedingungen erfüllt, so spielt neben denselben die Herkunft des Wassers keine wesentliche Rolle mehr.

Steht eine städtische Wasserversorgung zur Verfügung, so werden sowohl einzelne Gebäude, als auch Gebäude-Complexe sich stets am besten an diese Anlage anschließen; doch wird auch hier für den Fall, daß es leicht möglich wäre, eine selbständige Versorgung zu errichten, durch annähernden Kostenvergleich zu ermitteln sein, was das Billigere ist.

Ist eine selbständige Versorgung die einzige Möglichkeit, so wird in vielen Fällen zu erwägen sein, ob künstliche Wasserhebung oder Wasserbezug aus Cisternen, Quellen etc. das Billigere ist. Bei der künstlichen Wasserhebung spielt der Betriebsaufwand die Hauptrolle; die jährlichen Kosten für diesen Aufwand sind zu kapitalisieren und zum Bauaufwand für die Leitung zuzuschlagen, um eine Vergleichsumme zu erhalten. Kann die Wasserhebung durch Personal erfolgen, welches für andere Zwecke

<sup>282)</sup> SCHMITT, E. Ueber Dünen-Wasserversorgung einiger holländischen Städte. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 515.

<sup>283)</sup> Siehe: GRAHN, E. Berechtigte Ansprüche an Wasserversorgungen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1876, S. 501.

ohnehin gehalten werden muß, so daß für solche Leute die Wasserrförderung eine Art Nebenbeschäftigung bildet, so werden als Betriebsaufwand nur die Unterhaltungskosten für die Pumpen etc. in der Rechnung erscheinen.

Bei der künstlichen Wasserhebung (insbesondere mit Wasser- und Dampfkraft) ist zu beachten, daß mit der gleichen Betriebsmaschine auch andere im Haushalte nöthige Geschäfte unter Umständen verrichtet werden; in solchen Fällen dürften die aus dem Betrieb der Kraftmaschine für die Wasserverforgung entstehenden Kosten meist sehr geringfügiger Natur sein.

Steht es in Frage, ob aus demselben Lieferungsgebiete künstliche Hebung oder Zuleitung unter natürlichem Drucke zweckmäßiger ist, was manchmal vorkommt, z. B. bei Entnahme aus Alluvionen in stark fallenden Flufsthälern, so ist, wie folgt, zu verfahren. Man legt durch die Höhe des Ueberlaufwasserspiegels im Behälter, von welchem aus die Wasservertheilung für den Gebäude-Complex erfolgt, eine Wagrechte und sucht den Schnitt derselben im Flufsthale mit dem daselbst vorhandenen Grundwasserspiegel. Ist die Entfernung dieses Schnittpunktes vom Behälter gleich  $g$ , so liegt in der weiteren Entfernung  $\frac{g}{5}$  flussaufwärts eine Stelle, an welcher die Wasserrfassung angelegt werden muß, wenn die Zuleitungskosten thunlichst geringe werden sollen. Sind dann diese Kosten größer, als der kapitalisirte Betriebsaufwand und die Einrichtungskosten für künstliche Hebung, so ist die letztere vorzuziehen und umgekehrt. Selbstverständliche Voraussetzung ist, daß die Wasserrgewinnung eben so einfach oberhalb des Verforgungs-Objectes im Flufsthale, als in unmittelbarer Nähe (bei Anlage einer Pumpstation) hergestellt werden kann.

## 15. Kapitel.

### Zuleitung und Vertheilung des Wassers.

Ist eine einzige Quelle vorhanden oder ist das Wasser von mehreren Quellen nach einem einzigen Punkte geführt oder kann die Entnahme von der Abzweigung einer bestehenden Wasserverforgung aus erfolgen, so beginnt hier die Zuleitung zu dem Gebäude oder der Gebäudegruppe. Man wird für die Zuleitung entweder eine offene oder eine geschlossene Leitung und den kürzesten Weg zum Verforgungs-Objecte wählen. Aus Rücksichten für die Sicherheit der ununterbrochenen Wasserverforgung statt einer einzigen Zuleitung eine doppelte zu nehmen, empfiehlt sich nicht, insbesondere dann nicht, wenn bei etwaigen Störungen an der Zuleitung dem Verforgungs-Objecte durch einen Behälter der Wasserbezug dennoch für einige Zeit gesichert ist.

Verbindet man den Punkt der Wasserentnahme mit dem im Verforgungs-Objecte anzulegenden Wasserbehälter oder, wenn ein solcher überflüssig, mit dem Beginn der Hausleitung durch eine gerade Linie, so würde dies der kürzeste Weg für die Zuleitung sein. Es ist deshalb vor allen Dingen zu untersuchen, ob man nicht in der Lage ist, diese kürzeste Linie zu verfolgen. In den meisten Fällen wird dies nicht möglich sein; dann muß der richtige Weg entweder rechts oder links dieser Linie liegen. Die Untersuchung hat sich deshalb in zweiter Reihe mit der Beantwortung der Frage zu befassen, ob die Lage der Leitung rechts oder links der genannten Geraden zu wählen sei. Für diese Wahl können außer dem Kostenpunkte besondere Rücksichten entscheidend sein, welche sich einer allgemeinen Besprechung entziehen, z. B. das Verbot der Benutzung fremder Grundstücke, die Schwierigkeit fachgemäßer Röhrenlegung in fumpfigem oder felsigem Boden, die Umgehung von Ueberbrückungen oder Unterfahrungen von Flüssen etc.

Hat man bei Zuleitung von Quellen, überhaupt bei selbständiger Verforgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe, eine Trace fest gestellt, so entscheidet das Längenprofil derselben, ob eine Druckleitung oder eine offene Leitung angelegt werden muß. Meistens sind beide Arten von Leitungen möglich; nur

ist manchmal die eine zweckmäßiger, als die andere. Man legt die offene Leitung, wenn die Gefällsline im Abtrage geht, in einen Einschnitt; geht sie im Auftrage, so muß sie auf einen Unterbau gelegt werden. Die Druckleitung dagegen kann man ganz beliebig legen, wenn man die höchsten Punkte entlüftet und vermeidet, daß die Preßung innerhalb der Druckröhre unter die atmosphärische sinkt. (Vergl. auch Art. 423.)

Gerinne aus Mauerwerk, Cementröhren, Thonröhren etc., in welchen das Wasser ohne innere Preßung fließt, haben im Allgemeinen vor den meist gußeisernen, jedenfalls aus Metallröhren hergestellten Druckleitungen den Vorzug, daß das in denselben fließende Wasser reiner bleibt, daß man sie leichter zugänglich machen und reinigen, so wie, daß man sie mit sehr wenig Gefälle und meist mit geringerem Herstellungsaufwande bauen kann und daß für die Haltbarkeit solcher Anlagen Erfahrungen von Jahrtausenden vorliegen, während man bei Metallröhren aus verschiedenen Gründen annehmen muß, daß ihre Dauer nur eine beschränkte sein wird.

Ein Gerinne (Cementröhrenleitung, Thonröhrenleitung) kann jedoch nur dort mit Vortheil hergestellt werden, wo die Gefällsline auf der ganzen Erstreckung der Leitung im Abtrage liegt; die Erfüllung dieser Bedingung wird unter Umständen eine ganz außerordentliche Länge der Entwicklung verlangen und dadurch im Vergleiche zu einer Druckleitung, welche an das Befolgen einer gleichmäßigen Gefällsline nicht gebunden ist, größere Kosten verursachen. Auch in jenen Fällen, in welchen die Gefällsline auf sehr erhebliche Tiefen in den Einschnitt zu liegen kommt, ist der Kostenaufwand sehr häufig so groß, daß man billiger eine Druckleitung herstellt. Befindet sich die Gefällsline im Auftrag, so würde an diesen Stellen die offene Leitung durch Unterbauung (Aquäduct) zu stützen sein, und es ist hier von vornherein billiger und besser, dies nicht zu thun, sondern eine Druckleitung anzulegen.

Eine Zuleitung im Freien (zwischen frei stehenden Gebäuden oder Gebäudetheilen, über Wasserläufe, Gräben, Schluchten etc.) ist nur dann statthaft, wenn für eine ständige Wasserbewegung in den Röhren gesorgt wird. Außerdem sind in folchem Falle Stopfbüchsen oder U-förmig gestaltete Krümmer aus Kupfer- oder Zinnröhren in die Leitung einzuschalten, damit diese ohne Gefahr die Ausdehnungen und Zusammenziehungen mitmachen kann, welche der Wärmewechsel im Freien veranlaßt.

Bei Bestimmung der Lichtweiten von Zuleitungen hat man in erster Linie zu untersuchen, welche größte secundliche Wassermenge beizuführen ist; die letztere berechnet sich in der in Art. 389 (S. 378) dargestellten Weise. Bezeichnet man sodann mit  $H$  das Gefälle (in Met.) einer Zuleitung (die wirkliche Druckhöhe, d. h. den Höhenunterschied zwischen Quellwasserspiegel und Wasserbehälterspiegel oder Auslauf),  $F$  den Querschnitt der Zuleitung (in Quadr.-Met.),  $p$  den benetzten Umfang der letzteren (in Met.),  $L$  die Länge der Zuleitung (in Met.) und  $Q$  die von ihr zu befördernde Wassermenge (in Cub.-Met.), so muß sein

$$H = \frac{Q^2 L p}{k^2 F^3}.$$

Hat die Leitung ein kreisrundes Profil, d. h. ist sie eine mit Wasser ganz erfüllte Röhre, so wird, da  $p = \pi D$  und  $4 F = \pi D^2$ ,

$$H = \frac{4 Q^2 L \pi D}{k^2 \pi^3 D^6} = \frac{\lambda Q^2 L}{D^5}.$$

Setzt man, wie üblich, für Annäherungsrechnungen  $k = 50,93$ , so wird  $\lambda = 0,0025$ ; diese Zahlenwerthe sind bekannt unter dem Namen der *Eytelwein'schen*, bezw. *Dupuit'schen* Coefficienten<sup>284</sup>).

Es empfiehlt sich, wegen der unvermeidlichen Inflation von Metallröhren die nach der Formel erhaltenen Lichtweiten etwas zu vergrößern; eben so sind bei offenen Leitungen die erhaltenen Maße auf etwas größere Ziffern abzurunden, um den Unvollkommenheiten der Ausführung Rechnung zu tragen.

Man ersieht leicht aus den angegebenen Formeln, daß der Einfluß des Wasserquerschnittes und der Wassermenge viel bedeutender ist, als jener des Gefälles  $H$  oder der Leitungslänge  $L$ . Es ist daher unnütz, bei einer Zuleitung große Kosten aufzuwenden, um das Gefälle (die Druckhöhe) zu vermehren; man

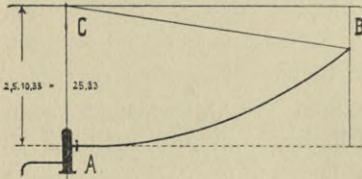
<sup>284</sup>) Zugehörige Tabellen finden sich in *Dupuit's* bereits (in Fußnote 276, S. 390) genannten Werke (S. 474), neuere vom Verf. auf Grundlage der *Kutter'schen* Formel aufgestellte im »Tafelencatalog der Kalberger Hütte« (Saarbrücken), S. 13.



wird in den hieraus sich ergebenden Erfparnissen an dem für die Leitung anzuwendenden Querschnitt keinen entsprechenden Gleichwerth finden.

Alle feither behandelten Grundfätze für die Zuleitung des Waffers bleiben auch bei künstlicher Wafferhebung unverändert bestehen; die Lage des Quellwasserspiegels, von welchem wir ausgegangen find, wird in diesem Falle durch das Mafs der dem Ueberdruck im Druckwindkessel entsprechenden Wafferfäulenhöhe ersetzt. Dasselbe gilt auch für eine Entnahme aus bestehendem Röhrennetze.

Fig. 352.



Ist z. B. an der Stelle A (Fig. 352) ein Pumpwerk aufgestellt und zeigt die Preffung im Druckwindkessel  $2\frac{1}{2}$  Atmosphären Ueberdruck, so läuft am Ende B der Röhrenleitung AB eben so viel Waffer heraus, als wenn das letztere vom Punkte C, welcher  $2,5 \cdot 10,33 = 25,83$  m über dem Manometer am Druckwindkessel liegt, unter natürlichem Drucke nach B abgeleitet

würde. Das Gleiche gilt, wenn statt des Druckwindkessels in A eine Röhre mit  $2\frac{1}{2}$  Atmosphären Ueberdruck des Waffers in derselben vorhanden gedacht wird.

Bei künstlicher Wafferhebung mit Dampfkraft werden in der Regel die geringsten Gesamtkosten (also des Jahresaufwandes für Betrieb und Verzinsung des Anlagekapitals etc.) erzielt, wenn die Lichtweite der Druckröhre so bemessen ist, dass die Geschwindigkeit in derselben ca.  $0,5$  m in der Secunde beträgt. Bei Zuleitungen von bestehenden Wafferwerken aus bestimmt man in der Regel die Röhrenweite so, dass die secundliche Geschwindigkeit  $1$  m nicht übersteigt.

Bei Geschwindigkeiten von  $1$  m in der Secunde vermögen die nachstehend aufgeführten Röhrenweiten folgende Waffermengen zu tragen:

Röhrenweiten	25	30	40	50	75	100	125	150	175	200	300	400	500	Millim.
Waffermenge	0,5	0,7	1,3	2,0	4,4	7,9	12,3	17,7	24,1	31,4	70,7	125,7	196,4	Secundenliter.

Bei Geschwindigkeiten von  $0,5$  m in der Secunde die Hälfte.

Bei Verwendung von Cementröhren, Thonröhren etc. ist es nicht rathsam, (auch bei vorhandenem grossem Gefälle) die secundliche Geschwindigkeit auf mehr als  $1,0$  bis  $1,5$  m ansteigen zu lassen, weil erfahrungsgemäfs auch bei gutem Röhrenmaterial durch Anwendung grösserer Geschwindigkeiten ein Angriff auf die Röhrenwände erfolgt. Auch in Metallröhren sollte die secundliche Geschwindigkeit  $2$  m nicht übersteigen, wenn Angriffe auf die Wandungen vermieden werden wollen.

Hinsichtlich des zu verwendenden Röhrenmaterials sei bemerkt, dass gusseiserne Röhren bis auf die Lichtweite von  $25$  mm als kleinste in den besseren Giefsereien hergestellt werden; kleinere Lichtweiten als  $25$  mm pflegt man bei Zuleitungen nicht zu verwenden. Nach den Erfahrungen, welche man seit einer Reihe von Jahren an Röhrenleitungen von Gusseisen gemacht hat, scheint dieses Metall, besonders bei Anwendung von Muffendichtung, sich bestens zu bewähren; doch muss der Boden, in welchem die Röhren verlegt werden, frei von Humusfäure und von jedem Salzgehalte sein. Sie eignen sich also nicht zur Verwendung in moorigem Boden oder in der Nähe desselben und eben so wenig in der Nähe des Meeres oder in einem mit Asche und Schlacken vermischten Untergrunde. Auch ist zu beachten, dass harte Waffer bei ihrer Durchleitung durch gusseiserne Röhren die Wandungen zwar gleichmäfsig langsam incrustiren, dass sie aber das Eisen wenig angreifen, während sehr weiche Waffer und namentlich solche, welche viel organische Substanzen führen, im Inneren der gusseisernen Leitungen grosse Rostknollen erzeugen, durch welche die Röhren nach und nach zuwachsen.

So lange es in Rücksicht auf die Gefällsverhältnisse durchführbar ist, d. h. für alle Leitungen ohne innere Preffung, eignen sich am besten Thonröhren und Cementröhren, nicht allein ihrer grösseren Dauerhaftigkeit, sondern auch ihres wesentlich billigeren Preises wegen.

Die Eigenschaften der verschiedenen anderen Röhrenarten werden in Art. 422 besonders berührt werden.

Wenn am Ursprunge des einer Verforgung dienenden Waffers nicht schon die nöthige Höhenlage vorliegt, welche eine unmittelbare Zuleitung zu dem Verforgungs-Objecte gestattet, so muss zunächst eine künstliche Hebung erfolgen. Die hierzu dien-

409.  
Geschwindig-  
keit in den  
Leitungen.

410.  
Röhren-  
material.

411.  
Erzielung  
der nöthigen  
Druckhöhe.

lichen Hilfsmittel sind sehr mannigfaltig, und die Anwendung des einen oder des anderen ist von den besonderen Verhältnissen der Anlage abhängig.

Bezeichnet  $T_{max}$  den größten Tagesverbrauch (in Lit.),  $n$  die Anzahl der Arbeitsstunden, während welcher das Wasserhebwerk arbeitet,  $h$  (in Met.) die absolute Höhe, auf welche das Wasser gehoben werden muß,  $\delta$  die mit der Leitung, Hebung etc. verbundene Druckverlusthöhe (in Met.), so ist der reine Nutzeffect (in Pferdestärken), welchen die Hebungsmaschine leisten muß, durch die Formel ausgedrückt:

$$N_r = \frac{T_{max} (h + \delta)}{3600 n \cdot 75}$$

Je nachdem nun eine besondere Art von Wasserhebung gewählt wird, ist außer diesem reinen Nutzeffecte noch ein Nebeneffect zu vollbringen, entsprechend den bei der Hebung sich ergebenden verlorenen Arbeiten; der letztere ist um so geringer, je vollkommener die Hebungsanlage.

Im Allgemeinen wird man bei Kostenanschlägen und allgemeinen Schätzungen gut thun, die erforderliche maschinelle Kraft  $N$  zur Vollbringung des vorhin berechneten Effectes  $N_r$  nie geringer als 1,25 bis 1,5  $N_r$  in Rechnung zu ziehen.

412.  
Einrichtungen  
zur  
Hebung des  
Wassers.

Ueber diese allgemeine Angabe hinaus wird der Architekt die nähere Bearbeitung der Hebungsanlage selten ohne Mithilfe eines Maschinentechnikers vollziehen, und wir geben deshalb im Folgenden nur einen gedrängten Ueberblick über die verschiedenen zur künstlichen Förderung des Wassers gebotenen Möglichkeiten.

Die Maschinen zur Wasserhebung<sup>285)</sup> lassen sich in zwei Hauptabtheilungen bringen: in Schöpfmaschinen und Pumpen. Zu den letzteren zählt man auch die Strahl-Apparate (Wasserstrahlpumpen).

Mit Handeimern kann ein Mann in der Minute etwa 100 l Wasser schöpfen; eben so mit gestielten Eimern (Wasserschöpfen).

Ketteneimer an Winden sind sehr häufig gebrauchte Wasserhebemaschinen. Um den Eimer auf den Wasserpiegel abzulassen, ist an einem über der Quelle oder dem Brunnen angebrachten Träger eine einfache Leitrolle oder Radwelle befestigt, um welche die Kette sich schlingt, die den leeren Eimer auf den Wasserpiegel abläßt und zum Aufziehen des gefüllten Eimers dient. In der Regel befinden sich an der über die Leitrolle gehenden Kette zwei Eimer, so daß einer derselben niedergeht, während der andere aufsteigt.

Durch Drehung einer Welle setzt man zum Schöpfen größerer Wassermengen Räder mit beweglichen und festen Eimern an ihrem Umfange, sodann solche mit Zellen und Spinalgängen, endlich Paternosterwerke und Wasserfchrauben (Schlangen) in Bewegung.

Pumpen werden entweder mittels eines Hebels, wie bei den gewöhnlichen Pumpbrunnen (Handpumpen), Feuerpritzen, Balancier-Pumpen getrieben oder von einer Welle mit Umdrehung, von welcher aus die Kolbenstange durch Kurbel und Pleuellstange hin- und herbewegt wird. Der luftverdünnte Raum in der Saugröhre, in welche sodann die atmosphärische Preßung das Wasser nachtreibt, wird durch Abfugen von Luft mittels eines gewöhnlichen Lederkolbens oder eines Taucherkolbens hergestellt; bei Strahl-Apparaten (Wasserstrahlpumpen) geschieht das Abfugen der Luft durch die Wirkung der Adhäsion zwischen Luft und Wasserstrahl.

Außer den Kolbenpumpen und Strahl-Apparaten stellen auch die Centrifugalpumpen, Würgelpumpen und Pulfometer den luftverdünnten Raum in der Saugröhre her.

Bei größerem Wasserbedarfe und insbesondere dann, wenn maschinelle Kraft ohne bedeutenden Aufwand verfügbar ist, werden fast ausschließlich Kolben-, bzw. Taucherkolben-Pumpen zum Wasserheben benutzt. Centrifugalpumpen und Würgelpumpen dienen mehr für die Hebung unreinen Wassers (behufs nachheriger Filtration). Pulfometer erwärmen das durch sie geförderte Wasser, weil der Dampf bei diesen

<sup>285)</sup> Eine ausführliche Darstellung der hierher gehörigen Maschinen ist zu finden in:

WEISSBACH, J. Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Theil III, Bd. 2. 5. Aufl. von G. HERMANN. Braunschweig 1884.  
HARTMANN, K. Die Pumpen. Berechnung und Ausführung der für Förderung von Flüssigkeiten gebräuchlichen Maschinen. Berlin 1889.

unmittelbar auf die Ventile, bezw. die zu hebende Wasserschleuse wirkt; sie finden deshalb bei der Wasserversorgung nur ganz ausnahmsweise Verwendung.

Steht zur Speisung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe eine mächtige, aber tief liegende Quelle zur Verfügung, von welcher ein Theil genügt, um hinreichend Wasser zu liefern, so kann der andere Theil als bewegende Wasserkraft verwendet und das Wasser gehoben werden. Man benutzt hierzu den hydraulischen Widder als die einfachste und billigste Hebevorrichtung; dem gleichen Zwecke dienen der *Schmid'sche* Motor (Kolbenmaschine), der *Kröber'sche* Motor mit seinen Modificationen, so wie der *Hillebrand'sche* Motor u. a. Alle diese Maschinen geben einen Nutzeffect von im Mittel ca. 70 Procent, d. h. es findet bei Vernachlässigung der Reibungsverluste in den Röhrenleitungen (oder Einführung derselben durch Addition zur absoluten Förderhöhe  $H$ ) und wenn  $Q$  die Wassermenge der Quelle,  $q$  der Wasserbedarf im Gebäude-Complex,  $h$  die Erhebung der Quelle,  $H$  die Erhebung des Wasserbehälters im Gebäude über der Pumpe bedeuten, die Beziehung statt:

$$0,70 Q h = q H.$$

Man wird, besonders bei etwas entlegenen Gebäuden und Gebäudegruppen, möglichst auf einfache, leicht zu bedienende und geringen Unterhaltungsaufwand erfordernde Maschinen zu sehen haben. Der letztere wird, wenn Reparaturen schwer auszuführen sind, weil geeignete Fabriken sich nicht in der Nähe befinden, die Hauptrolle spielen. Liegt die Quelle etwas entfernt, so daß die Bedienung der Maschinen sehr viele Zeit erfordert, wenn der Wärter zum Anlassen und Abstellen zwischen Gebäude und Maschinenhaufe hin- und hergehen muß, so empfehlen sich am besten die *Hillebrand'schen* Motoren, welche sich von jeder Stellung aus selbstthätig in Bewegung setzen, sobald der Steigröhre im Versorgungsobjecte Wasser entnommen oder der Spiegel im Wasserbehälter gesenkt wird (Schwimmventil vorausgesetzt) und welche alsbald zu arbeiten aufhören, wenn der Wasserbehälter gefüllt ist oder keine Entnahme mehr stattfindet.

Ist bei einer Wasserversorgung Wasser unter überschüssig hohem Drucke, aber in ungenügender Menge oder von zu hohem Preise vorhanden, während geeignetes tief liegendes Wasser in genügendem Maße oder umsonst zu haben wäre, so kann die Hebung des tief gelegenen Wassers durch einen Strahl-Apparat (Anfaugen) mittels des Hochdruckwassers erfolgen. In gleicher Weise vollzieht sich die Wasserhebung, wenn statt des Hochdruckwassers Luft unter hohem Drucke zur Verfügung steht. Auch mittels Wasserdampfes kann die Hebung im Strahl-Apparate erfolgen, wobei aber selbstverständlich das gehobene Wasser wesentlich erwärmt wird, was sich nur für vereinzelte Fälle eignet.

Als Kraftmaschinen für den Betrieb von Pumpen werden auch in manchen Gegenden mit regelmäßigen Windströmungen Windräder benutzt; die besseren Constructionen arbeiten sowohl bezüglich der Richtung, als auch der Stärke des Windes selbstregelnd. Der unvermeidliche Uebelstand der Windräder, bei zu starker oder zu geringer Windgeschwindigkeit nicht arbeiten zu können, beschränkt ihre Anwendung auf Wasserversorgungen mit größeren Ausgleichsbehältern, deren Inhalt nach der bekannten größten Windstille zu bemessen ist, wenn nicht für Ersatz in solchen Zeiträumen geforgt zu werden vermag. Für mittlere Verhältnisse kann man den nöthigen Durchmesser eines Windrades, welches eine reine Nutzarbeit von  $N$  Pferdestärken leisten soll, annähernd setzen:

$$D = 10 \sqrt{N}.$$

Möglichst hohe und freie Aufstellung der Windräder erhöht ihre Leistungsfähigkeit sehr wesentlich <sup>286</sup>).

<sup>286</sup>) Siehe auch: Privat-Wasserleitungen durch Windmotoren-Betrieb. Deutsche Bauz. 1882, S. 394.

PFEFFER, W. Windmotoren zum Betriebe von Wasserleitungen. Deutsche Bauz. 1883, S. 133.

lichen Hilfsmittel sind sehr mannigfaltig, und die Anwendung des einen oder des anderen ist von den besonderen Verhältnissen der Anlage abhängig.

Bezeichnet  $T_{max}$  den größten Tagesverbrauch (in Lit.),  $n$  die Anzahl der Arbeitsstunden, während welcher das Wasserhebwerk arbeitet,  $h$  (in Met.) die absolute Höhe, auf welche das Wasser gehoben werden muß,  $\delta$  die mit der Leitung, Hebung etc. verbundene Druckverluthöhe (in Met.), so ist der reine Nutzeffect (in Pferdestärken), welchen die Hebungsmaschine leisten muß, durch die Formel ausgedrückt:

$$N_r = \frac{T_{max} (h + \delta)}{3600 n \cdot 75}$$

Je nachdem nun eine besondere Art von Wasserhebung gewählt wird, ist außer diesem reinen Nutzeffecte noch ein Nebeneffect zu vollbringen, entsprechend den bei der Hebung sich ergebenden verlorenen Arbeiten; der letztere ist um so geringer, je vollkommener die Hebungsanlage.

Im Allgemeinen wird man bei Kostenanschlägen und allgemeinen Schätzungen gut thun, die erforderliche maschinelle Kraft  $N$  zur Vollbringung des vorhin berechneten Effectes  $N_r$  nie geringer als 1,25 bis 1,5  $N_r$  in Rechnung zu ziehen.

472.  
Einrichtungen  
zur  
Hebung des  
Wassers.

Ueber diese allgemeine Angabe hinaus wird der Architekt die nähere Bearbeitung der Hebungsanlage selten ohne Mithilfe eines Maschinentechnikers vollziehen, und wir geben deshalb im Folgenden nur einen gedrängten Ueberblick über die verschiedenen zur künstlichen Förderung des Wassers gebotenen Möglichkeiten.

Die Maschinen zur Wasserhebung<sup>285)</sup> lassen sich in zwei Hauptabtheilungen bringen: in Schöpfmaschinen und Pumpen. Zu den letzteren zählt man auch die Strahl-Apparate (Wassertrahlpumpen).

Mit Handeimern kann ein Mann in der Minute etwa 100<sup>l</sup> Wasser schöpfen; eben so mit gefüllten Eimern (Wasserchöpfen).

Ketteneimer an Winden sind sehr häufig gebräuchte Wasserhebemaschinen. Um den Eimer auf den Wasserpiegel abzulassen, ist an einem über der Quelle oder dem Brunnen angebrachten Träger eine einfache Leitrolle oder Radwelle befestigt, um welche die Kette sich schlingt, die den leeren Eimer auf den Wasserpiegel abläßt und zum Aufziehen des gefüllten Eimers dient. In der Regel befinden sich an der über die Leitrolle gehenden Kette zwei Eimer, so daß einer derselben niedergeht, während der andere aufsteigt.

Durch Drehung einer Welle setzt man zum Schöpfen größerer Wassermengen Räder mit beweglichen und festen Eimern an ihrem Umfange, sodann solche mit Zellen und Spiralgängen, endlich Paterosterwerke und Wasserfchrauben (Schlangen) in Bewegung.

Pumpen werden entweder mittels eines Hebels, wie bei den gewöhnlichen Pumpbrunnen (Handpumpen), Feuerpritzen, Balancier-Pumpen getrieben oder von einer Welle mit Umdrehung, von welcher aus die Kolbenfange durch Kurbel und Pleuellfange hin- und herbewegt wird. Der luftverdünnte Raum in der Saugröhre, in welche sodann die atmosphärische Pressung das Wasser nachtreibt, wird durch Abfugen von Luft mittels eines gewöhnlichen Lederkolbens oder eines Taucherkolbens hergestellt; bei Strahl-Apparaten (Wassertrahlpumpen) geschieht das Abfugen der Luft durch die Wirkung der Adhäsion zwischen Luft und Wasserstrahl.

Außer den Kolbenpumpen und Strahl-Apparaten stellen auch die Centrifugalpumpen, Würgelpumpen und Pulfometer den luftverdünnten Raum in der Saugröhre her.

Bei größerem Wasserbedarfe und insbesondere dann, wenn maschinelle Kraft ohne bedeutenden Aufwand verfügbar ist, werden fast ausschließlich Kolben-, bzw. Taucherkolben-Pumpen zum Wasserheben benutzt. Centrifugalpumpen und Würgelpumpen dienen mehr für die Hebung unreinen Wassers (behufs nachheriger Filtration). Pulfometer erwärmen das durch sie geförderte Wasser, weil der Dampf bei diesen

<sup>285)</sup> Eine ausführliche Darstellung der hierher gehörigen Maschinen ist zu finden in:

WEISSBACH, J. Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Theil III, Bd. 2. 5. Aufl. von G. HERMANN. Braunschweig 1884.

HARTMANN, K. Die Pumpen. Berechnung und Ausführung der für Förderung von Flüssigkeiten gebräuchlichen Maschinen. Berlin 1889.

unmittelbar auf die Ventile, bezw. die zu hebende Wasserschleuse wirkt; sie finden deshalb bei der Wasserversorgung nur ganz ausnahmsweise Verwendung.

Steht zur Speisung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe eine mächtige, aber tief liegende Quelle zur Verfügung, von welcher ein Theil genügt, um hinreichend Wasser zu liefern, so kann der andere Theil als bewegende Wasserkraft verwendet und das Wasser gehoben werden. Man benutzt hierzu den hydraulischen Widder als die einfachste und billigste Hebevorrichtung; dem gleichen Zwecke dienen der *Schmid'sche* Motor (Kolbenmaschine), der *Krüger'sche* Motor mit seinen Modificationen, so wie der *Hillebrand'sche* Motor u. a. Alle diese Maschinen geben einen Nutzeffect von im Mittel ca. 70 Procent, d. h. es findet bei Vernachlässigung der Reibungsverluste in den Röhrenleitungen (oder Einführung derselben durch Addition zur absoluten Förderhöhe  $H$ ) und wenn  $Q$  die Wassermenge der Quelle,  $q$  der Wasserbedarf im Gebäude-Complex,  $h$  die Erhebung der Quelle,  $H$  die Erhebung des Wasserbehälters im Gebäude über der Pumpe bedeuten, die Beziehung statt:

$$0,70 Q h = q H.$$

Man wird, besonders bei etwas entlegenen Gebäuden und Gebäudegruppen, möglichst auf einfache, leicht zu bedienende und geringen Unterhaltungsaufwand erfordernde Maschinen zu sehen haben. Der letztere wird, wenn Reparaturen schwer auszuführen sind, weil geeignete Fabriken sich nicht in der Nähe befinden, die Hauptrolle spielen. Liegt die Quelle etwas entfernt, so daß die Bedienung der Maschinen sehr viele Zeit erfordert, wenn der Wärter zum Anlassen und Abstellen zwischen Gebäude und Maschinenhaufe hin- und hergehen muß, so empfehlen sich am besten die *Hillebrand'schen* Motoren, welche sich von jeder Stellung aus selbstthätig in Bewegung setzen, sobald der Steigrohre im Versorgungsobjecte Wasser entnommen oder der Spiegel im Wasserbehälter gesenkt wird (Schwimmerventil vorausgesetzt) und welche alsbald zu arbeiten aufhören, wenn der Wasserbehälter gefüllt ist oder keine Entnahme mehr stattfindet.

Ist bei einer Wasserversorgung Wasser unter überschüssig hohem Drucke, aber in ungenügender Menge oder von zu hohem Preise vorhanden, während geeignetes tief liegendes Wasser in genügendem Maße oder umsonst zu haben wäre, so kann die Hebung des tief gelegenen Wassers durch einen Strahl-Apparat (Anfaugen) mittels des Hochdruckwassers erfolgen. In gleicher Weise vollzieht sich die Wasserhebung, wenn statt des Hochdruckwassers Luft unter hohem Drucke zur Verfügung steht. Auch mittels Wasserdampfes kann die Hebung im Strahl-Apparate erfolgen, wobei aber selbstverständlich das gehobene Wasser wesentlich erwärmt wird, was sich nur für vereinzelte Fälle eignet.

Als Kraftmaschinen für den Betrieb von Pumpen werden auch in manchen Gegenden mit regelmäßigen Windströmungen Windräder benutzt; die besseren Constructionen arbeiten sowohl bezüglich der Richtung, als auch der Stärke des Windes selbstregelnd. Der unvermeidliche Uebelstand der Windräder, bei zu starker oder zu geringer Windgeschwindigkeit nicht arbeiten zu können, beschränkt ihre Anwendung auf Wasserversorgungen mit größeren Ausgleichsbehältern, deren Inhalt nach der bekannten größten Windstille zu bemessen ist, wenn nicht für Ersatz in solchen Zeiträumen geforgt zu werden vermag. Für mittlere Verhältnisse kann man den nöthigen Durchmesser eines Windrades, welches eine reine Nutzarbeit von  $N$  Pferdestärken leisten soll, annähernd setzen:

$$D = 10 \sqrt{N}.$$

Möglichst hohe und freie Aufstellung der Windräder erhöht ihre Leistungsfähigkeit sehr wesentlich <sup>286)</sup>.

<sup>286)</sup> Siehe auch: Privat-Wasserleitungen durch Windmotoren-Betrieb. Deutsche Bauz. 1882, S. 394.

PFEFFER, W. Windmotoren zum Betriebe von Wasserleitungen. Deutsche Bauz. 1883, S. 133.

Selbstverständlich kann jede Kraftmaschine für den Betrieb von Pumpen geeignete Verwendung finden, insbesondere also auch die Gasmotoren, die Heißluftmaschinen, Dampf- und Wasser-Motoren aller Art; ferner Treträder, Göpelwerke etc. und auch Menschenkraft.

473.  
Wasserbehälter.

Werden einzelne Gebäude oder Gebäudegruppen aus einem öffentlichen Wasserwerke mit Wasser versehen, bei welchem die Wasserlieferung ununterbrochen und ohne Einschränkung der Entnahmemenge geschieht, so ist die Aufstellung eines Vertheilungsbehälters nicht erforderlich. In allen anderen Fällen dagegen wird es vortheilhaft sein, durch Anlage eines besonderen Wasserbehälters (Reservoirs) eine jederzeitige beliebige Benutzung des Wassers zu ermöglichen.

Erste Bedingung für einen derartigen Vertheilungsbehälter ist, daß er sich in einer Höhenlage befinde, welche sämtliche Ausläufe der Leitung beherrscht. Was den Rauminhalt desselben betrifft, so ergibt sich dessen kleinstes Maß durch Vergleichung des regelmässigen Zulaufes mit den hiervon abweichenden Verbrauchsmengen innerhalb kürzerer Zeiträume; im Uebrigen kann ein Wasserbehälter nie zu groß angelegt werden. Die Aufspeicherung eines halben Tagesbedarfes sollte, wenn möglich, bei Bestimmung des Rauminhaltes als Kleinmaß fest gehalten werden.

Ist es nicht möglich, in einem Gebäude ohne Beeinträchtigung anderer Bestimmungen desselben einen einzigen Wasserbehälter von dem eben gedachten Inhalte zu erbauen, oder hat man ein Interesse daran, den Betrieb in Hochdruck und Niederdruck zu theilen, so können mehrere Behälter an die Stelle eines einzelnen treten. Die Kosten werden dabei selbstverständlich erhöht. Einige Vortheile dieser Anordnung sind:

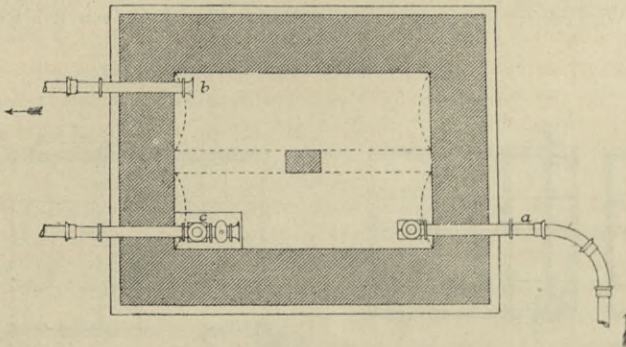
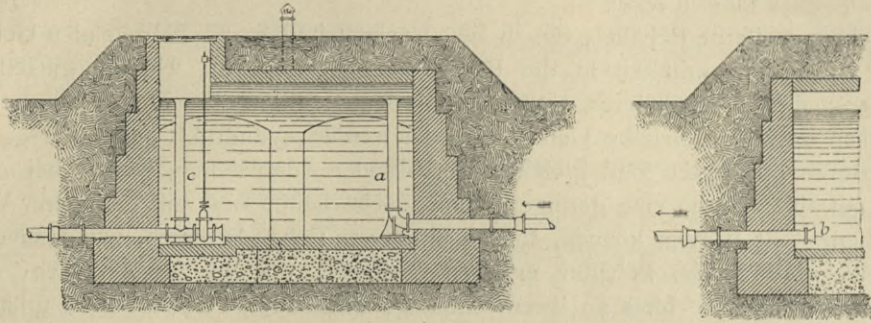
- 1) Verfügt einer der Wasserbehälter, so kann — entsprechende Anordnung vorausgesetzt — die Wasservertheilung durch die übrigen stattfinden; es tritt sonach eine vollständige Unterbrechung der Wasserversorgung nicht ein, was in Rücksicht auf die nöthige Reinigung der Behälter sehr werthvoll ist.
- 2) Große Behälter erfordern sehr kräftige Unterstüßungen, also meist besondere Unterbauung.
- 3) Das Unterbringen kleinerer Behälter in frostfreien Räumen ist leichter durchführbar und die Unterhaltung derselben einfacher, als die eines großen Behälters.
- 4) Für gewisse Zwecke, z. B. für das Begießen der Gärten, ist ein langes Lagern des Wassers von erheblichem Nutzen, während dies für andere Zwecke, insbesondere für das Genuswasser, ein Nachtheil ist.

Was die Construction der Vertheilungsbehälter anbelangt, so hat man zu unterscheiden, ob dieselben in den Boden eingebaut werden können (was übrigens nur selten vorkommen wird), oder ob dieselben im Dachgeschoß oder sonst einem hohen Punkte der Gebäude aufgestellt werden sollen.

Gestatten die Verhältnisse den Einbau des Wasserbehälters in den Boden, so genügt es für kleine Anlagen, einen wasserdichten Schacht, welcher innen mit einem hart geschliffenen Cementputz zu versehen ist, herzustellen und denselben in doppelten Lagen mit Stein- oder Eisenplatten abzudecken. Größere Behälter werden überwölbt und zum Schutze gegen Temperatur-Einflüsse in einer Höhe von mindestens 1 m mit Erdreich überdeckt.

Fig. 353 zeigt die Skizzen eines kleinen überwölbtten Wasserbehälters. Die Sohle desselben wird aus Beton in einer Stärke von nicht unter 40 cm hergestellt, worauf 3 Steinschichten zu liegen kommen. Der Behälter besitzt einen Einlauf *a* als Ueberfall construiert, einen einfachen Ablauf *b* und eine Ueberlauf- und Entleerungsleitung *c*, um überflüssiges Wasser ableiten und den Behälter entleeren zu können. Nach Fig. 354 ist die Zuleitung mit der Ableitung durch einen Röhrenstrang verbunden, so daß man durch 2 Abperrschieber den Behälter aus der Leitung ausschalten kann. Der Wasserbehälter erhält einen gemauerten Einsteige schacht. Es ist zur Verhütung des Eindringens von unreinem Wasser und Schmutz der Schachtdeckel vollständig dicht einzusetzen. Sicherer, aber etwas theurer ist die Anordnung eines vom Wasserbehälter getrennten Einsteige schachtes.

Fig. 353.



Gemauerter Vertheilungsbehälter. —  $\frac{1}{200}$  w. Gr.

Vertheilungsbehälter, welche im Dachgeschoß der zu versorgenden Gebäude oder in besonderen thurmartigen Bauten etc. aufzustellen sind, werden aus Holz oder aus Eisen hergestellt.

Hölzerne Behälter werden nur selten (in Amerika) ähnlich wie

Fässer aus starken Holzdauben zusammengefügt und durch eiserne Reifen oder Zugbänder zusammengehalten; sie sind auf die Dauer nur schwer wasserdicht zu erhalten.

Meistens werden Holzbehälter als viereckige Kästen aus starken Brettern oder aus Bohlen zusammengesetzt und innen, um die erforderliche Wasserdichtigkeit zu erzielen, mit Zinkblech verkleidet; die Zinkblechtafeln müssen sorgfältig an einander gelöthet werden. (Vergl. die Wasserverföorgung einer Villa auf S. 456 und die beigefügte Tafel.)

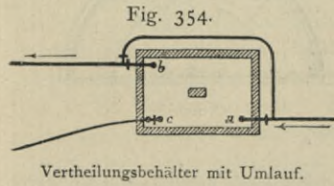


Fig. 354.

Vertheilungsbehälter mit Umlauf.

Gufseiserne Behälter werden häufig in prismatischer Form (mit rechteckigem Grundrifs, Fig. 355) ausgeführt; man findet jedoch auch grössere gufseiserne Wasserbehälter in runder Form aus Muffenringen oder verflanschten Segmentstücken hergestellt. Sie sind zwar schwerer, als schmiedeeiserne Behälter von gleichem Fassungsraume, leiden aber weniger durch den Rost.

Prismatische gufseiserne Behälter werden aus einzelnen Platten (aus Herdgufs) von 8 bis 15 mm Stärke zusammengefügt; die letzteren sind mit angeöffnerten Flanschen versehen, mit Hilfe deren sie zusammengeschaubt werden. Schmiedeeiserne Ankerstangen *a, a* (von 10 bis 20 mm Dicke) halten je zwei gegenüber liegende Wände zusammen. Die

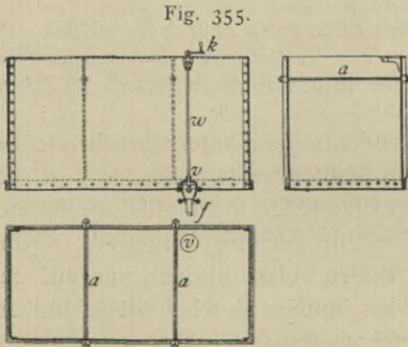


Fig. 355.

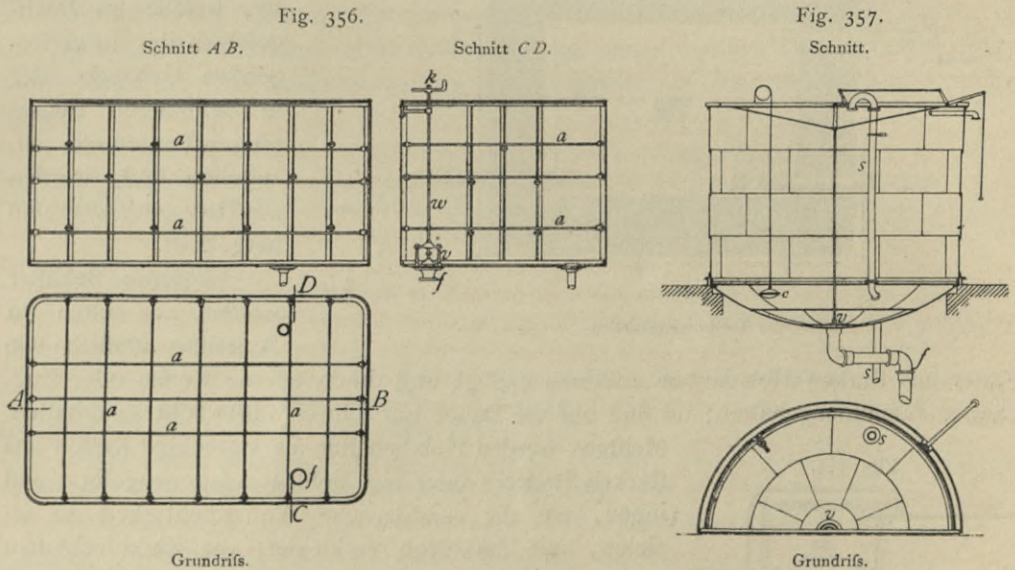
Gufseiserner Vertheilungsbehälter. —  $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Die

erforderliche Wasserdichtheit wird durch Gummi- oder sonstige Einlagen, die zwischen die Flansche gebracht werden, oder durch Eisenkitt erzielt.

Schmiedeeiserne Behälter, die in den Dachgeschossen der betreffenden Gebäude aufgestellt werden, erhalten in der Regel die gleiche Form, wie die gusseisernen (Fig. 356); die in besonderen thurmartigen Bauten untergebrachten Wasserbehälter bekommen entweder dieselbe Gestalt oder sie werden cylindrisch geformt (Fig. 357). Die letzteren sind unter sonst gleichen Verhältnissen vorzuziehen, weil sie bei zweckmäßig gewählter Höhe eine geringere Mantelfläche haben und mit geringerer Wandstärke hergestellt werden können, so nach billiger zu stehen kommen, wie prismatische Behälter. Cylindrische Behälter erhalten entweder, wie die prismatischen, ebene Böden oder, wenn sie bloß an ihrem Umfange unterstützt werden sollen, sphärische (Fig. 357), bezw. conische Böden.

Schmiedeeiserne Behälter werden aus einzelnen Blechtafeln (nach Art der Kesselnietungen) zusammengenietet. Bei den üblichen Wassertiefen von 1 bis 3 m genügt eine Blechdicke von 3 bis 6 mm;



Schmiedeeiserne Vertheilungsbehälter. —  $\frac{1}{100}$  w. Gr.

sie kann oben geringer wie unten gewählt werden. Die Seitenwände prismatischer Behälter werden durch L- und T-Eisen abgesteift und durch Ankerstangen *a* (Fig. 356) zusammengehalten. Die Wasserdichtheit wird in der Regel schon durch die Nietung allein erzielt; doch empfiehlt es sich, die genieteten Fugen zu verstemmen.

Schmiedeeiserne, wie gusseiserne Wasserbehälter sind mit einem guten Anstrich zu versehen, der auch häufig zu erneuern ist; bei schmiedeeisernen Behältern ist dies der Gefahr des Durchrostens wegen von besonderer Wichtigkeit, weshalb man für kleinere Behälter auch verzinkte Eisenbleche in Anwendung bringt.

Wird ein Vertheilungsbehälter in einem besonderen Bau untergebracht, so besteht der Unterbau entweder aus einem geeigneten Balkengerüst, oder er wird als allseitig durch Mauern (bezw. Fachwerkwände) abgeschlossener, prismatisch gestalteter Baukörper (bei größeren Abmessungen auch Wasserthurm genannt) hergestellt. Cylindrische Behälter mit sphärischem oder conischem Boden ruhen alsdann nur auf den Umfassungsmauern auf. Behälter mit ebenen Böden müssen durch kräftige Balkenlagen gestützt werden; häufig sind die das Dachgeschoss tragenden hölzernen Deckenbalken hierzu nicht stark genug und werden nicht selten durch eiserne I-Träger er-



setzt. Besonderer Werth ist darauf zu legen, daß Boden und Seitenwände der Wasserbehälter leicht zugänglich sind; ihre Anordnung in Ecken ist deshalb zu vermeiden. Sie sollen möglichst frei stehen.

Auch bei eisernen Behältern müssen Einlauf-, Ablauf-, Ueberlauf- und Entleerungsleitungen vorhanden sein. Die Einlauföhre mündet oft feilich ein; bisweilen ( $s$  in Fig. 357) durchsetzt sie jedoch auch den Boden des Behälters. Findet die mechanische Hebung des Waffers im Gebäude selbst statt, so ist die Einlauföhre mit der von der Wasserhebemaschine emporführenden Druck- oder Steigröhre identisch. Als Abflufsvorrichtung verwendet man bei Behältern, die durch die städtische Wasserverforgung gespeist werden, Schwimmkugelhähne. (Vergl. Art. 425, S. 441.)

Die Ablaufleitung besteht bei einfachen Anlagen in einer einzigen Fallröhre  $f$  (Fig. 355 bis 357), welche das Wasser in die unteren Gefchoffe führt; dieselbe mündet am tiefsten Punkte des Behälterbodens aus. Damit nicht zu viel von den Schmutzablagerungen in den Behälter gelange, läßt man einen Röhrenstutzen über dem Boden hervorragen und bildet denselben als Seiherkopf aus. In größeren Gebäuden wird auf dem Dachgefchofs eine wagrechte Verzweigung der Ablaufleitungen erforderlich, zu welchem Ende die entsprechenden wagrechten Röhren vom Behälter nahe an dessen Boden ausgehen; auch hier sind die Ausflufsöffnungen mit Sieben zu versehen. Sämmtliche Ablaufröhren müssen durch Ventile verschließbar sein; oft wählt man Niedererschraubventile (vergl. Art. 425, S. 437), die mittels Welle  $w$  und Kurbel oder Handrad  $k$  (Fig. 355 u. 356) gehandhabt werden können; doch kommen auch Kegelventile mit Hebelvorrichtung (Fig. 357) vor. Am besten ist es indess, die Abperrvorrichtung außerhalb des Behälters in die betreffende Röhrenleitung einzuschalten und Niedererschraubventile allen anderen Constractionen vorzuziehen.

Die Ueberlauföhre bildet entweder einen selbständigen, lothrecht abfallenden Strang oder wird mit einer entsprechenden Röhre der Entwässerungs-Anlage vereinigt. Die Entleerungsröhre wird am besten mit der Ueberlauföhre vereinigt; doch kann man auch eine der Fallröhren zum Entleeren des Behälters benutzen. Der Schwimmer  $c$  in Fig. 357 dient dazu, um von außen erkennen zu können, wie hoch das Wasser im Behälter steht.

Zur Winterszeit ist das Wasser in den Behältern dem Einfrieren ausgesetzt; die Bildung einer dünnen Eisdecke schadet nicht, da unter dieser noch Wasser zu- und abfließen kann. Bedeckung und gute Umhüllung der Behälter mit schlechten Wärmeleitern schützen selbst in Gegenden mit rauhem Klima, wenn ein häufigerer Wasser-Zu- und -Abflufs stattfindet. Ueber die offenen Behälter in den Dachgefchoffen setzt man Deckel, die nicht nur die Kälte, sondern auch Staub und Insecten abhalten. Frei stehende Wasserbehälter werden in der Regel überdacht und wohl auch allseitig von leichten Wänden umgeben. Man hat wohl auch in dem Raume, in dem der Wasserbehälter untergebracht ist, Heizvorrichtungen angeordnet.

Beispiele.  $\alpha$ ) Für die neue Wasserverforgung des fürstlichen Residenzschlosses zu Sigmaringen war der Vertheilungsbehälter in solcher Höhe anzubringen, daß man bei Feuersgefahr einen großen Theil der Dächer (der höchste Dachfirst liegt 62,5 m über dem Donau-Wasserspiegel) beherrschen kann. Aus diesem Grunde und mit Rücksicht auf eine zweckmäßige Wasservertheilung überhaupt wurde der in der Mitte des ganzen Gebäude-Complexes gelegene fog. Römerthurm zur Aufstellung des Behälters gewählt; auf dessen viereckigem Unterbau erhebt sich ein achteckiger Aufbau, der um 4,4 m erhöht und durch einen neuen achteckigen, 10,5 m hohen Helm, der entsprechend, mit der Umgebung stimmend, architektonisch ausgebildet wurde, abgeschlossen. Der höchste Wasserspiegel des in diesem Thurme untergebrachten Vertheilungsbehälters liegt in einer Höhe von 55,63 m über dem Wasserspiegel der herrschaftlichen Quelle, der das Wasser entnommen wird, und 61,97 m über dem Donau-Spiegel.

Der Wasserbedarf beträgt in einem Tage 160 cbm oder 1,85 l in der Secunde; da die Quelle 49,33 Secundenliter liefert, so wird der Ueberflufs zum Betriebe der Wasserfäulenmaschine verwendet, die das Wasser in den Wasserbehälter hebt. Der letztere ist cylindrisch gefaltet, hat 3,5 m Durchmesser und 6,0 m Höhe; von den 6 Blechringen der cylindrischen Wandung haben die beiden unteren 6, die beiden mittleren 5 und die beiden oberen 4 mm Dicke. Der Behälter ruht auf einer Balkenlage von 9 Stück 176 mm hohen I-Trägern, welche ihrerseits durch 2 Unterzüge (Zwillings-I-Träger von 396 mm Höhe) gestützt werden; im gefüllten Zustande faßt derselbe 550 hl Wasser. Der achteckige Oberbau des Römerthurmes hat eine lichte Weite von 5,1 m. Sämmtliche Außenflächen des Behälters haben zum Schutze gegen Temperatur-Einflüsse eine doppelte Ummantelung aus Brettern mit Deckleisten erhalten, deren Zwischenraum mit Thierhaaren ausgefopft ist. Bei sehr strenger Kälte wird ein am Fusse des Thurmes aufgestellter Wasser-Heizofen in Thätigkeit gesetzt<sup>287)</sup>.

<sup>287)</sup> Nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1877, S. 35.

β) Die Irren-Anstalt bei Düren besitzt einen Wasserturm, worin 5 schmiedeeiserne Behälter, und zwar 2 im V. Obergeschofs mit einem Inhalt von je 22 cbm und 3 im IV. Obergeschofs von je 3,6 cbm Fassungsraum. Den beiden im V. Obergeschofs gelegenen Behältern wird durch eine Dampfmaschine mit Pumpwerk Brunnenwasser zugeführt; sie dienen zur Speifung der Wasserverforgungs-Einrichtungen in allen zur Anstalt gehörigen Gebäuden, das Wirthschaftsgebäude und die Koch-Anstalt ausgenommen.

Von den im IV. Obergeschofs des Wasserturmes aufgestellten Wasserbehältern dient je einer als Brunnenwasserbehälter für die Koch-Anstalt und für die Wasch-Anstalt und einer für letztere als Regenwasserbehälter. Dieser wird mittels einer besonderen, im Maschinenraume aufgestellten Dampfpumpe gefüllt; letztere saugt aus einer neben dem Maschinenraume liegenden unterirdischen Cisterne von ca. 260 cbm Fassungsraum das Wasser empor<sup>288)</sup>.

Ist für ein Gebäude oder einen Gebäudecomplex, z. B. für Bahnhofanlagen, Gasthöfe, Fabriken u. dergl. Wasser unter hohem Drucke erforderlich und ein Wasserbehälter in entsprechender Höhenlage in der Herstellung zu kostspielig, so wird die höhere Pressung mit Hilfe von Windkesseln oder Accumulatoren bewirkt. In den Windkesseln wird eine gröfsere Menge Luft zusammengedrückt und dadurch eine Pressung  $P$  für 1 qm erzeugt, welche auf das abfliefsende Wasser wirkt, wie wenn ein Behälter von der Wasserhöhe  $\frac{P}{\gamma}$  vorhanden wäre, wenn  $\gamma$  das Gewicht der Raumeinheit Wasser bezeichnet. Bei den Accumulatoren ersetzt der Druck eines mit Gewichten belasteten Kolbens den Wasserbehälter, bezw. den Wasserdruck desselben.

414.  
Anschlufs-  
leitungen  
an städtische  
Röhrennetze.

Die Abzweigung der Hausleitungen von städtischen Röhrennetzen geschieht in der Regel entweder durch Benutzung eines für diesen Zweck vorgesehenen Ansatzes an der Strafsenröhre oder durch Anbohren der letzteren. Für die Lichtweite der Zuleitung gilt das in Art. 408 (S. 398) Gefagte; man bestimmt übrigens diese Lichtweite auch nach der Anzahl der Zapftellen. Da diese letzteren verschiedene Kaliber haben, legt man das kleinste Kaliber von 13 mm Weite zu Grunde; gröfsere Kaliber entsprechen dann mehreren Zapftellen.

Im Allgemeinen sollte die Weite einer Zuleitung nicht weniger als 25 mm betragen; eine solche vermag bei 30 bis 40 m Wasserdruck in der Strafsenleitung noch ca. 10 bis 20 Zapftellen reichlich zu versorgen. Man rechnet ferner:

auf 20 bis 40 Zapftellen eine Zuleitungsröhre von 30 mm Lichtweite,				
» 40 bis 60	»	»	»	40 »
» 60 und mehr	»	»	»	50 »

Für Gewerbewasser und für Hydranten etc. ist die Lichtweite der Zuleitungsröhre vorkommendenfalls gröfser als 50 mm zu wählen und rechnungsmäfsig fest zu setzen.

415.  
Material  
der  
Röhren.

Die Zuleitungen werden aus Röhren von Gusseisen, von Schmiedeeisen und von Blei, bezw. Zinn mit Bleimantel hergestellt, und es sind die Ansichten bewährter Fachmänner über das zweckmäfsigste Material noch aus einander gehend. Als das geeignetste Material betrachten wir das Gusseisen, und da in den besseren Giefsereien Röhren von 25 mm ab aufwärts<sup>289)</sup> in schöner Ausführung erhältlich sind, sollte unseres Erachtens von der Strafsen bis in das Haus keine andere Zuleitungsröhre in Verwendung kommen, wenn nicht ganz besondere Umstände, z. B. Moorboden, Salzgehalt im Boden u. f. w. dagegen sprechen.

Die zur Verwendung kommenden gusseisernen Röhren sind innen und aufsen gut zu asphaltiren, um die Bildung und das Anhaften von Rost in der Leitung so viel als möglich zu verhüten. Die Verbindung der einzelnen Röhren erfolgt entweder durch Flansche und zwischengelegte Blei- oder Gummi-

<sup>288)</sup> Nach: Rohrleger 1879, S. 84.

<sup>289)</sup> Vergl. die Normal-Tabelle für gusseiserne Flansche und Schieber, Ventile, Hähne und Muffenröhren in Theil I, Band 1, erste Hälfte (Abth. I, Abschn. 1, Kap. 6, unter b) dieses »Handbuchs«.

dichtungen, welche letztere zur besseren Widerstandsfähigkeit mehrfache Hanfeinlagen erhalten, oder durch Muffen mit Bleidichtung. Zur Dichtung dieser Muffen dient als unterste Lage eine Schicht mit Leinöl getränkten Hanfgarns, hierauf als zweite Lage eine Schicht reinen getheerten Hanfgarns, während der obere Theil der Muffe durch einen eingegossenen und gut mit Meißeln verfeimten Bleiring ausgefüllt wird.

Schmiedeeiserne Röhren in der Beschaffenheit, wie sie zu Gasleitungen Verwendung finden<sup>290)</sup>, sind für Wasserleitungszwecke nicht zu empfehlen, in manchen Städten sogar verboten. Dieselben sind, vornehmlich bei weichem Wasser, ungemein der Oxydation unterworfen und werden vom Roste nach kurzer Dauer zerflört und dadurch unbrauchbar. Außerdem veranlassen sie durch ihre Oxydation eine Gelbfärbung des Wassers, welche dessen Verwendbarkeit sehr beeinträchtigt. Man hat diesen Uebelstand dadurch zu verhindern gesucht, daß man die Röhren innen und außen mit einem Ueberzuge von Zinn verfäh. Die Herstellung dieser alle Theile der Röhren gleichmäßig bedeckenden Zinnschicht ist aber technisch außerordentlich schwierig, und es ist daher kaum zu vermeiden, daß einzelne Stellen der Röhren unbedeckt bleiben. Diese Stellen sind erfahrungsgemäß einer viel stärkeren Oxydation, als unverzinnete Röhren, unterworfen; es wirkt sonach der Ueberzug in diesem Falle mehr schädlich, als nützlich. Eben so wenig und aus denselben Gründen sind die mit Zinküberzug versehenen sog. galvanisirten schmiedeeisernen Röhren empfehlenswerth<sup>291)</sup>.

Eine ausgedehnte Anwendung hingegen finden die Bleiröhren. Die große Biegsamkeit des Materials, welche gestattet, sich allen Verhältnissen ohne Façonstücke leicht anzupassen, die leichte Verbindungsfähigkeit der Röhren unter sich und mit den sonstigen Vorrichtungen machen dieses Material zu dem unentbehrlichsten für Hausleitungs-Einrichtungen.

Auch gegen dieses Material sind vielfach Bedenken erhoben worden, und zwar dieses Mal von ärztlicher Seite, indem befürchtet wurde, daß das Blei sich im Wasser auflöse und hierdurch der Gesundheit schädlich werde. Zahlreiche Beobachtungen haben diese Thatfache bestätigt, andere hingegen widerlegt, ohne daß man bis jetzt im Stande gewesen wäre, die eigentlichen Gründe für beide Erscheinungen mit Sicherheit anzugeben. Im Allgemeinen hat sich herausgestellt, daß weiches, luftreiches Wasser die Lösung des Bleies begünstigt, während härteres, an Bicarbonaten und Sulfaten reicheres Wasser nach kurzer Zeit bewirkt, daß sich auf der inneren Wandfläche der Röhre eine schwache schützende Lage von Blei- und Calcium-Carbonat niederschlägt, welche jede weitere Lösung des Bleies verhindert<sup>292)</sup>. Aus diesen Gründen ist es in einigen Städten durch die Behörden verboten, für Leitungen, denen Wasser zu Genusszwecken entnommen werden soll, Bleiröhren zu verwenden, in anderen Städten jedoch auf Grund der chemischen Beschaffenheit des Wassers gestattet, Bleiröhren für alle Zwecke zur Anwendung zu bringen. Selbst für den Fall, daß eine geringe Lösung von Blei stattfände, ließe sich die Gefahr dadurch leicht umgehen, daß man nach einer Entleerung der Leitung oder nach längerem Stehenbleiben des Wassers in derselben die zuerst ausfließenden Wassermengen unbenutzt ablaufen läßt und das Wasser erst dann benutzt, wenn man überzeugt ist, daß die Leitung vollständig mit frisch zugetretenem Wasser gefüllt ist.

Um sich gegen die Gefahr der Bleivergiftung zu schützen, hat man mehrfach das Innere der Röhren mit einem Ueberzuge von Sulfat versehen. Dieser Ueberzug hat sich jedoch nicht als dauernd erwiesen und ist nach kurzer Zeit verschwunden<sup>293)</sup>.

Von den Ersatzmitteln, welche an Stelle der Bleiröhren getreten sind, verdienen die in neuester Zeit in Gebrauch gekommenen Zinnröhren mit Bleimantel, kurzweg Mantelröhren genannt, Beachtung. Diese Röhren vereinigen in sich die guten Eigenschaften des Zinnes, die Beschaffenheit des Wassers nicht zu schädigen, mit der leichten Behandlungsfähigkeit des Bleies beim Verlegen.

Die Mantelröhren zeigen in ihrem Querschnitte einen Zinnring von 0,5 mm Stärke, welcher sich vom Blei durch eine feine weiße Farbe deutlich abzeichnet.

<sup>290)</sup> Ueber die Abmessungen solcher Röhren siehe an der eben angezogenen Stelle dieses »Handbuches«.

<sup>291)</sup> Siehe auch: Verzinkte Eisenrohre. *Gefundh.-Ing.* 1884, S. 67.

CLUSS, A. Noch einmal verzinkte Eisenröhren. *Gefundh.-Ing.* 1884, S. 191.

Erfahrungen und Versuche über die Verwendung von verzinkten Eisenröhren für Wasserleitungen. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1887, S. 61.

<sup>292)</sup> Siehe: HAMON, A. *Étude sur les eaux potables et le plomb.* Paris 1881 — und REICHARDT's Referat über diese Schrift in: *Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspf.* 1885, S. 565 — ferner:

PULLMANN. Zur Frage der Verunreinigung des Wassers durch bleierne Leitungsröhren. *Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspf.* 1887, S. 255.

RICHTER. Die Bleierkrankungen durch Leitungswasser in Dessau im Jahre 1886. *Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspf.* 1887, S. 442.

<sup>293)</sup> Siehe auch: Ueber die Ursachen der Lösung von Blei im Wasser und die Beseitigung derselben. *Deutsche Bauz.* 1889, S. 31, 42.

Bleiröhren und Zinnröhren mit Bleimantel würden in ihrer äusseren Erscheinung nicht zu unterscheiden sein, wenn die letzteren nicht dadurch gekennzeichnet würden, dass sie äusserlich eine Anzahl schwach rippenförmiger Erhöhungen enthalten, welche bei der Fabrikation als Erkennungszeichen mit erzeugt werden; die Bleiröhren hingegen sind an ihrer Aussenwandung vollständig glatt.

Die Fabrikation der Mantelröhren besteht seit dem Jahre 1867; sie muss daher als noch ziemlich neu bezeichnet werden. Die Neuheit und Schwierigkeit der Anfertigung waren Anfangs Ursache, dass die Röhren den zu stellenden Anforderungen sowohl in Bezug auf die innige Verbindung des Bleies mit dem Zinn, als auch bezüglich der allseitig gleichmässigen Wandstärke nicht genügten. Andererseits aber glaubte man durch die Anwendung des gegenüber dem Blei viel härteren Zinnes in den Wandstärken bedeutend zurückgehen zu dürfen, um bezüglich des Preises mit den einfachen Bleiröhren concurriren zu können. Durch diese Verminderung der Wandstärken trat aber die Ungleichmässigkeit derselben in ungleich höherem Grade auf, und es hat dieselbe an vielen Orten das Platzen solcher Röhrenleitungen zur Ursache gehabt. Hierdurch hatte das an sich vortreffliche Material anfänglich etwas von feinem guten Rufe eingebüsst. Gegenwärtig ist man aber zu der Ansicht gekommen, dem Zinn eine grössere Haltbarkeit, als dem Blei nicht zuzufprechen, sondern dasselbe lediglich als ein Schutzmittel gegen die Einwirkung des Wassers auf Blei zu betrachten. Man verwendet daher gegenwärtig Mantelröhren mit derselben Wandstärke, wie sie die gewöhnlichen Bleiröhren haben. Die Kosten derselben sind dem zufolge auch entsprechend höhere geworden.

So viele Vortheile die Bleiröhren, wie die Mantelröhren haben, so besitzen beide auch ihre Nachteile. Dieselben haben zumeist ihren Grund in der Weichheit des Materials in so fern, als dasselbe äusseren mechanischen Einwirkungen weniger Widerstand entgegensetzt, als andere Materialien. Ja es ist wiederholt vorgekommen, dass Ratten Bleiröhren vollständig durchgefressen haben. Ferner ist zu beachten, dass das Erdreich, durch welches die Leitung gelegt werden soll, nicht aussergewöhnlich kalkhaltig sei. Kalk in Begleitung von Feuchtigkeit greift Blei sehr kräftig an und würde dasselbe in kürzester Zeit vollständig zerstören<sup>294)</sup>.

Beide Röhrenarten werden bezüglich ihrer Wandstärke nach dem Gewichte für das laufende Meter angegeben. Diese Gewichte werden je nach dem in der Leitung herrschenden Drucke sehr verschieden sein können. Die Erfahrungen mit diesen Materialien beim Wasserwerke der Stadt Dresden haben, unter Voraussetzung eines Leitungsdruckes von 5 Atmosphären, zu folgenden Gewichten für die Längeneinheit geführt:

lichter Durchmesser:	10	13	16	20	25	30 Millim.
Gewicht { Bleiröhre:	1,5	2,0	2,5	4,0	5,5	7,0 Kilogr.
für 1 m { Mantelröhre:	2,0	3,0	3,5	4,5	5,5	7,0 » <sup>295)</sup> .

416.  
Anordnung  
der  
Abzweigungen  
u. f. w.

Die Abzweigung mittels Anbohren der Strafsenleitung wird in der Regel nur für die am häufigsten angewendeten Lichtweiten der Zuleitung von 25 und 30 mm angewendet. Fig. 358 zeigt eine Anordnung, bei welcher die Zweigröhre mittels Rohrschelle an die Strafsenröhre angedichtet und unmittelbar hinter der Dichtung das städtische Absperrventil eingeschaltet ist. Dasselbe kommt hier in die Fahrbahn der Strafe zu liegen, während in Fig. 359 die Anordnung so getroffen ist, dass das städtische Absperrventil im Bürgersteig liegt.

Fig. 360 zeigt die zur Abdichtung und Befestigung der Ableitung erforderliche Rohrschelle in grösserem Mafsstabe, während Fig. 361 dasjenige Verbindungsstück, Sauger genannt, darstellt, mittels dessen man früher, ehe Rohrschellen angewendet wurden, die Verschraubung unmittelbar in die Röhrenwand oder, bei dünnwandigeren Röhren, in ein denselben angeöffnertes Auge eindrehte. Fig. 362 zeigt das Absperr-

<sup>294)</sup> Siehe: ROSSEL, A. Ueber die Einwirkung verschiedener Substanzen und Baumaterialien auf Bleiröhren. Schweiz. Gwbbll. 1880, S. 58.

Die Zerstörung von Bleiröhren durch Cementmörtel. Gefundh.-Ing. 1885, S. 607.

<sup>295)</sup> Ueber die verschiedenen in Anwendung kommenden Röhrenarten siehe auch:

*Étude comparative des tuyaux de distribution des eaux. Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 101.

Glasgefütterte Eisenröhren. Deutsche Bauz. 1873, S. 412.

*Les tuyaux de plomb. Gaz. des arch. et du bât.* 1873, S. 180.

*Tuyaux en plomb doublés d'étain système Hamon. Revue gén. de l'arch.* 1873, S. 104, 134.

Material und Dimensionen von Privatleitungsrohren. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1886, S. 602.

Fig. 358.

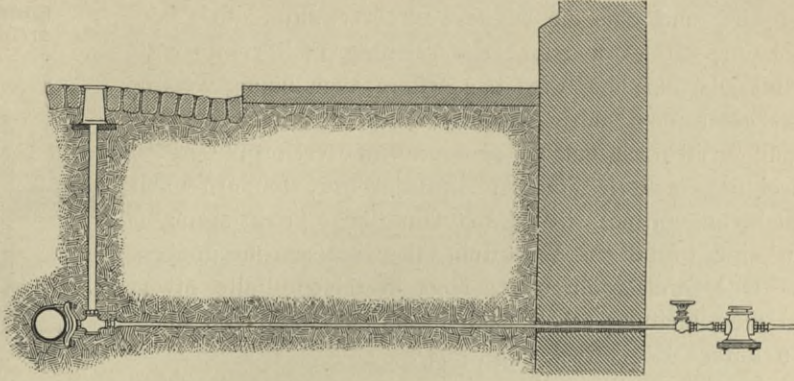
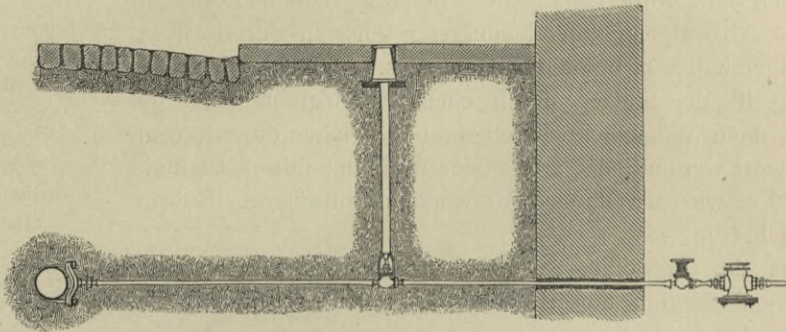


Fig. 359.

Abzweigungen von der Straßenseitung. —  $\frac{1}{100}$  w. Gr.

ventil in Form eines Kegelhahnes; statt dessen verwendet man in der neueren Zeit vielfach kleine Schieber. Ueber dem Schieber, bzw. Hahn, steht die Schutzröhre für die unter die Straßenseite (Fig. 363) aufsteigende Schlüsselstange, durch welche der Schieber oder der Straßenhahn geöffnet oder geschlossen wird. Manchmal findet man auch besondere Schächte zum Abperrventil angeordnet.

Nach dem Eintritte der Zuleitungsröhre in das Grundstück ist ein dem Wasserabnehmer zugängliches Abchlussventil angeordnet. Dient das letztere, wie meistens der Fall, gleichzeitig zum Entleeren der Hausleitung, so befindet sich der Wassermesser nicht, wie in Fig. 358 u. 359 angedeutet, hinter, sondern vor demselben, da anderenfalls die Gefahr besteht, daß der Zuleitung Wasser mittels Schlauch entnommen werden kann, welches den Wassermesser nicht durchläuft.

Fig. 360.

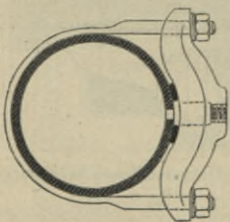
Rohrschelle. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 361.

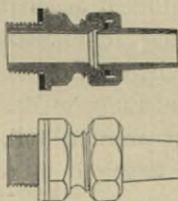
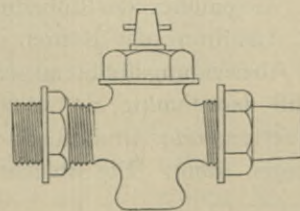
Sauger. —  $\frac{1}{5}$  w. Gr.

Fig. 362.

Straßenhahn. —  $\frac{1}{5}$  w. Gr.

Angeichts des Umstandes, daß das städtische Ventil selten gebraucht wird und daß die Wasserwerks-Verwaltung sich vorbehalten kann, die Absperrung der Leitung im Privatgrundstücke selbst zu vollziehen, wird das erstere auch häufig weggelassen, was einer nicht unbedeutenden Ersparnis gleich kommt.

Anzufügen ist noch, daß bei neueren Wasserverfugungen<sup>296)</sup> die Abzweigung nicht seitlich der Strafsenröhre, sondern nach oben gehend angeordnet wird, damit sämtliche Privatleitungen zusammen eine gründliche Entlüftung des Strafsenröhrennetzes verfehen. Das Strafsenröhrennetz liegt in diesem Falle etwas tiefer und die Zuleitung erhält nach ihrem Ausgange von demselben ein kurzes Bogenstück (Fig. 364).

An der dargestellten allgemeinen Anordnung wird nichts geändert, wenn statt eines Anbohrens der Strafsenleitung, welche unter Druck ohne vorhergegangene Entleerung desselben erfolgen kann, die Abzweigung unter Benutzung eines in der Strafsenröhre eingeschalteten besonderen Stutzens geschieht. Vor der Benutzung ist der Stutzen durch einen Blindflanschdeckel geschlossen; nach Wegnahme desselben, bei welcher die Strafsenröhre entleert werden muß, erfolgt der Anschluß mittels Flanschröhre, und es wird derselbe bei Verwendung gußeiserner Röhren sehr einfach (Fig. 365).

Muß die Aufstellung des Privat-Hauptventils und des Wassermessers außerhalb der Gebäude erfolgen, so werden beide Apparate in einem gemauerten, mit einer Eisenplatte oder einem Bohlenbelag abzudeckenden Schachte aufgestellt, wie derselbe in Fig. 366 veranschaulicht ist. Der Schacht erhält einen Zwischenboden, um durch Einbringen eines schlechten Wärmeleiters im Winter das Einfrieren des Wassers in der Leitung zu verhindern.

Bei der sehr einheitlich durchgeführten Wasserverfugung in Württemberg erfolgen die Zuleitungen zu den Häusern von Strafsenschächten (in der Regel von Hydranten-Schächten) aus. In einem derartigen Schachte werden meistens 4 bis 6 Abzweigungen nebst den zugehörigen Haupt-Absperrventilen an einem Façon-Stück angeordnet; überdies wird der Schacht auch zur Aufstellung von Hydranten etc. benutzt. Diese Anordnung hat den Vortheil, daß man bequem zu den Absperrventilen gelangen kann; dagegen werden die Zuleitungen zu den Häusern unverhältnismäßig lang und theuer.

Gegenüber der Entnahme von Stutzen aus hat das Anbohren der Röhren den Vorzug, daß man die Abzweigungsstelle an jeden beliebigen Ort zunächst dem Punkte, an welcher die Zuleitung in das zu verfugende Grundstück eingeführt werden soll, verlegen kann. Die Stutzen können dagegen wäh-

Fig. 363.

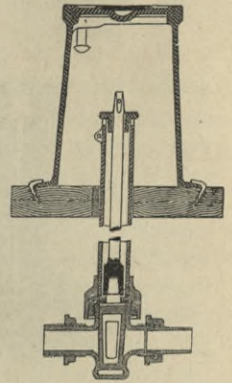
Strafsenhahn mit Kappe.  
1/10 w. Gr.

Fig. 364.

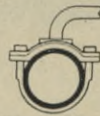


Fig. 365.

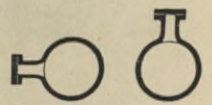
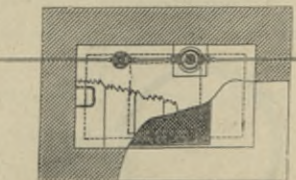
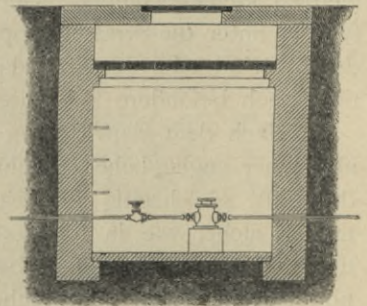


Fig. 366.

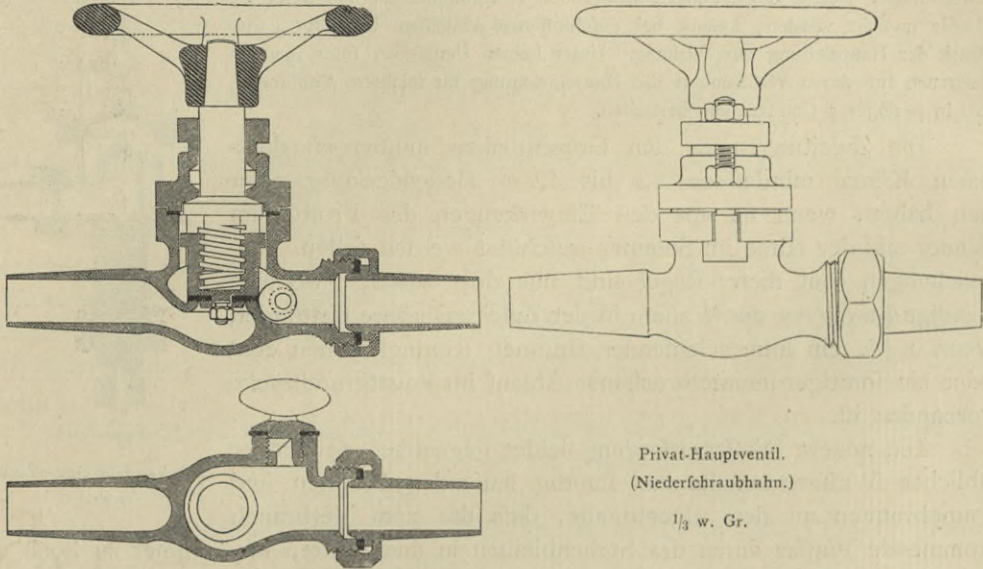
Privat-Hauptventil und Wassermesser.  
1/50 w. Gr.

<sup>296)</sup> Siehe: LUGER, O. Die Wasserverfugung der Stadt Lahr. Lahr 1884. S. 36.

rend des Röhrenlegens nur annähernd an den später geeignet scheinenden Platz für die Abzweigung gebracht werden; die Zuleitungen werden deshalb häufig etwas länger. Die letztere Anordnung ist indessen folider und deshalb in der neueren Zeit fast ausschließlich im Gebrauche.

Hinsichtlich der Construction der Absperrvorrichtungen ist zu bemerken, daß Hähne, sobald sie längere Zeit im Gebrauche waren, sich schwer drehen lassen und

Fig. 367.



Privat-Hauptventil.  
(Niederdruckhahn.)

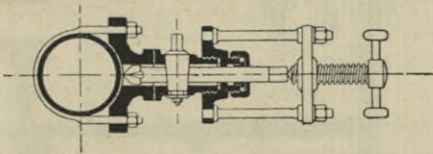
$\frac{1}{3}$  w. Gr.

undicht werden. Sie werden deshalb meist durch Ventile, wie dieselben in Fig. 367 dargestellt sind, oder durch Schieber ersetzt.

Es ist auch bei Anbohrungen unter Druck keineswegs unvermeidlich, Kegelhähne anzuwenden; das Anbohren kann vielmehr eben so wohl unter Anwendung eines Schiebers vollzogen werden.

In Fig. 368 ist eine Anbohrung unter Druck mit gusseiserner Rohrschelle, Kegelhahn und Cylinderbohrer, in Fig. 369 eine solche unter Druck mit gusseiserner

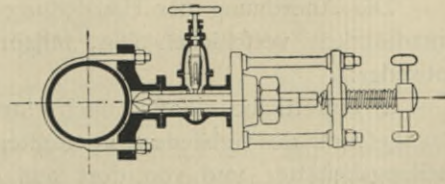
Fig. 368.



Anbohr-Werkzeug mit Hahn.

$\frac{1}{20}$  w. Gr.

Fig. 369.



Anbohr-Werkzeug mit Schieber.

Rohrschelle, Schieber und Cylinderbohrer dargestellt. Ist die Röhre durchgebohrt, so wird der Bohrer bis hinter den Verschluss zurückgezogen und sodann der Hahn oder Schieber zugekehrt; nach dieser Manipulation kann die Wegnahme des Bohrgeräthes und der Leitungsanschlufs erfolgen.

417.  
Einrichtungen  
zur Druck-  
verminderung.

Es kann ausnahmsweise vorkommen, daß man auf eine Hausleitung oder einen Theil derselben nicht den vollen Druck der Straßenseitung einwirken lassen möchte. In diesem Falle pflegt man Druckverminderungs-(Druck-Reductions-)Ventile, wie in Fig. 370 u. 371 dargestellt, einzuschalten.

Bei beiden Ventilen kann die Preßung in der Privatleitung nach Belieben regulirt werden: bei Fig. 370 durch die Abspannung der Feder mittels des Handrades, bei Fig. 371 durch Befchweren der nach außen gerichteten Kolbenstange. Solche Einrichtungen sind jedoch sehr empfindlich, und wenn die Ventile undicht werden, kommt bei geschlossenen Ausläufen doch der ganze Druck der Hauptleitung zur Wirkung. Unter keinen Umständen sollte man im Vertrauen auf deren Wirkfamkeit die Hauseinrichtung für leichtere Preßungen, also in geringerer Construction, herstellen.

418.  
Tiefenlage  
der  
Zuleitung.

Die Zuleitungen zu den Grundstücken müssen im deutlichen Klima mindestens 1,2 bis 1,5 m Bodendeckung über sich haben, wenn sie vor den Einwirkungen des Frostes im Winter und der Hitze im Sommer geschützt werden sollen. Abweichungen von dieser Regel sind nur dort zulässig, wo eine ständige Bewegung des Wassers in der Zuleitungsröhre stattfindet, wenn z. B. ein immer laufender Brunnen (Springbrunnen etc.) oder ein fontiger ununterbrochener Ablauf im Privatgrundstücke vorhanden ist.

419.  
Anordnung  
der  
Hausleitungen;  
Schutz  
gegen Frost  
u. Hitze.

Die neuere Wasserversorgung leidet gegenüber der früher üblichen Wasserentnahme aus ständig laufenden Brunnen und Pumpbrunnen an dem Uebelstande, daß das zum Verbrauch kommende Wasser durch das Stehenbleiben in den Röhren im Sommer zu hoch erwärmt, im Winter zu tief gekühlt wird. Die Abkühlung geht manchmal so weit, daß das Wasser in den Leitungen gefriert und die Leitungen zerfprengt, wodurch in den mit Wasser versorgten Gebäuden großer Schaden angerichtet werden kann. Es ist deshalb für den Architekten von Wichtigkeit, sowohl bei der Wahl des Materials, als auch bei der Anordnung der Hausleitungen die genannten Vorkommnisse zu berücksichtigen.

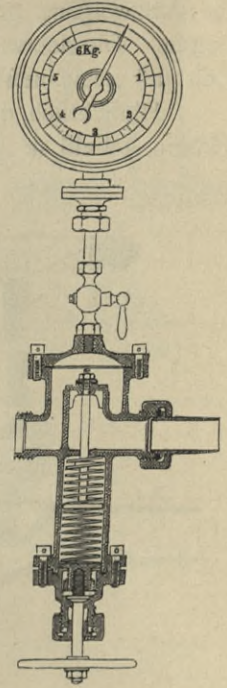
Die Anordnung der Hausleitung kann grundfätzlich verschieden sein, indem man entweder:

a) fämmliches Wasser nach einem im Dachgefchofs des Gebäudes aufgestellten Vertheilungsbehälter und von dort aus durch Leitungen nach den einzelnen Zapfstellen vertheilt, oder

b) das Wasser unmittelbar durch Röhrenleitungen nach den Verbrauchsstellen führt.

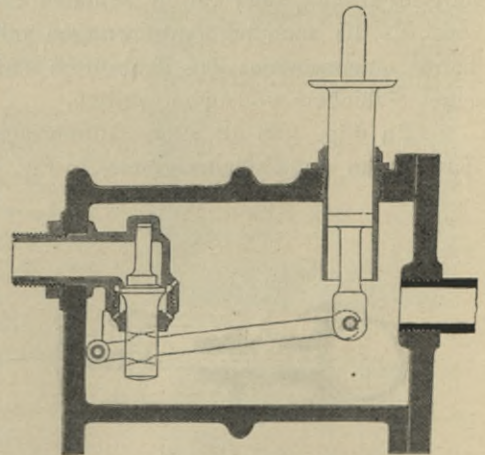
Die erstgedachte Anordnung ist nothwendig, wenn die Wasserabgabe Seitens des Wasserwerkes keine ununterbrochene ist und nur zu bestimmten Stunden des Tages erfolgt.

Fig. 370.



Druckverminderungs-Ventil.  
1/5 w. Gr.

Fig. 371.



Druckverminderungs-Ventil. — 1/5 w. Gr.



Bei städtischen Wasserwerks-Anlagen ist eine intermittirende Verforgung der angeschlossenen Grundstücke nicht üblich, wenigstens in Deutschland (mit Ausnahme von Hamburg) nicht. Besitzt aber das Grundstück ein eigenes Wasserwerk mit Pumpenbetrieb, so wird der letztere, also auch die Wasser-Zuführung, in der Regel nur während einiger Stunden des Tages erfolgen.

In diesem Falle wird die Wasserverforgung von dem im Grundstücke befindlichen unerläßlichen Wasserbehälter aus (siehe Art. 413, S. 404) bewerkstelligt und geschieht von oben nach unten. Die Temperatur des zur Vertheilung gelangenden Wassers hängt hier ganz wesentlich von jener der Umgebung des Behälters ab, wofelbst zunächst die wagrechte Verzweigung des Röhrennetzes stattfindet, an welche sich die lothrechten Abfallröhren anschließen (siehe Art. 413, S. 405).

Bei der zweiten Anordnung, der unmittelbaren Vertheilung des von einer Wasserverforgung ununterbrochen und in beliebigen Mengen gelieferten Wassers, vollzieht sich die Verforgung des Hauses von unten nach oben. Die wagrechte Verzweigung des Röhrennetzes geschieht im Keller- oder Sockelgefchofs; an diese schließen sich alsdann die lothrechten Steigröhren an.

Bei der unter a gedachten Verforgungsart ist eine Erwärmung des Wassers im Sommer ganz unvermeidlich; es bleibt nichts übrig, als das zum Trinken bestimmte Leitungswasser künstlich abzukühlen. Eben so unvermeidlich ist das Einfrieren des Wassers im Winter, wenn nicht durch künstliche Erwärmung die Räume, in welchen sich Wasserbehälter und Leitungen befinden, geschützt oder die Leitungen entleert werden.

Bei der unter b gedachten Verforgung kann bei ausreichender Wassermenge, bezw. genügendem Zuflusse in allen Röhren der Hausleitungen eine ständige, mehr oder weniger starke Wasserbewegung erhalten werden. Geschieht dies, so werden die Leitungen im Sommer stets frisches Wasser geben und im Winter nicht einfrieren. Zu diesem Zwecke muß aber die ganze Hauseinrichtung derart verbunden sein, daß sich der Kreislauf auf jede Leitungstrecke ausdehnt, vielleicht mit Ausnahme der kurzen Zuleitungen zu Zapfhähnen.

Es sind also genügende Erwärmung aller Räume im Winter und besondere Kühlung des Trinkwassers im Sommer unter a, ununterbrochener Auslauf behuf Herstellung eines Kreislaufes unter b die einzigen völlig ausreichenden Auskunftsmittel. Leider kommt ihre Anwendung stets sehr theuer zu stehen, und es ist dies in dem unter b gedachten Falle auch nicht immer möglich. Man wird sich deshalb bestreben müssen, die erwähnten Uebelstände thunlichst zu mildern, und hierbei sind die folgenden Grundätze in das Auge zu fassen.

Leitungen außerhalb des Hauses sollen, wie bereits (in Art. 418, S. 412) erwähnt, mindestens 1,2 bis 1,5 m Bodendeckung erhalten.

Steigröhren und Fallröhren im Hause sind möglichst lothrecht und an solche Stellen zu legen, von welchen aus der seitliche Abweig nach der Zapfstelle die geringste Länge erhält. Lassen sich mit einer Steigröhre oder Fallröhre mehrere Zapfstellen eines Geschoffes leicht verbinden, z. B. dadurch, daß Küche und Badezimmer neben einander liegen oder durch eine kurze Röhrenverbindung eine Waschtisch-Einrichtung im Nebenzimmer angeschlossen werden kann, so vermindert sich die Anzahl der lothrechten Röhrenstränge und mithin auch die Gefahr im Betriebe.

Im Allgemeinen gilt für Wohnhäuser, so wie für Gebäude, die anderen Zwecken dienen, die Regel, die wagrechte Vertheilung der Hauptröhre im Kellergefchofs vorzunehmen, wo dieselbe am bequemsten auszuführen ist und die Räumlichkeiten zugleich einen Schutz gegen das Einfrieren der Leitung bieten. Von diesen Keller-

räumen steigen einzelne, passend gelegene Röhrenfränge an denjenigen Stellen lothrecht aufwärts, welche gestatten, daß eine möglichst große Anzahl von Zapfstellen durch kurze Verbindungsröhren angeschlossen werden kann.

Längere wagrechte Röhrenleitungen in den über Tag gelegenen Geschossen suche man thunlichst zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, so lege man sie gehörig unterstützt an der Decke entlang, jedoch so, daß man die Leitung ohne Schwierigkeiten vollständig entleeren kann. Einzelnen entfernt liegenden Zapfstellen giebt man eine besondere, von unten aufsteigende Röhre statt einer langen wagrechten Zweigleitung im oberen Geschofs.

Liegen die einzelnen Steigröhren in verschiedenen, von einander weit entfernten Theilen eines ausgedehnten Gebäudes, und ist die Röhrenleitung auf der Strafe leicht zu erreichen, so empfiehlt es sich, zur Vereinfachung des Vertheilungsnetzes zwei oder noch mehr Abzweigungen von der Strafenleitung anzuordnen.

Feuerlöschleitungen sind von den Leitungen für den Hausbedarf zu trennen und für sich als unabhängige Leitungen mit der Strafenleitung unmittelbar zu verbinden. Es hat dies seinen Grund in dem Umstande, daß diese Leitungen sich nicht immer in frostfreien Räumen befinden können, sondern zumeist auf kalte Flurgänge gelegt werden müssen. Hierdurch tritt die Nothwendigkeit ein, die Leitung während des Winters zu entleeren und sie nur bei Bedarf in Betrieb zu setzen. Zweigen Leitungen für den täglichen Gebrauch von einer Feuerlöschleitung ab, so werden dieselben entweder während des Winters nicht benutzt werden können, oder man läuft Gefahr, daß die Feuerlöschleitung einfriert und unbrauchbar wird. Einen zweiten Uebelstand bildet das längere Stehenbleiben des Wassers in solchen meist weiten Röhrenleitungen, wodurch die Güte desselben geschädigt wird.

Im Einzelnen ist noch Folgendes zu beachten.

1) Die Leitungen und Zapfstellen sollen möglichst in Räume gelegt werden, in denen ein Einfrieren des Wassers in der Leitung während des Winters nicht stattfinden kann. Die Leitungen dürfen daher weder an Stirnmauern, noch an solche Wände verlegt werden, welche der unmittelbaren Einwirkung des Frostes ausgesetzt sind. Am geeignetsten sind Kellerräume, Küchen- und Zwischenwände bewohnter Räume, niemals aber die Wände kalter Flurgänge und Treppenhäuser. Umhüllung der Röhren kann für längere Dauer als Schutz gegen Einfrieren nicht angesehen werden.

2) Leitungen, welche in einen Keller zu liegen kommen, legt man gern in den Fußboden, und zwar, wenn möglich, in einen aus Backsteinen hergestellten und leicht abgedeckten Canal. Es hat diese Anordnung den Vortheil, daß bei einem etwaigen Leck der Leitung an dieser Stelle eine Unterwäscherung der Mauer-Fundamente nicht stattfinden, sondern das Wasser frei austreten kann.

3) Hingegen vermeide man möglichst, die Röhrenleitung unter Dielen zu legen, da dieselbe alsdann schwer zugänglich ist, leck gewordene Stellen nicht sofort bemerkt werden und daher großen Schaden an den darunter befindlichen Decken anrichten können.

4) Ist man genöthigt, Blei- oder Mantelröhren an der Wand hinzuführen, so genügt es nicht, die Röhren mittels einzelner Rohrhaken an der Wand zu befestigen; denn die Röhre biegt sich an den frei hängenden Stellen durch und bildet an den Befestigungen leicht Einknickungen, welche theils dem Durchfluß des Wassers hinderlich sind, theils das Entfernen des Wassers aus der Leitung erschweren und somit

Veranlassung zum Einfrieren der Leitung geben. Man veräume daher nicht, die Röhre in ihrer ganzen Länge auf eine an der Mauer befestigte Holzleiste zu legen.

5) Alle Absperr- und Entleerungsvorrichtungen sollen leicht zugänglich sein, um sich derselben im Nothfalle schnell bedienen zu können. Eben so müssen Feuerhähne nur an möglichst bequem gelegenen Orten angebracht und nicht, wie dies oft geschieht, in die Ecken versteckt werden. Unter jedem Zapfhahne soll sich ein Ausgufsbecken mit Ableitung befinden, welches die überschüssigen Wassermengen sofort abführt. (Näheres hierüber im nächsten Bande, Abchn. 5, unter C.)

6) Wo das Legen der Leitung durch kalte Räume nicht zu umgehen ist, soll die Leitung an der Stelle, wo sie noch frostoffrei liegt, eine Abstell- und Entleerungsvorrichtung erhalten.

7) Jeder Abzweig von der Hauptröhre soll durch ein Absperrventil abgeschlossen und für sich entleert werden können; es ist daher erforderlich, daß die Röhre eine, wenn auch schwach steigende Richtung und keine Biegungen erhält, in denen trotz des Oeffnens der Entleerungsvorrichtung das Wasser stehen bleiben kann.

8) Zweigen in Räumen des Keller- oder Erdgeschosses mehrere Leitungen zugleich von der Hauptröhre ab, so empfiehlt es sich, die Absperr- und Entleerungsvorrichtungen in einen kleinen gemeinschaftlichen Schacht zu legen und denselben durch einen Eisen- oder Holzbelag abzudecken.

9) Die lothrechten Steigröhren, die das Wasser von unten in die oberen Geschosse führen, bezw. die Fallröhren, die vom Dachgeschoss das Wasser nach unten leiten, legt man entweder in eine rinnenförmige Ausparung der Wand, wie dieselbe beim Neubau eines Hauses leicht herzustellen ist, oder unmittelbar an die Wand. Im ersteren Falle kann die Rinne auf zweierlei Weise ausgeführt sein:  $\alpha$ ) derart, daß die Zu- und unter Umständen auch die Ableitungsröhren in die Rinne eingelegt werden und die letztere durch ein Verkleidungsbrett von außen unsichtbar gemacht wird, oder  $\beta$ ) daß die Röhren in dieser Rinne eingelegt, hierauf aber die Rinne durch Mörtel bündig mit der Wand verputzt wird<sup>297)</sup>. Das Letztere ist weniger empfehlenswerth.

Legt man die Röhren an die Außenseite der Wand, so erhalten dieselben zum Schutze gegen äußere mechanische Einflüsse eine leichte Holzumkleidung, und es ist dann zweckmäfsig, die Leitung in einer Ecke des Zimmers hoch zu führen, um diese Umkleidung möglichst wenig hervortreten zu lassen. In allen Fällen wird aber die Röhre durch Röhrenhalter an der Mauer befestigt.

Was die Wahl des Materials zu den Hausleitungen anbelangt, so empfehlen wir für normale Pressungen im Röhrennetze (30 bis 50 m) die Bleiröhren. Dieselben dürfen jedoch nicht dünnwandig sein, da sie sich sonst leicht sackförmig ausbauchen und reißen; auch vermeide man Flanschenanschlüsse an Bleiröhren, da umgebördelte Röhrentheile leicht abreißen. Friert das Wasser in einem Theile eines Bleiröhrenstranges ein, so ist nicht unter allen Umständen ein Platzen der Röhre die Folge; wegen der großen Nachgiebigkeit des Materials wird vielmehr in den meisten Fällen ein Aufthauen des Eises durch Erwärmung den ganzen Uebelfand beseitigen. Ganz anders verhalten sich in dieser Hinsicht schmiedeeiserne und gußeiserne Leitungen;

<sup>297)</sup> Ueber das Verfahren, Bleiröhren unmittelbar in Cement zu verlegen, liegen zum Theile schlimme Erfahrungen vor; solche Leitungen wurden in vielen Fällen spröde und brüchig, ja zerfressen und durchlässig. Es ist deshalb Vorsicht in dieser Richtung geboten.

das Gefrieren des Wassers in diesen Leitungen hat fast ohne Ausnahme ein Zersprengen der Röhre zur Folge.

Bei Wasserverföhrungen mit sehr hoher Preßung (12 bis 15 Atmosphären) sind indessen selbst starkwandige Bleiröhren in der Anwendung gefährlich, weil sie nach und nach ihre Lichtweite verändern und dadurch die Wandstärke verringern. In solchen Fällen empfehlen sich galvanisirte schmiedeeiserne Röhren, wobei jedoch nur ganz vorzüglich verzinktes Material verwendet werden sollte, da sonst das Wasser schon in kurzer Zeit zum Angriffe des Eisens schreitet. Gufseiserne Röhren wären selbstverständlich allen anderen vorzuziehen, wenn nicht der Installation mit diesen Röhren im Inneren der Häuser sich große Schwierigkeiten entgegenzusetzen würden. Da man aber erfahrungsgemäß bei den meisten Installationen erst dann, wenn Decken etc. durchbrochen sind, genau bestimmen kann, wie die Steigleitungen etc. angeordnet werden müssen, lassen sich die zu gusseisernen Leitungen erforderlichen Façon-Stücke aller Art auch erst dann fest setzen, und es ist in nahezu allen Fällen nicht durchführbar, die durchbrochenen Stellen etc. so lange offen zu lassen, bis die Façon-Stücke modellirt und gegossen sind. Bei Verwendung von schmiedeeisernen und Bleiröhren dagegen kann man sofort und ohne Schwierigkeit mit den Normal-Röhrenstücken allen Windungen in den Häusern folgen.

Bei einiger Vorsicht kann im Winter durch rechtzeitiges Abstellen, bezw. Entleeren der Hausleitungen das Einfrieren derselben vermieden werden. Diese Vorsicht wird jedoch nicht immer gehandhabt, und es kommen deshalb in jedem strengen Winter eine größere Zahl von Röhrenbrüchen an Hausleitungen zu Stande; durch das Ausströmen von Wasser an diesen Stellen kann großer Schaden entstehen.

Wird eine Leitung abgestellt und entleert, so genügt es nicht, lediglich den Entleerungshahn an der tiefsten Stelle zu öffnen; es müssen vielmehr gleichzeitig sämtliche Ausläufe an der Leitung geöffnet werden, da sich sonst mehr oder weniger lange Wasserfäulen an den geschlossenen Ausläufen fest fangen und diese Leitungsstellen dann trotz der Entleerung gefrieren würden. Selbstverständlich hat man vor dem Wiederanlassen der Leitung die Ausläufe, mit Ausnahme des obersten, durch welchen die Luft entweichen muß, zu schließen, wenn Ueberschwemmungen nicht eintreten sollen.

Ein sicheres Mittel, um alle Gefahr beim Platzen einer Röhre auszuschließen, besteht in einer wasserabführenden Umhüllung derselben, welche im Abzugs-Canale des Hauses endigt. Dieses Mittel ist aber nicht nur mit bedeutenden Kosten verknüpft, sondern man bedarf bei Anwendung desselben auch eines größeren Raumes für die Leitungen, so daß es selten zur Anwendung kommt. Die Einlage eines Gummischlauches in die Röhren, die Ausfütterung derselben mit Gummi, selbstthätige Entleerungen bei starkem Froste, Erwärmung von Röhren u. s. w. sind weitere Auskunftsmitel<sup>298)</sup>.

Gegen die Erwärmung des Wassers in den Hausleitungen im Sommer giebt es kein anderes erprobtes Mittel, als das bereits früher erwähnte Offenstehenlassen der Hähne, bis unmittelbar von der Straßensröhre kommendes kühleres Wasser ausläuft. Dies ist jedoch, wenn das Wasser aus öffentlicher Leitung bezogen und nach Messern bezahlt werden muß, theuer, wenn dasselbe ohne Beschränkung abgegeben wird, ungerecht gegen Andere. Ueberdies kann bei unvorsichtiger Behandlung das Offenstehenlassen der Hähne sehr nachtheilige Ueberschwemmungen veranlassen<sup>299)</sup>. Es dürfte deshalb auch hier die unmittelbare Kühlung durch Eis oder die Entnahme des Trinkwassers aus ständig laufenden öffentlichen Brunnen — wo solche vorhanden sind — die in vielen Fällen richtigste Abhilfe sein.

<sup>298)</sup> Die Zahl der Vorrichtungen zum Schutze gegen Uebersfluthung beim Bersten der Leitung und in Folge Einfrierens derselben ist eine große. Es sei in dieser Beziehung auf D. R.-P. 1716, 6242, 7854, 10399, 10520, 10994, 11302, 12023, 16394, 23246, 38948 u. 43536 verwiesen.

<sup>299)</sup> Alle Mittel zur Verhütung nachtheiliger Folgen beim Offenstehenlassen der Hähne können selbstverständlich erst dann wirken, wenn der Hahn eine erheblich größere Zeit, als dies gewöhnlich üblich ist, offen blieb, da anderenfalls die normale Entnahme beeinträchtigt würde. Es werden also mit Anwendung derselben nur größere Ueberschwemmungen verhütet. Aus den Veröffentlichungen des deutschen Reichs-Patentamtes heben wir als Vorbeugungsmittel hervor: D. R.-P. Nr. 31996, 34340, 36257 mit Zusatz-P. 36983, 41747.

Außer den in Art. 419 (S. 412) erwähnten Rücksichten ist bei Anlage einer Privatzuleitung in erster Linie zu beachten, daß alle Leitungstrecken mit Gegenfälle am höchsten Punkte entlüftet, an den tiefsten Stellen entleert werden können und daß jede einzelne Steigleitung zum Schutze gegen Widerflöße mit einem Windkessel endigt, so fern dieselbe nicht von einem unter Dach liegenden Wasserbehälter ausgeht. Die Verzweigungen sollen derart erfolgen, daß in der Richtung des Wasserstromes Leitungen geringerer Lichtweite stets von solchen größerer Lichtweite abgehen. Unter Beachtung der im vorhergehenden Artikel zum Schutze der Leitungen gegen Erwärmung und Frost gegebenen Regeln soll jeder einzelne Strang auf dem kürzesten Wege von der Vertheilungsröhre zur Zapfstelle geführt werden; dabei sind die Röhren thunlichst allerwärts an den Wänden zu befestigen, und es ist insbesondere ein Aufhängen wagrechter Leitungen an Decken etc. auch im Keller- und Sockelgeschosse zu vermeiden, weil eine derartige Anordnung Anlaß zu häufigeren Beschädigungen giebt. Beim Durchbrechen von Mauern etc. ist es stets rathsam, die Wasserleitungsröhre mit einer Blech- oder Thonröhre zu umgeben, um dieselbe jederzeit besichtigen und erforderlichenfalls auch herausnehmen zu können. Das Einputzen jeder Art von Röhrenleitung in Mauern ist zu vermeiden; können die Leitungen nicht einfach an der Außenfläche angeordnet werden, so legt man dieselben in besondere, mit Holz gefütterte und bedeckte Ausparungen (Canäle).

Die Befestigung aufsteigender Röhren in den Gebäuden geschieht in Entfernungen von 1,5 bis 2,0 m mittels Rohrhaken, welche in eingegypste Holzpflocke geschlagen werden oder durch Bandschellen, wenn die Steigröhre einige Centimeter von der Wand absteht; bei wagrechten Leitungen sind diese Entfernungen, je nachdem Bleiröhren (Mantelröhren) oder eiserne Röhren verwendet werden, entsprechend zu verringern (etwa auf 0,5 bis 1,0 m). Bei Verwendung von Bleiröhren (Mantelröhren) ist noch besonders darauf zu achten, daß dieselben bei wagrechter Lage schön gerade gestreckt werden, damit sich keine Luftblasen fest setzen können.

Bleiröhren und Mantelröhren werden durch Löthen verbunden und durch Anschneiden mit Verlöthung verzweigt. Bei Verlöthung zweier Röhren wird das eine Röhrende mittels eines Dornes aufgetrieben, das andere zugespitzt und, nachdem es durch Schaben metallisch rein gemacht wurde, in das ausgeweitete Ende geschoben. Zwischen beide Enden kommt das Loth; etwas Kolophonium-Pulver auf die zu löthenden Flächen zu streuen, ist zweckmäßig. Beim Löthen mit der Lampe kommen 1 Theil Zinn und 1 Theil Blei, bei Anwendung des Löthkolbens 2 Theile Zinn und 1 Theil Blei in Gebrauch, wenn es sich um Bleiröhren handelt; bei Mantelröhren nimmt man ein Loth von 4 Theilen Zinn und 5 Theilen Blei, wendet nur den Löthkolben an und bestreicht die Löthflächen vorher mit etwas Salzfäure. Beim Anlöthen von Zweigleitungen sowohl, als auch bei Verbindungsstellen ist größte Sorgfalt darauf zu verwenden, daß kein Loth in das Innere der Röhren eintropft. Wie bereits in Art. 419 (S. 415) erwähnt, sollten Flanschverbindungen mit Bleiröhren thunlichst vermieden werden; beim Uebergang zu anderem Metall oder an Stellen, die öfter gelöst werden müssen, verwende man Verschraubungen.

Schmiedeeiserne (verzinn- und galvanisirte) Röhren werden nur durch Verschraubungen verbunden. Die letzteren können innere und äußere sein. Durch Abschneiden der geraden Röhren und Anschneiden des Normalgewindes, so wie durch Benutzung der für die verschiedenen Lichtweiten handelsüblichen Normal-Façon-Stücke (*Fittings*) kann der Rohrleger jede beliebige Lage der Röhrenleitungen, Abzweigungen etc. rasch herstellen.

Bei Verwendung gußeiserner Röhren zu Hausleitungen wird sowohl die Flanschverbindung, als auch die Muffenverbindung, meistens beide gleichzeitig, verwendet. Flanschverbindungen werden durch Zwischenlage eines Bleiringes oder Gummiringes gedichtet, welcher zwischen den Arbeitsleisten zweier Flanschen durch Anziehen der Schrauben fest geklemmt wird. Die bereits in Art. 415 (S. 407) beschriebene Muffenverbindung gestattet das Ablängen der zur Installation verwendeten Röhren nach Bedarf auf der Arbeitsstelle; Röhren, welche einerseits Flansch, andererseits Spitzende haben, vermitteln Muffenverbindung mit Flanschverbindung, an welcher letztere sodann die Auslaufhähne etc. anzuschließen sind.

Bei längeren gusseisernen Leitungen in Räumen mit verschiedener Temperatur müssen Ausgleichs- oder Compensations-Röhren (Stopfbüchsen) eingefaltet werden, um der Ausdehnung und Zusammenziehung der Röhrenfränge Rechnung zu tragen. Bei Anwendung von Bleiröhren und schmiedeeisernen Leitungen fällt diese Vorichtsmaßregel weg.

Bei Leitungen, durch welche zur Verhinderung des Erwärmens und Einfrierens ein ununterbrochener Wasserstrom gehen soll, ist zu unterscheiden, ob dieselben von einer einzigen oder durch Verbindung von mehreren Abzweigstellen der Hauptleitung ausgehen. Entwickeln sich sämtliche Röhrenleitungen von einer einzigen Abgangsstelle aus, so muß der ständige Auslauf am äußersten Zapfhahn ohne Rücksicht auf dessen Lage angebracht werden. Sind dagegen mehrere, unmittelbar von der Hauptleitung ausgehende Steigleitungen vorhanden, so müssen diese unter sich verbunden und der ständige Auslauf an die absolut höchst gelegene Zapfstelle verlegt werden.

Was die anzuwendenden Röhrenweiten anbelangt, so haben wir einige Anhaltspunkte hierfür bereits in Art. 408 u. 409 (S. 398 u. 399) gegeben. Die Verzweigungen von den Steig- und Fallröhren pflegt man im Allgemeinen beim normalen Wasserdruck von 30 bis 40 m so zu bemessen, dafs:

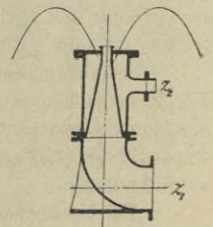
- 1) für einen gewöhnlichen Zapfhahn in der Küche eine Zweigleitung von 15 mm Weite angeordnet wird; dieselbe Weite genügt auch für einen Auslaufhahn an der Waschtisch-Einrichtung, an einem Wandbrunnen, überhaupt für jeden kleineren einzelnen Auslauf.
- 2) Die Zuleitung zu einem Badezimmer, einem Spülabort oder einer Waschküche mit einem Auslaufe sollte nicht unter 20 mm Weite gewählt sein, weil man an diesen Orten rasch große Wassermengen entnehmen will.
- 3) Für Hydranten in gewöhnlichen Wohnhäusern, so wie für Gießhähne in den Gärten beträgt das Mindestmaß der Lichtweite für die Zuleitung 25 mm; bei Fabrikgebäuden, Lagerhäusern, großen Wohnhäusern etc. sollten die Zuleitungsröhren zu Hydranten 50 bis 80 mm weit sein.

Für Zuleitungen zu Springbrunnen und Wasserkünsteln aller Art lassen sich bezüglich der Abmessungen allgemeine Anhaltspunkte nicht geben; jeder einzelne Wasserstrahl muß seine besondere Zweigleitung und getrennte Regelung erhalten, und man wird gut daran thun, den Zuleitungsquerschnitt von der Hauptleitung aus gleich der Summe aller Verzweigungsquerschnitte zu machen.

Sehr häufig werden bei Springbrunnen-Anlagen etc. nicht bloß ein einziger Strahl, sondern Strahl und Garbe, so wie einzelne besondere Strahlen gewünscht. Sind, wie bei der Garbe (Fig. 372), eine größere Zahl aus gleichen Mundstücken geworfener Strahlen unter völlig gleicher Pressung vor dem Auslaufe angeordnet, so können diese Strahlen von einer gemeinsamen Zuleitung  $Z_2$  aus gespeist werden. Während in diesem Falle der lothrecht aufsteigende Hauptstrahl von  $Z_1$  gespeist wird, mündet die Zuleitung  $Z_2$  in einen das Mundstück des Hauptstrahles umschließenden Kasten, von welchem die Strahlen der Garbe gemeinsam ausgehen.

Erfolgt die Zuleitung des Wassers zum zu versorgenden Gebäude oder Gebäude-Complex aus mehreren Bezugsquellen, so pflegt man in der Regel die Einrichtung der Vertheilungsleitungen so anzuordnen, dafs eine Bezugsquelle die andere nöthigenfalls zu ersetzen vermag. Besonders wichtig ist eine solche Anordnung bei Feuersgefahr, beim Wasserbezug aus Quellen, welche zeitweise aussetzen, aus Pumpwerken mit Windradbetrieb etc. Man wird in solchen Fällen zwar Steigleitungen sowohl, als Abfallleitungen so construiren, wie sie der besonderen Bezugsquelle entsprechend sein müssen; gleichzeitig aber genügend weite, zu normalen

Fig. 372.



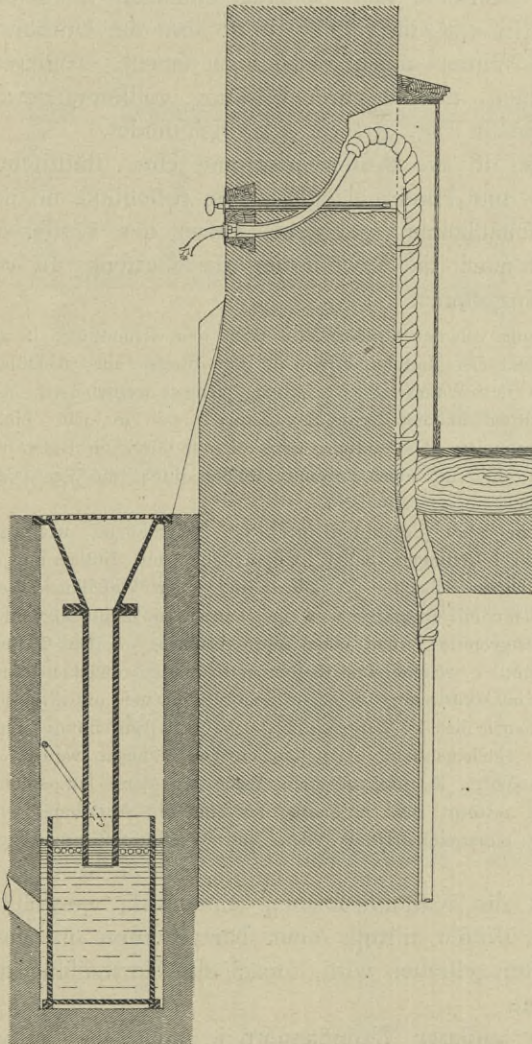
Zeiten durch ein Zwischenventil geschlossene Verbindungsleitungen erbauen, um eine Verforgung durch die andere ergänzen zu können.

Derartige Anordnungen erweisen sich auch als zweckmässig, wenn z. B. die öffentliche Wasserverforgung nur Nutzwasser liefert und aus einer privaten Verforgung Trinkwasser mit genügendem Drucke beigeftührt werden kann, oder wenn bei künstlicher Wasserhebung der grösste Wasserverbrauch nur einen niedrigen Druck erheischt, gleichzeitig aber eine kleinere Anzahl Ausläufe unter höherem Drucke gespeist werden müssen.

Ein grösseres Beispiel der letzteren Art ist die Wasserverforgung des grossherzoglichen Residenzschlosses und seiner Anbauten, Gärten etc. zu Karlsruhe. Im Schlosse selbst, dem Hoftheater, den Dienstwohnungen etc. steht das Wasser unter Hochdruck; in den Leitungen zum Marstall, zum botanischen Garten, zu den Anlagen vor und hinter dem Schlosse und zur Fafanerie ist Niederdruck. Beide Leitungen sind von einander getrennt, können aber jederzeit und an mehreren Orten mit einander in Verbindung gesetzt werden.

Es ist im Uebrigen — abgesehen von den eben erwähnten besonderen Um-

Fig. 373.



Wandbrunnen im Hofe. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

fständen — stets vortheilhaft, dafür zu forgen, dafs sowohl in den Steigleitungen, als auch in den Verbindungsleitungen Zwischenventile eingesetzt werden, um bei stattfindenden Ausbesserungen an Auslaufhähnen etc. nicht immer die ganze Hausleitung abstellen zu müssen. Je grösser die Anzahl der Ausläufe ist, um so störender werden die durch unvermeidliche Ausbesserungen entstehenden Unterbrechungen, und um so angenehmer wird es sein, wenn in solchen Fällen wenigstens ein Theil der Ausläufe noch Dienste thut.

Selbstverständlich müssen Leitungen, welche besonderen Anlagen, wie kleineren oder grösseren Wassermotoren, grösseren Spül-Einrichtungen, Aufzügen, Kesselspeifungen etc. dienen, mit besonderer Rücksicht auf diese Zwecke angelegt werden; wie dies zu geschehen hat, wird, so weit es den Architekten berührt, im folgenden Bande dieses »Handbuches« (Abth. IV, Abschn. 5: Koch-, Entwässerungs- und Reinigungs-Anlagen) gezeigt werden. Ebendasselbst finden sich auch jene Anordnungen, welche zur Ableitung des verbrauchten Wassers (Entwässerung) erforderlich sind.

Es dürfte nunmehr am Platze sein, durch einige Beispiele das Vorstehende zu erläutern.

1) Die einfachste Anordnung

421.  
Beispiele  
einiger  
Gesamt-  
anordnungen.

einer Wasserverforgungs-Anlage eines Hauses wird diejenige sein, welche nur in einer Auslaufvorrichtung auf dem Hofe besteht. Diese Vorrichtungen bedürfen der sorgsamsten Ausführung, da sie im Winter durch ihre Lage den Einwirkungen des Frostes viel leichter ausgesetzt sind, als alle anderen Einrichtungen. In Fig. 373 ist die Anordnung veranschaulicht.

Die Röhrenleitung ist in Kellertiefe bis an die hintere Stirnwand des Gebäudes geführt worden und steigt längs derselben an der Innenseite bis ungefähr 1 m über dem Fußboden des Erdgeschosses empor. Hier findet sich ein Durchgangsventil eingeschaltet, dessen Schlüsselstange verlängert ist und bis außerhalb der Mauer hervorragt. Vom Ventile an steigt die Leitung nur noch ein kurzes Stück und führt dann in niedergehender Richtung nach der Außenseite der Mauer, in einem Mundstücke endigend. Die Röhre ist von ihrem Austritt aus dem Keller an mit Filz oder Tuchleisten umwickelt, so wie mit einem Holzgehäuse umkleidet, welches mit einem schlechten Wärmeleiter (Schlackenwolle, Häckfel, Sägespäne etc.) angefüllt wird. Unmittelbar nach Einmündung der Leitung in die Kellerräume soll sich das Privat-Hauptventil befinden, mittels dessen eine Absperrung und Entleerung der ganzen Leitung möglich ist.

Will man den Auslauf nicht an die Mauer legen, so macht sich die Errichtung eines Auslaufftänders nothwendig. Derselbe kann in einer einfachen Säule mit Auslaufhahn bestehen, wie in Fig. 390 (S. 434) dargestellt ist, so fern die Umstände es gestatten, die Leitung während des Winters außer Betrieb zu setzen. Anderenfalls wird man zu einer weniger einfachen, aber in ihrer Wirkung vollkommeneren Construction greifen müssen, wie dieselbe in Fig. 391 (S. 434) sich findet.

2) Auf der neben stehenden Tafel ist die Wasserverforgung eines städtischen viergeschossigen Miethhauses mit Seiten- und Hintergebäude — im Anschlusse an das öffentliche Wasserwerk — zur Veranschaulichung gebracht; außer der Wasserverforgung der einzelnen Gebäudetheile ist auch die Bewässerung des Gartens, so wie die Verforgung eines Springbrunnens vorgehen.

Der Ort der Einführung der Anschlusleitung von der Straßentröhre nach dem Grundstück ist aus dem Grundriß des Kellergeschosses sofort kenntlich. Die Leitung erhält auf der Straße eine Abflußvorrichtung, das Hauptventil *a*, welches nur von der Wasserwerks-Verwaltung benutzt werden darf. Unmittelbar nach Eintritt der Leitung in das Grundstück hat der Privat-Haupthahn *b* und vor oder hinter demselben der Wassermesser *c* seine Aufstellung gefunden. Die Leitung führt hierauf durch die Keller des Vorderhauses hindurch nach dem Hofe und zweigt hier mit einer Leitung, welche durch ein Ventil mit Entleerung *d* abstellbar ist, nach dem Seitengebäude ab.

Im Hintergebäude verzweigt sich die Leitung nach 3 Punkten: nach der Waschküche, nach den oberen Geschossen und nach dem Garten. Alle drei Leitungen haben Absperrhähne mit Entleerung erhalten; dieselben befinden sich im gemeinschaftlichen Schachte *e*. Die Leitung der Waschküche verforgt 2 Auslauffstellen: einen gewöhnlichen Zapfhahn mit Ausgußbecken und einen Zapfhahn über dem Waschkessel; die Gartenleitung verforgt zwei Sprengventile *f* und einen Springbrunnen *g*. Die Leitung nach dem Springbrunnen erhält ein Durchgangsventil *h*, welches zum Regeln und Abstellen desselben dient.

Die Zweigleitung im Seitengebäude führt im Abortraume an einer Schornsteinmauer aufwärts und verforgt im I. Obergeschosse (vergl. die Grundrißpartie des I. Obergeschosses) eine Bade-Einrichtung, einen Spülabort, eine Waschtisch-Einrichtung und einen Küchenauslauf. Die gleichen Vorrichtungen werden im Hintergebäude von der aufsteigenden Leitung gespeist. Es ist auf diese Weise das ganze ausgedehnte Gebäude in jedem Geschosse reichlich mit Wasser verforgt, und es bliebe sich für die Anordnung vollständig gleich, wenn man auch das II. und III. Obergeschosse mit Bade- und Waschtisch-Einrichtungen versehen wollte.

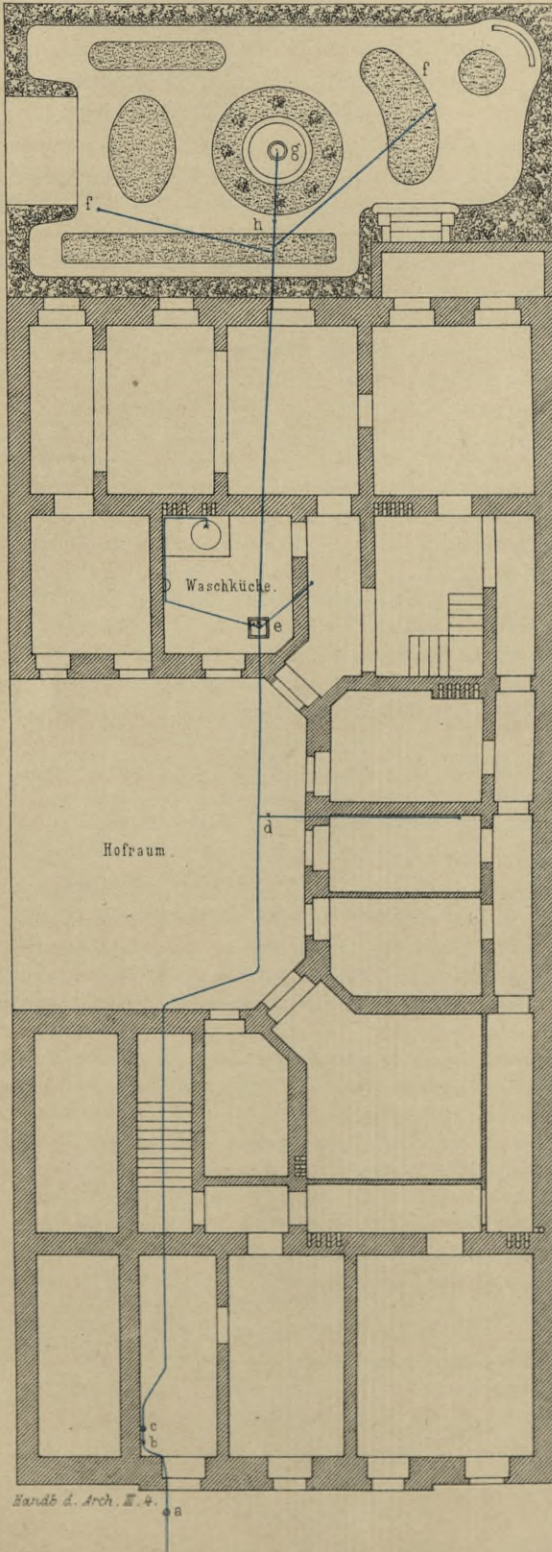
3) In Kap. 17 wird als Beispiel die Wasserverforgung einer Villa vorgeführt werden, wobei im Gebäude selbst das Wasser mittels einer Dampfmaschine in einen im Dachgeschosse gelegenen Wasserbehälter gehoben wird, wonach die Vertheilung des Wassers von oben nach unten geschieht.

Mögen auch die Anordnungen in anderen Wohnhäusern je nach den Umständen mehr oder weniger verschiedene sein, so werden sie doch alle in den Haupt-



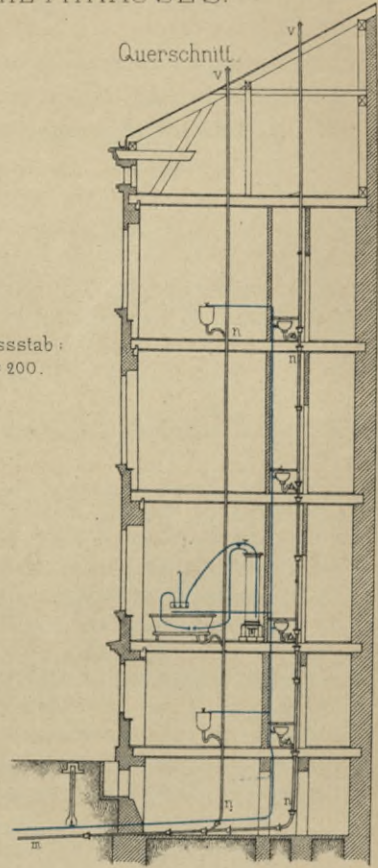
# WASSERVERSORGUNG EINES MIETHHAUSES.

Grundriss des Kellergeschosses.

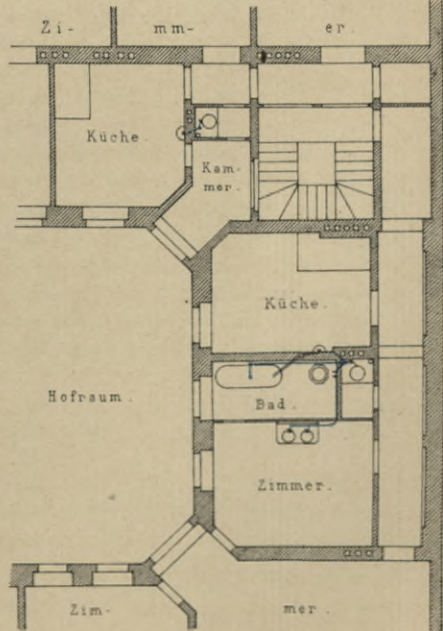


Querschnitt.

Massstab:  
1:200.



Grundrisspartie des 1. Obergeschosses.





grundfätzen, wie sie vorstehend aus einander gesetzt und durch die gegebenen Beispiele erläutert worden sind, übereinstimmen.

4) Während in den vorstehenden Beispielen kleinere Anlagen vorausgesetzt wurden, mag im Nachstehenden noch ein Beispiel für eine ausgedehntere Wasserverforgung von einem hoch gelegenen Vertheilungsbehälter aus vorgeführt werden. Es wurde die von *Kröber* entworfene neue Wasserverforgung des fürstlichen Residenzschlosses zu Sigmaringen gewählt<sup>300)</sup>.

Die Lage und Anordnung des im fog. Römerthurm gelegenen Vertheilungsbehälters, in welchen das Wasser einer in der Nähe befindlichen Quelle gehoben wird, wurde bereits in Art. 413 (S. 405) beschrieben. Das Röhrennetz nimmt seinen Anfang in drei Hauptfallröhren, von welchen zwei über die Dachböden des Schlosses, der Kunstsammlung und der Nebengebäude sich hinziehen und dann abfallend in allen Gefchossen sich verbreiten; die dritte fällt lothrecht bis zum Fusse des Thurmes ab, wo sie sich im Boden unter dem oberen und unteren Schloßhofe hinzieht und ihre äußersten Zweige einerseits bis in den Marfall und das Theater sendet, andererseits unter stetem Abfallen den großen Springbrunnen und den Kreislauf-Anschluß an eine der gedachten Dachleitungen erreicht, um endlich, ganz unten in der Stadt angekommen, noch das erbprinzliche Palais zu versorgen.

Alle Hauptröhrenfränge sind in Gufseisen hergestellt worden. Um kräftige Strahlen für Feuerlöschzwecke zu erzielen, erhielten diese Stränge ziemlich große Durchmesser; sie fangen mit 120 mm an und gehen bis 60 mm herab. In allen Flurgängen, in möglichster Nähe der Treppenhäuser, sind Feuerventile mit 45 mm weiter Oeffnung unmittelbar in die Leitungen eingeschaltet. Im Ganzen sind 31 Ventile mit einem Schlauchgewinde-Abgang und 6 Ventile mit doppelten Abgängen vorhanden. Unmittelbar neben diesen Ventilen, welche in Holzkästen mit Glashürchen eingeschlossen sind, ist je eine Schlauchrolle von 15 m Länge mit Gewinde und Mundstück von 16 bis 20 mm Ausgangsweite aufgehängt.

Von den unter den Höfen hinlaufenden Bodenleitungen sind in geeigneten Abständen 7 Feuerlöschhähne abgezweigt. Außer 4 laufenden Brunnen wird noch ein Ventilbrunnen von der Leitung gespeist. Die dem Froste ausgesetzten Theile der Röhrenleitungen wurden durch Anwendung eines stetigen Wasserkreislaufes am wirksamsten vor dem Einfrieren geschützt; außerdem aber wurden sämtliche Röhren mit Strohzöpfen doppelt unwickelt und an besonders gefährdeten Orten noch mit Bretterverchalungen verwahrt und die Zwischenräume mit Stroh ausgestopft.

Von den Hauptfallröhren zweigen nach den verschiedenen Räumlichkeiten, als Küchen, Waschküchen, Wagenschuppen, Marfall, Spülalaboren etc., schmiedeeiserne Leitungen geringeren Kalibers ab, für welche als Hauptabsperrung nur Kegelhähne mit unten geschlossenem Gehäuse und Stopfbüchsen und an den Zapftellen Niederfchraubhähne zur Verwendung kamen.

Ueber einige ausgeführte Wasserverforgungs-Anlagen siehe:

- RÖMER, E. Irren-Anstalt zu Schwetz. Wasserverforgung. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1854, S. 215, 221.  
*Distribution d'eau dans un hôtel privé. Revue gén. de l'arch.* 1859, S. 33.  
*Alimentation de l'hôpital de Beck-sur-Mer. Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 60.  
 HENNEBERG, R. Wasserverforgungs-Anlage für eine einzelne Villa. *Deutsche Bauz.* 1870, S. 311. *Maschin.-Confr.* 1871, S. 9.  
 Die Wasserleitung des neuen Opernhauses in Wien. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1871, S. 59.  
 GROPIUS & SCHMIEDEN. Das städtische Allgemeine Krankenhaus in Berlin. Die Wasserverforgung. *Zeitfchr. für Bauw.* 1876, S. 157.  
 PICARD. *Alimentation en eau du fort Saint-Michel, à Toul. Annales des ponts et chaussées* 1876 — I, S. 33.  
 PILTER. *Alimentation d'eau du fort Saint-Michel, à Toul. Revue industr.* 1876, S. 142.  
 KRÖBER. Die neue Wasserverforgung des fürstlichen Residenzschlosses zu Sigmaringen. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1877, S. 35. *Maschin.-Confr.* 1877, S. 395.  
 Wasserverforgung der Irrenanstalt bei Düren. *Rohrleger* 1879, S. 84.  
 SCHOLTZ. Wasserverforgung eines herrschaftlichen Wohnhauses und Anschluß derselben an die städtische Canalifation. *Baugwks-Ztg.* 1880, S. 516.  
 TROJAN, E. v. Die k. k. Männer-Strafanstalt in Pilsen. Wasserverforgung. *Allg. Bauz.* 1881, S. 31.  
 HUDE v. d. & HENNICKE. Das Central-Hôtel in Berlin. Wasserverforgung des Hôtels. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1881, S. 187.

<sup>300)</sup> Nach: *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1877, S. 35.

- BLANKENSTEIN. Das städtische Arbeitshaus zu Rummelsburg bei Berlin. Beleuchtung, Be- und Entwässerung. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 73.
- Wasserverförgung und Beleuchtungswesen der *Krupp'schen* Gufstahlfabrik. I. Wasserverförgung. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1882, S. 443.
- Hôtel du Crédit Lyonnais, boulevard des Italiens. Distribution d'eau et secours contre l'incendie. La semaine des const.*, Jahrg. 8, S. 139, 185, 270.
- HENOCH, G. Wasserverförgung der Dampfnahtmühle zu Wurzen i. S. Deutsche Bauz. 1884, S. 228.
- BECKER, H. Die Wasserverförgung des hochgelegenen Hofgutes »Berghaus« bei Thiengen in Baden mittels einer Wasserkraft-Maschine. Allg. Bauz. 1885, S. 82.
- PUJOL, A. *L'aménagement d'une maison. Construction moderne*, Jahrg. 1, S. 19, 32, 57, 69.
- Wasserwerks-Anlage für Schlofs Baldern. Deutsche Bauz. 1886, S. 484.

## 16. Kapitel.

### Einzelbestandtheile der Wasserleitungen.

422.  
Röhren  
und  
Façon-Stücke.

Es ist rathsam, in allen Fällen, in welchen eine Leitung zeitweise oder fortwährend innerem Ueberdrucke — einer Pressung, gröfser als jene der Atmosphäre — ausgesetzt ist, nur Metallröhren zu verwenden. Ist dagegen die Pressung in der Röhre gleich der atmosphärischen, bezw. fließt das Wasser in der Leitung ohne Ueberdruck, so empfiehlt sich aus verschiedenen Gründen die Verwendung von Thonröhren (Steinzeigröhren) und Cementröhren.

Diese Leitungen ohne inneren Ueberdruck kommen bei Zuleitungen zu Gebäuden und Gebäudegruppen in Gebirgsgegenden häufiger vor, als man gewöhnlich annimmt, und dürfen deshalb hier nicht übergangen werden. Sie haben, wie bereits in Art. 410 S. 399) erwähnt wurde, vor allen Dingen Metallröhren gegenüber drei Hauptvorteile:

- 1) Das Wasser bleibt bei der Bewegung in diesen Röhren reiner und frischer als in Metallröhren, gleiche Bodendeckung vorausgesetzt;
- 2) die Haltbarkeit solcher Röhren ist erfahrungsgemäfs gröfser, als jene der Metall-, insbesondere der gusseisernen Röhren, und
- 3) die fertigen Röhrenstränge werden bei gleichen Lichtweiten wesentlich billiger, als jene von Metallröhren.

Es werden vielfach auch Cementröhren und Thonröhren für Leitungen mit wesentlichem innerem Ueberdrucke verwendet; so sind z. B. zur Wasserverförgung für die Städte Barcelona, Nizza, Grenoble, Autun, Nimes, Vevey u. a. Cementröhren mit einer, bezw. mehreren Atmosphären Ueberdruck in großen Mengen verlegt worden, für eine große Zahl elsäsischer Städte Thonröhren etc.<sup>301)</sup>.

Indessen lehrt doch die Erfahrung, dafs die hergestellten Leitungen bei den geringsten Bodenfenkungen platzen, und zwar bei gleichem Ueberdrucke um so leichter, je gröfser die Lichtweiten derselben sind; sie bieten deshalb, abgesehen davon, dafs Anschlüsse sehr schwer sachgemäfs eingefügt werden können, nicht die für jede Wasserverförgung in erster Linie erforderliche Sicherheit des ununterbrochenen Wasserbezuges. Anders ist dies bei Leitungen ohne inneren Ueberdruck; diese unterliegen der Gefahr des Platzens nicht und haben die oben erwähnten Vorteile. Frisch bleibt das Wasser in denselben, weil die capillare Feuchtigkeit in der Röhrenwandung an der äufseren Oberfläche des Röhrenstranges bei von außen zudringender Wärme eine Verdampfung von Wasser in die Grundluft erzeugt, wodurch im Sommer der Röhrenwand Wärme entzogen wird. Dauerhaft haben sich Röhren aus Thon und cementirte Canäle an den Jahrtausende alten Leitungen der Römer bis heute erwiesen, während alle Metallröhren, je nach der Beschaffenheit des Bodens, in welchen sie verlegt sind, nur eine sehr begrenzte Dauer haben. Endlich betragen, den billigsten Metallröhren gegenüber, die Kosten gleich weiter Röhrenstränge aus Thon oder

<sup>301)</sup> Vergl. bezüglich der Cementröhren die Veröffentlichungen der *Société générale et unique des ciments de la Porte de France*. Grenoble 1874 — ferner bezüglich der Thonröhren: ZELLER, C. *Des conduites d'eaux, de leur établissement et de leur entretien*. Paris 1863.

Cement — je nach Bezugsquelle und Verlegungsort — die Hälfte und noch weniger, so fern es sich nicht um ganz kleine Lichtweiten handelt.

Man muß jedoch bei Verwendung von Cementröhren sehr darauf achten, daß, wie bereits früher erwähnt, größere Geschwindigkeiten des Wassers als 1 m in der Secunde nicht vorkommen, da sonst die Röhrenwandungen mechanisch angegriffen werden; auch bei Thonröhren sollte die Geschwindigkeit das Maß von 1,5 m nicht übersteigen. Sodann dürfen Röhrenleitungen dieser Art nur in ganz gleichmäßiges Gefälle gelegt werden, weil sonst eine stofsweise, die Zerstörung der Röhrenwandungen befördernde Bewegung des Wassers eintritt. Endlich dürfen die Röhren nur auf gewachsenem, unachgiebigem Boden verlegt werden, da sie bei steifen Verbindungen und nachfolgendem Setzen des Untergrundes leicht brechen.

Abgesehen von den Kosten der Verbringung von der Fabrik zur Baustelle und von den Kosten der Erdarbeiten betragen die Kosten für Lieferung und Verlegen von Cement- und Thonröhren bis zu 300 mm Lichtweite annähernd:

Licht- weite	Thonröhren			Cementröhren		
	Gewicht	Ankauf	Verlegen u. Dichten	Gewicht	Ankauf	Verlegen u. Dichten
50	7—11	50—75	30	—	—	—
75	11—15	70—90	45	17	100	50
100	15—19	90—110	60	22	120	75
125	18—23	110—140	72	27	140	100
150	22—28	140—170	84	36	160	125
175	26—33	170—200	90	47	190	140
200	31—39	210—240	96	60	230	150
225	36—45	250—280	100	72	270	160
250	40—51	300—350	105	88	320	170
300	50—63	420—470	110	116	420	185
Millim.	Kilogr.	Pfennige		Kilogr.	Pfennige	
		für 1 laufendes Meter Leitung.			für 1 laufendes Meter Leitung.	

Bei größeren Lichtweiten werden die Cementröhren wesentlich billiger, und es ist überhaupt nicht rathsam, Thonröhren von mehr als 600 mm Lichtweite zu verwenden. Die angegebenen Preise gelten für einen Bedarf von mehr als 500 m; sie erhöhen sich, wenn der Bedarf geringer wird und umgekehrt. Die Beförderungskosten sind nach Maßgabe der Gewichte zu rechnen.

Unter den Metallröhren stehen die gusseisernen in erster Reihe. Ueber die Eigenschaften derselben haben wir uns bereits in Art. 415 (S. 406) geäußert. Die Kosten 1 laufenden Meters fertige Muffen-Röhrenleitung betragen, abgesehen von den Kosten für die Verbringung von der Fabrik zur Baustelle und die Erarbeiten:

Weite: . . . . .	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300	Millimeter.
Gewicht . . . . .	7	12	18	24	32	40	48	58	68	77	99	Kilogr.
Röhrenlieferung . . .	120	180	230	310	410	520	620	750	880	960	1190	Pfennige } 1 lauf. Meter
Verlegen und Dichten	25	45	60	70	80	90	105	120	135	150	180	

Man ersieht hieraus die sehr erheblichen Preisunterschiede gegenüber Cementröhren etc.

Flanschröhrenleitung kostet noch erheblich mehr; man wird der Wahrheit ziem-

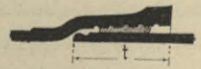
lich nahe kommen, wenn man hierfür etwa die  $1\frac{1}{2}$ -fachen Preise der Muffenröhrenleitung in Ansatz bringt.

Selbstverständlich schwanken alle diese Preise innerhalb der durch den Markt gegebenen Preisveränderungen und je nach der Größe des Bedarfes; die angegebenen Beträge verstehen sich für den Bezug von mehr als 500 m. Der Grundpreis für den Röhrengufs wechselt, wie aus obiger Tabelle ersichtlich, zwischen 12 und 17 Mark für 100 kg, je nachdem Röhren von großer oder von kleiner Lichtweite zur Bestellung gelangen.

Für die Einzelmaße der Röhren sind Festsetzungen des »Vereines der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands«, so wie des »Vereines deutscher Ingenieure« als Normalien (siehe Theil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«) maßgebend; auch die Façon-Stücke wie Bogenröhren (Krümmer), Ansatzröhren, Uebergangsröhren, Doppelmuffen (Ueberschieber) etc. sind in der Normal-Tabelle dimensionirt. Es ist stets empfehlenswerth, nicht allein aus Ersparnisrückichten, sondern auch wegen des später jederzeit möglichen leichten Ersatzes einzelner Bestandtheile einer Röhrenleitung, möglichst nur Normal-Façonstücke zu verwenden.

Die übliche Verbindung der Muffenröhren durch Einstemmen geölter Hanfstricke und Ausgießen mit Blei und jene der Flanschröhren durch Zwischenlage von Bleiringen oder Gummischeiben haben wir bereits in Art. 415 (S. 406) angegeben. Die Muffenröhren können auch mit Gummidichtung versehen werden, in welchem Falle der ganze Zwischenraum zwischen Muffe und Spitzende mit einem guten Gummiring, wie in Fig. 374 gezeichnet, ausgefüllt wird. Das Innere der Muffe muß etwas kegelförmig fein und erhält ringförmige Austiefungen, in welchen sich der Gummiring, nachdem er beim Einschieben platt gedrückt wurde, fest hält; die Muffentiefe  $t$  beträgt bei allen Lichtweiten in diesem Falle 95 mm.

Fig. 374.



Diese Art der Röhrenverbindung ist sehr willkommen, wenn es sich um das Verlegen von Röhren unter starkem Wasserzudrange etc. handelt; für die im Trockenen zu verlegenden Röhren zieht man, Mangels genügender Erfahrungen über die Haltbarkeit, bezw. Dauer des Gummis, die Bleidichtung noch vor.

Außer den gußeisernen Röhren werden, besonders für die Leitung saurer Wasser, Asphaltrohre zu Druckleitungen benutzt; diese Röhren unterliegen der Oxydation nicht; dagegen ist ihre Haltbarkeit erfahrungsgemäß eine begrenzte. Immerhin sind dieselben in den Fällen, in welchen Gußrohre nicht zur Verwendung gelangen können und in welchen Wasser mit innerem Ueberdruck in der Leitung geführt werden muß, empfehlenswerth.

Emaillirte gußeiserne Röhren werden manchmal zu Warmwasserleitungen, die unter innerem Ueberdruck stehen, verwendet; sie sind jedoch sehr theuer, und das Email löst sich auch hier unvermeidlich an manchen Stellen ab, so daß der Zweck, durch ihre Anwendung das Rosten ganz zu verhüten, durchaus nicht immer erreicht wird. Zu Warmwasser-Leitungen unter Druck empfehlen sich am besten die nach Art der Tonnen aus Dauben hergestellten, mit eisernen Ringen zusammengehaltenen Holzröhren (Fässer) oder, bei geringeren Wassermengen, einfach gebohrte Holzdeichel; Ausbesserungen kann man in keinem Falle entgehen.

In Frankreich hat man vielfach auch die sog. *Chameroy*-Röhren, welche aus verbleitem Eisenblech mit äußerem dicken Asphaltüberzug bestehen, im Gebrauche; für deutsche Verhältnisse dürften sie sich deswegen nicht eignen, weil bei gleichen Lichtweiten die Kosten für das Meter Leitung wesentlich höher sind, als bei Gußröhren. Im Uebrigen haben sich diese Röhren stets gut bewährt.

Bei der gewöhnlichen Haus-Installation gelangen vorzugsweise galvanisirte (verzinkte) schmiedeeiserne Röhren und Bleiröhren (Mantelröhren) zur Verwendung, deren Eigenschaften wir bereits in Art. 415 (S. 407) erörtert haben. Verzinnete schmiedeeiserne Röhren sind nicht mehr im Gebrauche. Durch Verwendung gut galvanisirter schmiede-

eiserner Röhren erzielt man, insbesondere bei höheren Pressungen, den Bleiröhren gegenüber wesentliche Erfparnisse. Die Nachteile, welche man bei den galvanisirten schmiedeeisernen Röhren mit in den Kauf nehmen muß, haben wir bereits in Art. 415 (S. 407) angegeben; den größten Umfang dürfte ihre Verwendung in Württemberg erreicht haben, wo sie fast ausschließlich bei allen Installationen und Zuleitungen angeordnet sind und wo man im Allgemeinen ganz gute Erfahrungen damit gemacht haben will. In Norddeutschland werden fast ausschließlich Bleiröhren und Mantelröhren (Bleiröhren mit Zinnmantel) in Gebrauch genommen.

Die Bleiröhren sollten für den in nachfolgender Tabelle angeführten Leitungsdruk mindestens die den verschiedenen handelsüblichen Lichtweiten  $d$  beigeetzten Wandstärken  $\delta$  und die Gewichte  $G$  haben (vergl. Art. 415, S. 408):

Druckhöhe	$d = 15$ mm		$d = 20$ mm		$d = 25$ mm		$d = 30$ mm		$d = 40$ mm		$d = 50$ mm	
	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$
30 bis 50	4,0	2,70	4,5	3,90	5,0	5,35	5,5	7,00	6,5	10,80	8,0	16,50
50 bis 80	4,5	3,10	5,0	4,50	5,5	6,00	6,0	7,70	—	—	—	—
80 bis 120	5,0	3,55	5,5	5,30	6,0	6,60	—	—	—	—	—	—
Meter Wasserfäulenhöhe	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.

für 1 laufendes Meter Baulänge.

Für Druckhöhen über 50 m sollte man Bleiröhren von 40 mm und darüber, für mehr als 80 m Druck solche von 30 mm und darüber nicht mehr anwenden.

Als guter Preis für Bleiröhren sammt Legen, jedoch ausschließlich Erdarbeit etc., ist, je nach Größe der Bestellung und nach Lage der ziemlich schwankenden Marktpreise, 40 bis 50 Pfennig für das Kilogramm zu rechnen. Innen und außen verzinnete Bleiröhren (Mantelröhren) werden in allen oben angegebenen Mäßen und Gewichten zu den Preisen der Bleiröhren mit einem Zuschlage von 2 Pfennigen für das Kilogramm für jede Seite der Verzinnung, fertig verlegt, geliefert.

Dem gemäß betragen die Höchstpreise für Bleiröhren ( $B$ ) und Mantelröhren ( $M$ ), die letzteren nur innen verzinkt:

Wasserfäulenhöhe	$d = 15$ mm		$d = 20$ mm		$d = 25$ mm		$d = 30$ mm		$d = 40$ mm		$d = 50$ mm	
	$B$	$M$	$B$	$M$	$B$	$M$	$B$	$M$	$B$	$M$	$B$	$M$
30 bis 50	135	140	195	205	270	285	350	370	540	570	825	860
50 bis 80	155	160	225	235	300	315	385	405	—	—	—	—
80 bis 120	180	185	265	275	330	345	—	—	—	—	—	—
Meter.	Pfennige für 1 laufendes Meter Leitung.											

Gut galvanisirte schmiedeeiserne Röhren werden in den Fabriken in Längen von ca. 4 m mit Gewinde und Muffe hergestellt und haben bei ausreichender Widerstandsfähigkeit für 120 bis 150 m Wasserdruck folgende Gewichte  $G$  und Wandstärken  $\delta$ :

$d = 15$ mm		$d = 20$ mm		$d = 25$ mm		$d = 30$ mm		$d = 40$ mm		$d = 50$ mm	
$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$
3 mm	1,3 kg	3 mm	1,9 kg	3,5 mm	2,6 kg	3,5 mm	3,5 kg	3,5 mm	4,5 kg	4 mm	6,0 kg

für 1 laufendes Meter Baulänge.

Die Preise sind, je nach der Güte, sehr verschieden. Erzeugniss erster Güte kostet für 1 laufendes Meter Baulänge, fertig verlegt, jedoch ausschliesslich Erdarbeiten und Façon-Stücke:

$d = 15$	20	25	30	40	50	Millimeter.
$K = 100$	140	180	270	320	460	Pfennige.

Diese Preise dürften, wie die vorhin für Bleiröhren angegebenen, als Höchstpreise anzusehen sein; im Allgemeinen sind die Lieferpreise schmiedeeiserner Röhren innerhalb grösserer Grenzen schwankend.

Die Verbindung der schmiedeeisernen Röhren geschieht durch Zusammenschrauben derselben, und zwar um eine Länge gleich dem Röhrendurchmesser. Vor dem Verschrauben wird zur Dichtung um das Gewinde ein mit Mennige getränkter Flachsfaden gelegt. Die mannigfaltigsten Façon-Stücke gestatten das Verfolgen jeder beliebigen Richtung mit schmiedeeisernen Röhren fast eben so leicht, als mit Bleiröhren.

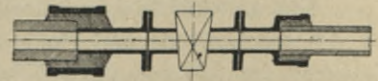
Röhren aus Zinn, Kupfer, Bronze und edleren Metallen werden, der hohen Kosten wegen, für Wasserleitungszwecke selten angewendet. Sehr häufig dagegen findet man in der Verlängerung von festen Wasserleitungsröhren Schläuche aus Hanf, Gummi und einer Vereinigung beider Materialien, auch Baumwollschläuche, im Gebrauche. Solche Schläuche werden für beliebige Pressungen hergestellt und endigen in der Regel in einem Strahlrohre. Wir werden gelegentlich der Besprechung der Hydranten und Springbrunnen auf diese Gegenstände zurückkommen.

Für die Façon-Stücke zu den gusseisernen Röhren bestehen Normalien; eben so für die *Fittings* (Façon-Stücke zu schmiedeeisernen Röhren), welche letztere hauptsächlich in Muffen, Kniestücken, T-Stücken, Kreuzstücken, S-Stücken, geschlossenen und offenen Rückkehrbogen, Verlängerungsstücken, Kappen, Pfropfen, Deckenscheiben, Deckenwinkel, Gegenmutter, Flanschen, Verschraubungen, Nippel, Sauger etc. bestehen. Bei grösseren gusseisernen Leitungen werden an den Kreuzungsstellen, von welchen verschiedene Stränge abzweigen, Theilkasten, in der Leitung selbst von Strecke zu Strecke Spunkasten angeordnet, deren Construction man ebenfalls als »Normal-Façons« in allen Preisverzeichnissen der Hüttenwerke findet. Theilkasten und Spunkasten werden angewendet, um die Röhrenleitung entlüften, entleeren und von diesen Stellen aus vorkommendenfalls mittels Durchziehens von Röhrenbürsten<sup>302)</sup>, welche an lange Drähte befestigt werden, reinigen zu können.

423.  
Regelungs-  
und Spül-  
Einrichtungen;  
Ablassen  
der Luft.

Zu den Regelungsvorrichtungen (Abperrvorrichtungen) einer Röhrenleitung gehören die einfachen Schliesen, die Schieber, Ventile, Hähne und Klappen. Besteht die Röhrenleitung aus Gusseisen, so werden diese Vorrichtungen mit Flanschen oder Muffenverband eingebaut; besteht dieselbe aus Thonröhren oder Cementröhren, so werden die letzteren auf kurze Strecken durch gusseiserne Zwischenleitung ersetzt und durch Ueberziehen von Doppelmuffen ein dichter Verband zwischen Thonröhren-(Cementröhren)-Leitung und gusseiserner Leitung hergestellt (Fig. 375). Hat man es — wie bei den Hausleitungen meistens der Fall — mit schmiedeeiserner oder Bleiröhrenleitung zu thun, so erfolgt das Einsetzen des Ventiles (Schiebers, Hahnes etc.) in der in Art. 416 (S. 409) gedachten Weise. Einfache, hauptsächlich bei Brunnenstuben zur Anwendung gelangende Schliesen sind am Keil nur auf einer Seite abgeschragt; die Schlusflächen sind lothrecht (Fig. 376).

Fig. 375.



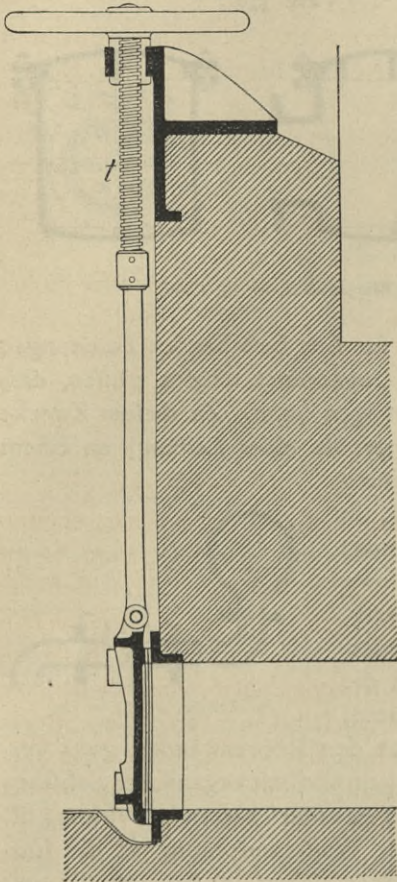
Verbindung gusseiserner und Thonröhren.

<sup>302)</sup> D.R.-P. Nr. 22390.



Eine bewegliche Schieberspindel aus Bronze, welche mittels eines an fest stehender Mutter drehbaren Handrades auf und ab bewegt werden kann, gestattet das Oeffnen und Schliesen von Hand. Die Ringe am Keil und an der Sitzfläche müssen aus Bronze hergestellt sein, um ein Anrosten, bezw. Zusammenwachsen der Schlusflächen zu verhindern. Die Führung für den Keil ist in das Mauerwerk eingelassen und in gleicher Weise, wie der Keil, abgefrägt, so daß beim Zudrehen der Schliese die Schlusflächen fest auf einander gepreßt werden.

Fig. 376.

Einseitig schließender Schieber. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

Bei Schiebern mit doppelt schließenden Sitzflächen werden die Gehäuse in Gusseisen angefertigt, während die Spindeln, Schraubenmuttern, so wie die Dichtungsringe der Keile und der Gehäuse aus Bronze hergestellt sind.

Bei Schiebern mit doppelt schließenden Sitzflächen werden die Gehäuse in Gusseisen angefertigt, während die Spindeln, Schraubenmuttern, so wie die Dichtungsringe der Keile und der Gehäuse aus Bronze hergestellt sind.

Sollen diese Schieber in die Erde eingebaut werden, so erhalten sie eine mit Schutzröhren umgebene, in einem Vierkant unter der Strafsenkappe endigende Schlüsselstange, mittels welcher das Oeffnen und Schliesen des Schiebers von der Strafe aus bewirkt werden kann, wie Fig. 377 darstellt. Stehen die Schieber in besonders erbauten Zugangschächten, so wird

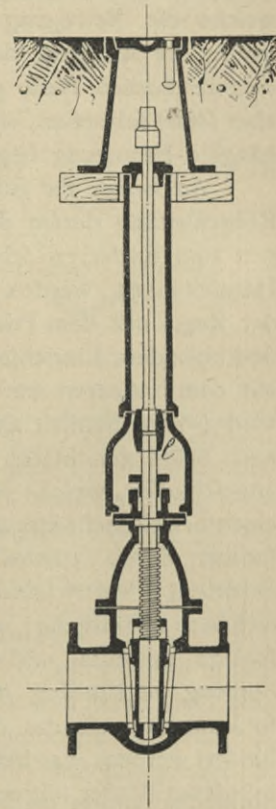
am Ende der Bronze-Spindel bei *l* ein Handrad angebracht. Solche Schieber kommen bei Leitungswerten von 40 mm aufwärts in Verwendung. Bei kleineren Lichtweiten (Hausleitungen etc.) verwendet man entweder Ventile (siehe Art. 425, S. 436) oder *Peets*-Schieber (siehe Art. 425, S. 437 u. Fig. 401).

Die Schieber haben Ventilen gegenüber den in manchen Fällen sehr beachtenswerthen Vorzug, daß sie in geöffnetem Zustande keinen besonderen Widerstand in der Röhrenleitung erzeugen, während in den Ventilen, welche ohne Ausnahme wagrechte Schlusflächen haben, auch in deren geöffnetem Zustande ein ganz bedeutender Reibungswiderstand beim Wasserdurchflusse entsteht.

Den eben gedachten Vortheil, Ventilen gegenüber, zeigen auch die Hähne, deren Construction in Fig. 362 u. 363 (S. 409 u. 410) dargestellt wurde; die Nachteile der Hähne haben wir in Art. 416 (S. 411) erwähnt, und es gelangen dieselben im Allgemeinen bei der Wasserverforgung (siehe auch Art. 411) sehr selten mehr zur Anwendung.

Bei längeren Druckleitungen, insbesondere bei solchen, welche von Pumpwerken herkommen und unmittelbar zu Wasserbehältern führen, würde ein Röhrenbruch in

Fig. 377.

Doppelt schließender Schieber.  
 $\frac{1}{25}$  w. Gr.

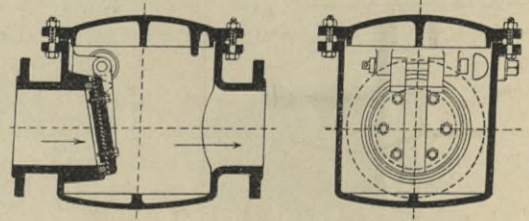
der Nähe der Pumpstation oder ein Offenlassen der Schieber oder eines Leerlaufes dafelbst die Wasserversorgung rasch außer Betrieb setzen. Um sich gegen solche Vorkommnisse zu sichern, pflegt man ganz in der Nähe des mit Wasser zu versorgenden Gebäudes oder Gebäude-Complexes Klappenventile (Fig. 378) anzuordnen, welche die Bewegung des Wassers nur in der Richtung der in Fig. 378 eingezeichneten Pfeile gestatten, sich aber sofort schliessen, wenn eine rückgängige Bewegung beginnen will.

An keiner für sich bestehenden Röhrenleitung dürfen die Vorrichtungen zum Entleeren fehlen. Bei den Hausleitungen werden dieselben in der Regel mit dem Privat-Haupthahn vereinigt; bei für sich bestehenden Zuleitungen sind besondere Einrichtungen erforderlich, welche so angeordnet werden müssen, daß mit dem Entleeren auch das Spülen der Leitung erfolgen kann. Zu diesem Zwecke wird (wenn thunlich am tiefsten Punkte des Längenprofils einer Leitung) an einem nach unten gerichteten Abzweige eine besondere Leitung angeschlossen, welche in das Freie, in einen Canal, in einen Senkschacht etc. ausmündet (Fig. 379). Man erzeugt sodann durch ganzes oder theilweises Oeffnen des Schiebers *S* einen lebhaften Wasserstrom in der Leitung, welcher sämmtliche noch nicht angeheftete Niederschläge mitreißt und die Leitung säubert. Wird die Spülung regelmässig und häufig genug vorgenommen, so kann dadurch das Ansetzen der Niederschläge an den Röhrenwänden ganz verhindert werden, was besonders bei gußeisernen, weiches und mit organischer Substanz beladenes Wasser führenden Röhrenleitungen von nicht zu unterschätzender Wirkung ist.

Von größter Wichtigkeit für den Betrieb einer Wasserversorgung ist die Entfernung der Luft aus den Röhrenleitungen. Wir haben schon in Art. 408 (S. 398) gesagt, daß das Längenprofil einer Wasserzuleitung ganz beliebig gelegt werden kann, wenn man die höchsten Punkte entlüftet und vermeidet, daß die Pressung innerhalb der Leitung unter die atmosphärische sinkt. Die letztere Bedingung ist (so fern man von besonderem Auspumpen der Luft etc. absehen will) nur durch zweckentsprechende Anordnung des Längenprofils zu erfüllen. Die Entlüftung an den höchsten Punkten geschieht durch Standröhren, laufende Brunnen, Strahlapparate, Luftschrauben, selbstwirkende Luftventile u. dergl.

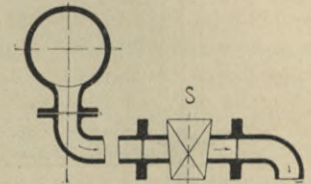
Ist in *O* (Fig. 380) der mit der Atmosphäre in Verbindung stehende Wasserbehälter (die Brunnenstube oder die auf einen Wasserbehälter zurückgeführte Pumpstation) für eine dafelbst abgehende Druckleitung und nennt man den bis zu irgend einer Stelle in der Entfernung *x* von *O* entstandenen Reibungswiderstand, als Wasserfäulenhöhe ausgedrückt, *y*, so bezeichnet die Linie *OO'* mit den Ordinaten *x* und *y* ziemlich genau jene Lage der Röhre, bei welcher die Pressung in derselben allerwärts gleich der atmosphärischen wäre. Erhebt sich die Röhre über diese Linie *OO'*, so sinkt entweder die Pressung unter die atmosphärische herab und die Leitung muß als Heber wirken, worauf man sich nie verlassen kann, weil das Wasser stets mit Luft und Wasserdampf vermischt ist; oder die Bewegung des Wassers vollzieht sich so, als ob zwischen beiden Wasserbehältern, bezw. den Punkten *A* und *A'*, ein offenes Gerinne eingeschaltet wäre. Im letzteren Falle ergibt sodann die Leitung eine Menge *q*, d. h. nur so viel Wasser, als einer wirklichen Druckhöhe *h* bei einer Leitungslänge *a* entsprechen würde, während eine von *O* bis *O'* voll laufende Leitung eine Menge

Fig. 378.



Klappenventil. — 1/25 w. Gr.

Fig. 379.



Spülschließe. — 1/25 w. Gr.

$Q$  liefern müßte, entsprechend der wirkamen Druckhöhe  $H$  auf die Entfernung  $l$ . Die Menge  $Q$  würde auch jede unterhalb oder in der Linie  $OO'$  mit stetigem Gefälle verlaufende Leitung liefern, die in Fig. 380 dargestellte Leitung jedoch nur dann, wenn durch Auspumpen der Luft in  $A$  der Querschnitt stets gefüllt erhalten wird und die Stelle  $A$  weniger als  $10,33$  m über dem Punkte  $M$  der Linie  $OO'$  liegt.

Hat die Leitung, wenn sie unterhalb  $OO'$  verläuft (Fig. 381), ein Gegengefälle, so sammelt sich an dieser Stelle  $G$  eine Luftblase an. Diese Blase wird zunächst bei  $G$  den wasserdurchlassenden Querschnitt

Fig. 380.

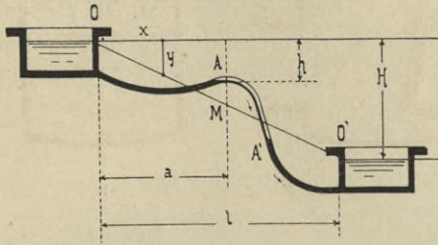
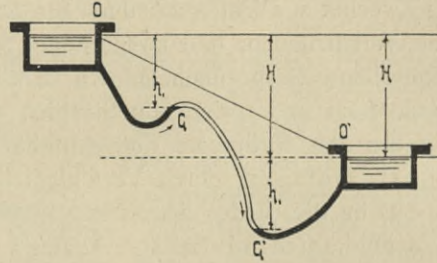


Fig. 381.



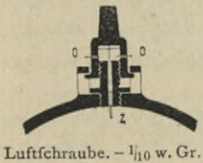
Längs-Profile von Druckleitungen.

der Röhre verengen, und das Ergebnis der Leitung wird, wegen des hierdurch verursachten besonderen Widerstandes, bei gleich bleibender wirkamer Druckhöhe ein geringeres werden; unter Umständen kann die Bewegung auch ganz aufhören. Denken wir uns einen Punkt  $G_1$  um dieselbe Höhe  $h_1$  tiefer unter dem Behälter  $O'$ , als  $G$  unter  $O$ , so halten sich die Wasserfäulen  $OG$  und  $O'G_1$  Gleichgewicht und leisten keine andere Arbeit, als die Zusammenpressung der zwischen  $G$  und  $G_1$  gelegenen Luftblase. Ein derartiger labiler Gleichgewichtszustand wird nicht sehr lange andauern können, weil die Luft wieder entweicht; es stellt sich dann allmählig Bewegung her; dieselbe wächst, erreicht ein Höchstmaß, vermindert sich wieder, und wir lernen mit ihrer Verfolgung jenen Zustand kennen, der uns in dem ungleichförmigen, gurgelnden Ergüsse schlecht gelegter Leitungen so häufig in der Praxis entgegentritt.

Würde man bei der Anordnung in Fig. 381 an der Stelle  $G$  eine Standröhre errichten, welche das Ueberlaufen des Wassers verhindert, so könnte die Luft stets entweichen, also eine Luftblase bei  $G$  nicht entstehen; das Gleiche wird eintreten, wenn von  $G$ , d. h. vom Scheitel der Röhrenleitung, aus in stetiger Steigung eine Zweigröhre zu einem höher gelegenen, ständig laufenden Brunnen abgeht. Diese Zweigleitung würde durch den gedachten Brunnen die Luft stets entweichen lassen. Der gleiche Zweck würde erreicht, wenn in  $G$  ein Strahlapparat (siehe Art. 412, S. 401) angebracht wäre, welcher unmittelbar von der Druckleitung betrieben werden kann.

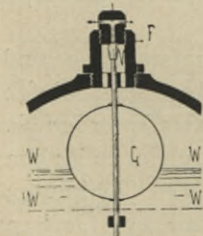
Statt dieser Hilfsmittel verwendet man an solchen Stellen auch einfache, von Hand zeitweise zu öffnende Luftschrauben, wie in Fig. 382, oder selbstwirkende Luftventile, wie in Fig. 383 dargestellt.

Fig. 382.



Luftschraube. -  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 383.



Selbstthätiges Luftventil.  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Bei der Luftschraube werden durch Aufdrehen zwei Oeffnungen  $o, o$  frei, durch welche die Luft entweicht; ist sie entfernt, so bringt das Zuschrauben die Dichtung  $d$  auf die Zuführung  $Z$ , so das weder Wasser, noch Luft entweichen können. Bei den selbst wirkenden Luftventilen wird durch die Schwimmkugel  $G$  das Entweichen der Luft ermöglicht. Steht der Wasserstand unter der Schwimmkugel in der Wagrechten  $WW$ , so wird der Auftrieb genügen, um den Verschlusskolben  $V$  gegen die nach außen gehende Luftabströmungs-Oeffnung  $F$  anzupressen. Sinkt der Wasserstand auf  $W'W'$  ab, so hängt der Schwimmer  $G$  frei und wird selbstthätig herabinken, wenn sein Gewicht größer ist, als das Product aus dem Ueberdrucke in der Röhrenleitung mit der Luftabströmungs-Oeffnung  $F$ . Mit diesem Ueberdrucke wird er nämlich auch nach dem Sinken des Wasserstandes noch oben fest gehalten, und die Ursache des Nichtwirkens so vieler selbstthätiger Luftventile besteht lediglich darin, das  $F$  zu groß, bzw.  $G$  zu klein gewählt wurde, in

welchem Falle sich der Schwimmer fest faugt. Die ganze Einrichtung wird am höchsten Punkte der Röhrenleitung in einen Theilkasten eingefetzt.

424-  
Auslauf-  
vorrichtungen  
außerhalb der  
Gebäude.

Außerhalb der Gebäude, in Höfen und Gärten, werden vielfach Ausläufe einer Wasserverförgung angeordnet, welche theils zum Schutze gegen Feuersgefahr, theils zu Zwecken der Bewässerung und Besprengung im Sommer, theils zur unmittelbaren Wasserentnahme für den häuslichen Gebrauch und endlich auch als Zierbrunnen dienen.

Die im Freien stehenden Hydranten erfüllen in der Regel die erstgenannten drei Zwecke; zur Wasserentnahme für den häuslichen Gebrauch pflegt man frei stehende oder Wandbrunnen, und zwar ständig laufende oder mit Selbstschlußhähnen verfehene aufzustellen; Zierbrunnen können in allen möglichen Verwendungen in Erscheinung treten, doch sind springende Strahlen am häufigsten im Gebrauche.

Bei den Hydranten sind grundsätzlich zu unterscheiden:

- 1) Hydranten, deren Verchlufs in gemauerten Schächten liegt;
- 2) in die Erde eingebaute Hydranten mit Selbstentleerung, Schutzröhre und Strafsenkappe;
- 3) in die Erde eingebaute Hydranten ohne Selbstentleerung, mit Schutzröhre und Strafsenkappe, und
- 4) Ueberflur-Hydranten.

Die erstere Art von Hydranten (Fig. 384) ist die vollkommenste, aber auch die theuerste, indem der Schacht allein meistens wesentlich mehr kostet, als die Gefammtherstellung der unter 2 und 3 genannten.

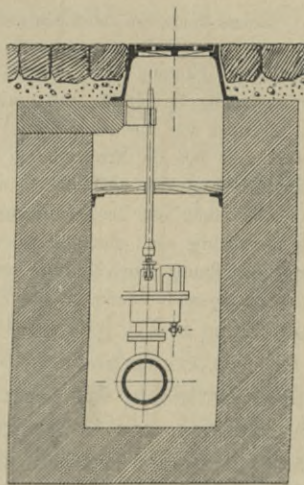
Die Schächte müssen mindestens eine Lichtweite von 0,70 bis 0,80 m haben, wenn sie noch zugänglich fein sollen; besser ist es schon, die Lichtweite auf 1,0 m zu vergrößern. Der Hydranten-Verchlufs wird in eine Tiefe von mindestens 1,2 bis 1,5 m unter Bodenfläche gelegt, und es ist vortheilhaft, einen Zwischenboden im Schachte zur weiteren Schutzvorkehrung gegen sehr starken Frost einzuschalten, wie in Fig. 384 angedeutet.

Die über die Strafe reichende Standröhre (Fig. 385) wird mittels eines Bajonett-Verchluffes am Ventilkasten befestigt und das Ventil mit einem Steckschlüssel von der Strafe oder dem Hofe aus geöffnet, wenn Wasser abgelassen werden soll.

Diese fog. Berliner Hydranten werden, wie die folgenden, in der Regel für 4 Lichtweiten der Standröhre hergestellt: für 40, 50, 65 und 80 mm.

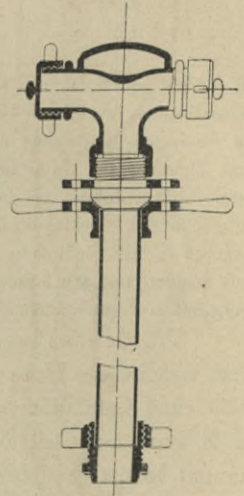
Ein in die Erde eingebaute Hydrant mit Schutzröhre, Strafsenkappe und selbstthätiger Entwässerung ist in Fig. 386 dargestellt. Es ist bei allen diesen Hydranten, deren es von verschiedenartigster Construction giebt, erstes Erforderniß, daß der Verchlufs nachgesehen und ausgebeffert werden kann, ohne aufgraben zu müssen. Die Erfüllung dieser Bedingung macht es unmöglich, den Hydranten so zu construiren, daß er in der Zwischenstellung (zwischen vollständigem Oeffnen und Abschluß) kein Wasser entweichen läßt; wenn das Ventil nach völligem Zu-

Fig. 384.



Im Schachte eingebaute Hydrant.  
1/50 w. Gr.

Fig. 385.



Standröhre.  
1/10 w. Gr.

drehen der Spindel geschlossen ist, soll die Entwässerungsöffnung *O* ganz geöffnet sein. Es kann also der Verschluss dieser Oeffnung (welcher in Fig. 386 durch einen elastischen Führungsring unter Mitwirkung des Wasserdruckes erfolgt) beim Aufdrehen des Hydranten erst dann wieder ein vollständiger sein, wenn die Spindel um den Durchmesser der Oeffnung *O* gehoben ist. In der Zwischenstellung wird durch *O* Wasser unter Druck entweichen. Wird bei dieser Art von Hydranten der Deckel *D* gelöst, so kann die ganze Verschlussvorrichtung herausgezogen werden; selbstverständlich muss vorher die Leitung abgestellt sein.

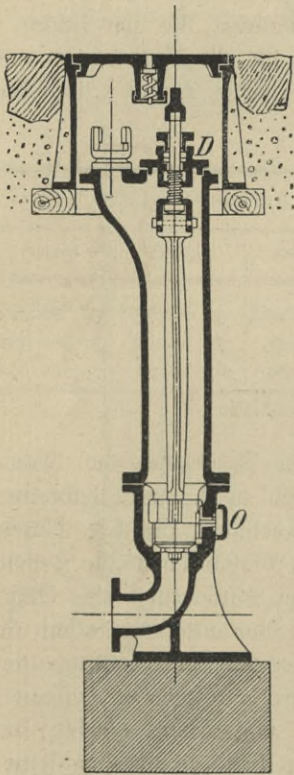
Verzichtet man auf den eben bezeichneten Vortheil, so kann der Hydrant

leicht so construirt werden, dass er in der Zwischenstellung kein Wasser entweichen lässt, sondern nur die Steigröhre sich entleert. Ein derartig construirtes Hydrant ist in dem unten genannten Werke<sup>303)</sup> dargestellt.

Hydranten der letzteren Art können in jedem Boden, solche mit Wasserverlusten in der Zwischenstellung in Böden, welche sehr wenig Wasser aufnehmen, nicht aufgestellt werden.

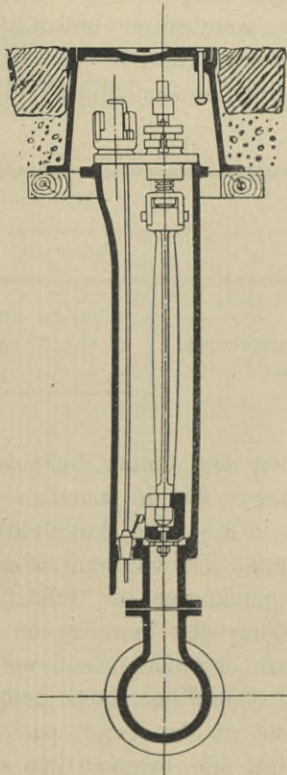
In vielen Fällen vollzieht sich die Selbstentleerung nicht seitlich an der Steigröhre, sondern durch die Spindel, welche den Verschluss bewirkt. Sehr zu beachten ist, dass die Oeffnungen *O* für die Entleerung mit Messing ausgebüchsst werden müssen, da sie anderenfalls rasch zurosten, worauf dann das Wasser in der Hydranten-Steigröhre stehen bleibt.

Fig. 386.



Hydrant mit Selbstentleerung.  
System Lueger. — 1/25 w. Gr.

Fig. 387.



Hydrant ohne Selbstentleerung.  
1/25 w. Gr.

Der letztgenannte Uebelstand sowohl, als auch die nicht unbedeutenden Wasserverluste der eben genannten Hydranten in der Zwischenstellung haben zu der unter 3 gedachten Hydranten-Construction geführt, wie sie in Fig. 387 dargestellt ist.

Bei dieser Construction entleert sich nach gemachtem Gebrauche des Hydranten die Steigröhre nur dann, wenn durch Heben der in derselben stehenden Stange der Pfropfen *P* entfernt und dort ein Abfluss eröffnet wird. Da man die Hydranten im Winter wenig benutzt, im Sommer aber das Stehenbleiben des Wassers in der

<sup>303)</sup> GERSTNER, E. Hofwasserwerk zu Karlsruhe. Karlsruhe 1871.

Steigröhre keine Nachteile hat, so ist diese höchst einfache Construction in vielen Fällen, besonders bei Garten-Hydranten, zu empfehlen. Allerdings ist zu beforgen, daß bei etwaiger Nichtentleerung oder bei undichtem Verschlusse der Hydrant im Winter einfriert; in einzelnen Gebäuden und selbst in größeren Gebäudegruppen hat man jedoch meistens die nöthige Zeit, um diese Einrichtungen nachzusehen. Muß das verbrauchte Wasser nach Messern bezahlt werden, so gewährt der Umstand, daß sich jede Undichtheit des Wasserabflusses gegen die Leitung in diesem Hydranten sofort durch das Ansteigen der Wasserfäule in der Steigröhre kundgibt, auch eine angenehme Controle des Verschlusses, welche bei dem unter 2 genannten Hydranten schwieriger ist, weil dort die Verluste durch die der Selbstentleerung dienende Oeffnung unbemerkt entweichen können.

Die Kosten für Anschaffung der eben gedachten Hydranten berechnen sich, abgesehen von den Kosten der Standröhren und des Schachtes, für den unter 1 angeführten Berliner Hydranten und (auschl. der Kosten für die Erdarbeiten und das Verletzen, jedoch einschl. der Straßenkappen) für die unter 2 und 3 üblichen Constructionen wie folgt:

Art der Hydranten :	Lichtweite der Ausflusrröhre (Standröhre)			
	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm
Berliner Modell (Schacht-Hydrant) . . . . .	15 bis 20	20 bis 26	30 bis 33	35 bis 40
Hydrant mit einfacher selbstthätiger Entwässerung	36 bis 42	48 bis 55	70 bis 80	90 bis 100
Hydrant ohne selbstthätige Entwässerung . . . . .	45 bis 50	55 bis 60	65 bis 72	75 bis 85

Mark.

Das Auffinden und Oeffnen der feither beschriebenen Hydranten bei Nacht und im Winter, wenn Schnee liegt, hat in manchen Fällen zu Unzuträglichkeiten geführt, welche man durch die in Fig. 388 dargestellte Anordnung der fog. Ueberflur-Hydranten zu vermeiden sucht. Die letzteren haben im Wesentlichen die gleiche Construction, wie die unter 2 genannten mit selbstthätiger Entleerung der Steigröhre; es ist jedoch die Handhabung des Ventiles von oben eher möglich, indem die Spindel etwa 1 m über Bodenfläche in einer gusseisernen, über den Boden aufragenden und deshalb leicht auffindbaren Standfäule hoch geführt ist, an welcher sich auch die Schlauchverschraubungen, die in der Regel paarweise angeordnet werden, befinden. Solche Anordnungen sind sehr bequem und eignen sich gut an allen jenen Stellen, welche nicht befahren werden; sie lassen sich jedoch wegen Mangels an geeigneten Plätzen nicht überall durchführen und sind selbstverständlich, je nach Ausstattung, erheblich theurer, als die in die Erde eingelassenen Hydranten-Constructionen. Man darf für ihre Anschaffung und Aufstellung für das Stück den Preis von 150 bis 200 Mark annehmen.

Hydranten mit kleineren Lichtweiten der Ausflusrröhren werden auch vielfach in Gärten und im Inneren der Gebäude verwendet. Die letzteren finden in Art. 425 Erwähnung; die Garten-Hydranten werden im Winter nicht benutzt, und es sind deshalb bei denselben besondere Einrichtungen zum Schutze gegen Frost nicht nöthig. Die am häufigsten getroffene Anordnung für Gusseisenröhren ist in Fig. 389 dargestellt; doch giebt es, je nach Art ihrer Verbindung mit der Röhrenleitung, welche letztere auch aus galvanisirten schmiedeeisernen Röhren oder Bleiröhren bestehen kann, auch

Fig. 388.

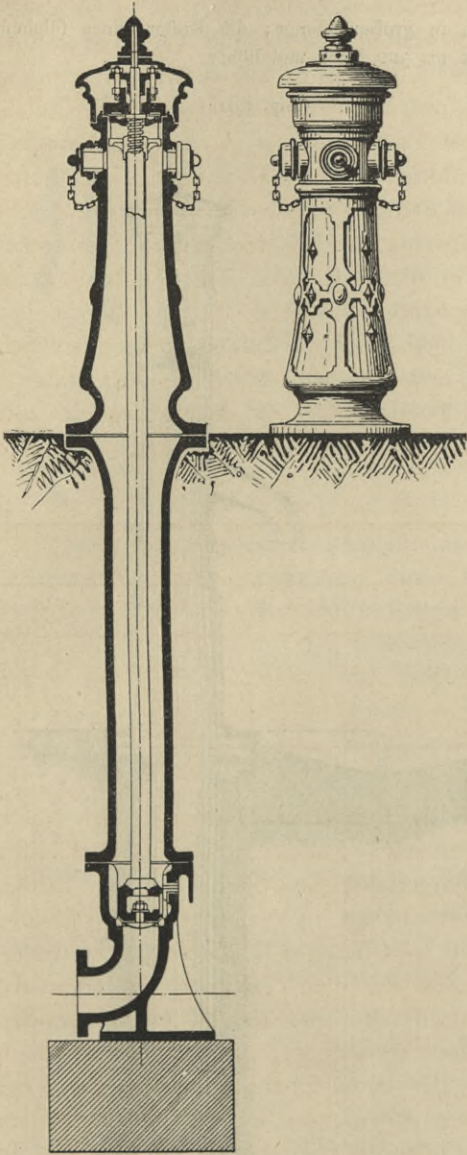
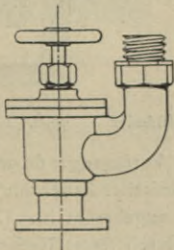
Ueberflur-Hydrant. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

Fig. 389.

Garten-Hydrant. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

hiervon abweichende Constructions. Diese Hydranten kosten in der Regel für das Stück nicht mehr als 15 bis 20 Mark.

Man findet noch in vielen, besonders in Gebirgsgegenden, ausserhalb der Gebäude zur Trinkwasserentnahme für Menschen und Hausthiere ständig laufende Brunnen angeordnet. Die Einrichtung derselben ist sehr einfach: eine mit Stellhahn versehene Zuleitungsröhre steigt in einem in der Regel aus Stein oder Eisen hergestellten Brunnenstock in die Höhe und mündet etwa 1,20 bis 1,30 m über dem Boden in das Freie. So weit die Röhre aus dem Brunnenstock heraustritt, wird dieselbe etwas verengt und ergießt sodann das Wasser in lothrechttem oder parabolischem Strahle in eine Brunnenchale, welche letztere mehr oder weniger groß angeordnet wird, je nachdem sie als Vorrathsbehälter (zum Viehtränken, Schöpfen mit Gießkannen und Eimern etc.) dienen soll oder nicht. Das Wasser aus den Röhren solcher Brunnen ist im Sommer natürlich stets frischer, als jenes aus den Hausleitungen, und ein Einfrieren im Winter ist nicht zu beforgen. Bemerkt sei noch, daß es stets rathsam ist, eine besondere Röhre im Brunnenstock hoch zu führen; niemals sollte man den Brunnenstock selbst als Steigröhre benutzen, weil derselbe dabei unvermeidlich zerstört wird.

Im Uebrigen werden häufig im Freien auch Zapfbrunnen angewendet. Die Anordnung eines Wandbrunnens im Hofe haben wir bereits in Art. 421 (S. 419) u. Fig. 373 gegeben; an gleicher Stelle haben wir auf freistehende Zapfbrunnen hingewiesen, welche in Fig. 390 u. 391 dargestellt sind.

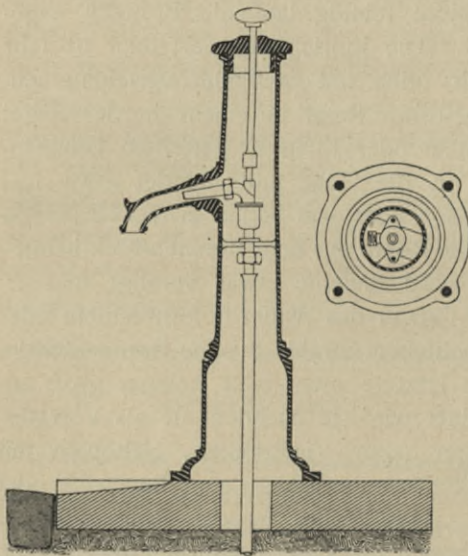
In Fig. 390 sehen wir einen Brunnen, bei welchem durch Drücken auf den oberen Knopf an der Standfäule ein Ventil geöffnet wird; dieses Ventil schließt sich selbstthätig, sobald der Druck auf den Knopf aufhört. Fig. 391 stellt einen Zapfbrunnen dar, welcher auch im Winter im Betriebe bleiben kann; durch das Aufheben eines Hebels wird ein mit Gegengewicht ausbalancirter Kolben auf die Führungsstange des Einlassventils gedrückt und dadurch der Auslauf bewirkt; beim Loslassen des Hebels heben das Gegengewicht und der Druck des Wassers in der Auslauföhre nach geschlossenem Ventile den Kolben wieder in die Höhe, und das Wasser sinkt

auf eine Tiefe hinab, in welcher es nicht mehr einfrieren kann. Ausbesserungen an der Einrichtung können ohne Ausschachten des Brunnens erfolgen.

Aehnliche Einrichtungen wie in Fig. 391 bestehen in großer Menge; die Kosten eines solchen Auslaufständers belaufen sich, je nach Ausstattung, auf 250 bis 300 Mark und höher.

Fig. 390.

Loth- und wagrechter Schnitt.



Anficht.

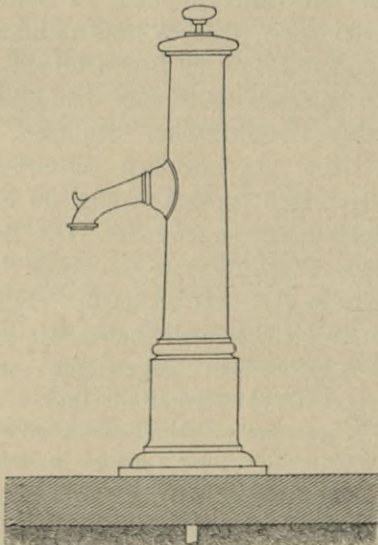
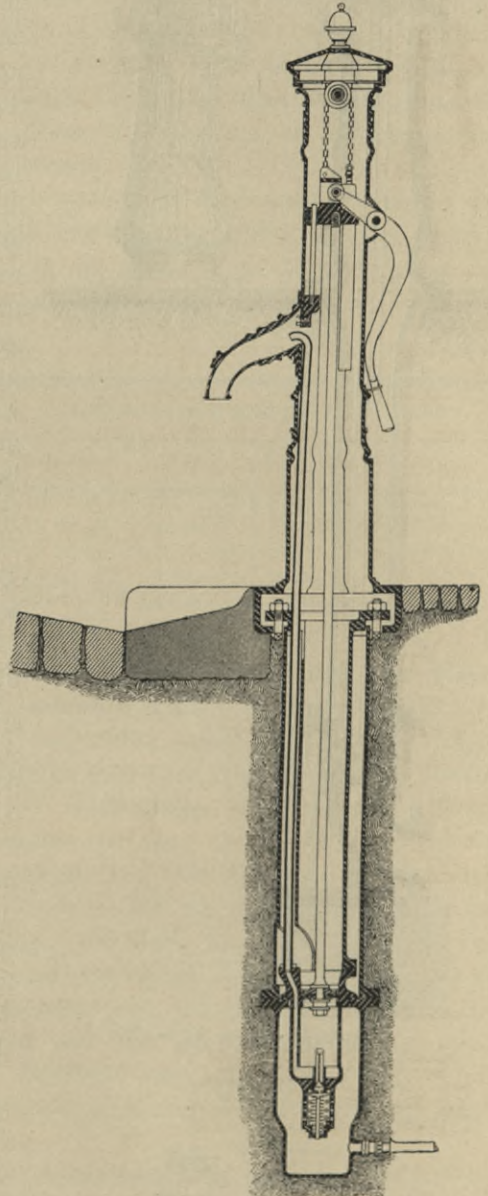
Auslaufständer. —  $\frac{1}{15}$  w. Gr.

Fig. 391.

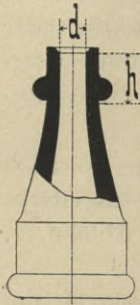
Auslaufständer. —  $\frac{1}{20}$  w. Gr.

Stehen bei einer Wasserverfögrung reichliche Wassermengen zur Verfügung, so werden derartige Brunnen selten angewendet; in der Regel wird an Stelle derselben ein einfacher Zapfhahn (siehe Art. 425, S. 436) eingerichtet, hinter dessen Ventil eine ca. 1 mm weite Oeffnung angebracht ist. Das durch diese Oeffnung ständig in die Brunnenschale entweichende Wasser verhindert durch stetes Nachziehen wärmeren Wassers aus der Zuleitung das Einfrieren der Steigröhre in wirksamster Weise.



Als ganz besonders wirkfame Zierde öffentlicher und privater Gebäude wurden von jeher die Springbrunnen und Wasserkünfte aller Art betrachtet. Ueber Zuleitungen zu solchen Anlagen haben wir bereits in Art. 420 (S. 418) abgehandelt; es ist zur Erzielung schöner Wasserstrahlen angemessen, keine gröfsere secundliche Geschwindigkeit in der Zuleitung, als  $1^m$  eintreten zu lassen.

Fig. 392.



Mundstück für  
Springbrunnen.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Als Mundstücke für den lothrecht aufsteigenden Strahl (welche ebenfalls als Mundstücke für Strahlröhren zu Hydranten passen) empfehlen sich erfahrungsgemäss solche am besten, welche auf eine Strecke  $h = 1,5$  bis  $2,0 d$  (Fig. 392) rein cylindrisch sind und sich gegen die Strahlröhren trompetenartig erweitern.

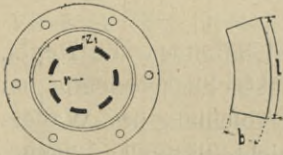
Da man für einen mächtigen geschlossenen Strahl sehr viel Wasser verbraucht, so hat man denselben bei grösseren Springbrunnen durch eine sog. Sprungplatte (Fig. 393) getheilt. Diese Platte ist auf das Beste für die Erreichung eines schönen Strahles geeignet, wenn die Oeffnungen in derselben durch Zwischenräume  $z$  unterbrochen sind,

wobei  $z = \frac{3l}{4}$ ,  $b = \frac{2l}{7}$  und  $l = 0,55 r$ .

Stehen eine grosse Druckhöhe und verhältnissmässig wenig Wasser zur Verfügung, so pflegt man zur Erreichung eines schönen Strahles das Mundstück des Springbrunnens tiefer, als der Wasserspiegel im Becken ist, zu legen. In diesem Falle

reißt der aufsteigende Strahl stets Wasser aus dem Becken mit empor und erscheint — allerdings auf Kosten seiner Höhe — viel reichlicher. Je tiefer man das Mundstück senkt, um so niedriger wird der Strahl, bis er sich endlich zu einem Sprudel umformt<sup>304</sup>).

Fig. 393.

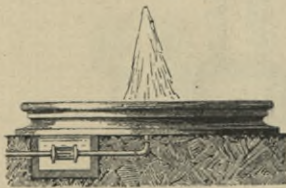


Sprungplatte für Springbrunnen.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Sauger (vergl. Art. 412, S. 401) Wasser aus dem Becken nachsaugen und, je nach dem verfügbaren Drucke, durch das Mundstück erheblich mehr Wasser auswerfen lassen, als von der Wasserverföugung her zufliesst (Fig. 394). Der Strahlapparat wird

in die Zuleitung eingeschaltet und möglichst tief in das Becken gelegt, damit er stets reichlich mit Wasser umgeben ist; von diesem Wasser faugt er ab und wirft es von neuem wieder aus, und zwar um so mehr, je kleiner die Wurfweite und je grösser im Verhältniss zu dieser der Wasserdruck in der Zuleitungsröhre ist.

Fig. 394.



Springbrunnen mit Sauger.  
 $\frac{1}{300}$  w. Gr.

Sehr zu beachten ist bei allen Springbrunnen, dass die Grössen der Becken im richtigen Verhältniss zur Strahlhöhe stehen; für kleinere Schalen muss man alle hohen Strahlen vermeiden, weil dieselben vom Winde über die Beckeneinfassung hinaus geworfen werden, wodurch sich die Umgebung des Springbrunnens in einen Sumpf verwandelt. Um so besser lässt sich aber bei

<sup>304</sup>) Ueber BOECKMANN'S patentirte Mündungsstücke siehe: Deutsche Bauz. 1881, S. 573. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 181.

kleinen Becken und niedrigem Strahle eine etwa vorhandene groſſe Waſſerdruckhöhe in der Zuleitungsröhre zur Erſparniſſ von Waſſer bei gutem Effecte benutzen, was leider ſo wenig geſchieht.

Bei Anlage von fehr groſſen Springbrunnen mit vielerlei und verſchieden hohen Strahlen empfiehlt es ſich fehr, die Ventile oder Schieber, mittels welcher die einzelnen Strahlen geſtellt werden, fämmtlich in einen einzigen Schacht oder noch beſſer in einen Raum zu verlegen, von welchem aus man jeden Strahl überſehen kann. Nur auf dieſe Weiſe iſt ohne groſſe Umſtände rafch ein gutes Zufammenwirken der einzelnen Strahlen zu erzielen.

Bezüglich der architektoniſchen Geſtaltung der Springbrunnen, eben ſo auch der Wandbrunnen, inſbeſondere wenn ein mehr monumentaler Charakter angeſtrebt wird, ſei auf Theil IV, Halbhd. 8 dieſes »Handbuches« (Abth. VIII, Abſchn. 2, Kap. 3) verwieſen.

425.  
Haus-  
einrichtungen.

Innerhalb der Gebäude führen die einzelnen Leitungen das Waſſer den für die mannigfaltigſten Zwecke angebrachten Zapfſtellen zu, und es werden hierzu Ventile und Zapfhähne der verſchiedenſten Conſtruction verwendet.

Man wird unterſcheiden können:

- 1) einfache Entnahme durch Zapfhahn,
- 2) Entnahme durch ſtändigen Auslauf und
- 3) Entnahme mittels Schwimmkugelhahnes zur Füllung von Behältern.

Die Zapf- oder Ausfluſshähne ſollen einen kleineren Querſchnitt haben, als die Leitungsröhre, von der ſie geſpeist werden.

Für die Conſtruction der Zapfhähne gilt unter allen Umſtänden die Regel, daſs bei Leitungen, welche unter höherem Drucke ſtehen, nur Abſchlussvorrichtungen zur Verwendung kommen dürfen, bei denen ein plötzlicher Abſchluss des Waſſers und eine hieraus ſich ergebende Stoſswirkung in der Leitung nicht ſtattfinden können. Es ſind daher, wie bereits früher erwähnt wurde, Kegelhähne nicht ſtatthaft, ſondern

Fig. 395.

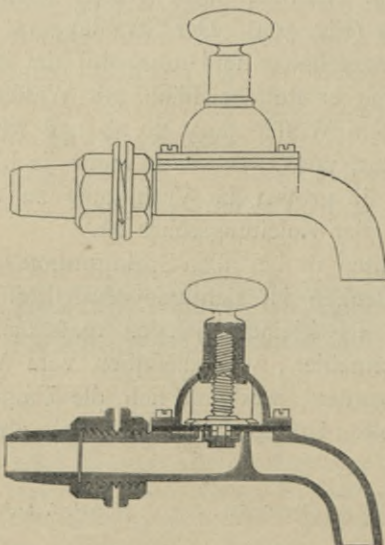
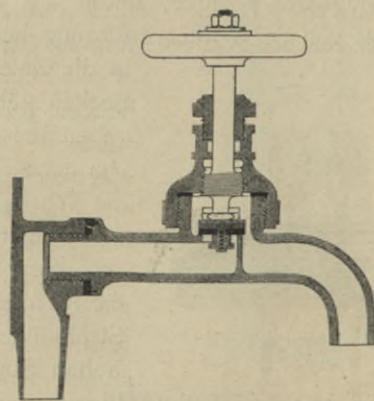


Fig. 396.



Niederschraubhähne.

$\frac{1}{3}$  w. Gr.

Fig. 397.

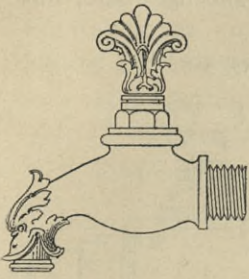


Fig. 398.

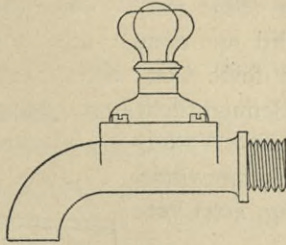
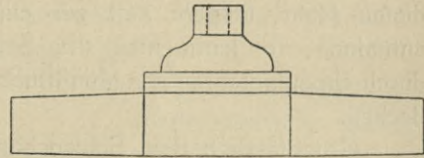


Fig. 399.



Fig. 400.



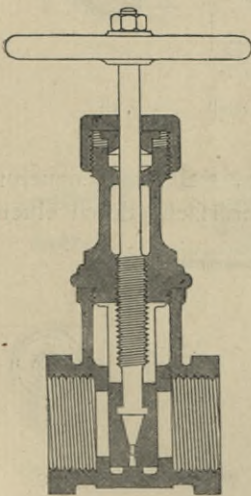
Niedererschraubhähne. —  $\frac{1}{8}$  w. Gr.

nur Ventile, bei welchen durch mehrmaliges Umdrehen eines Handgriffes das Oeffnen und Abschließen erfolgt. Sie werden am besten aus Messing oder Rothguß hergestellt und wasserdicht geschliffen.

Die gebräuchlichsten Formen dieser Niedererschraubhähne sind die Gummi-Niedererschraubhähne (Fig. 395) und die Ventilhähne (Fig. 396). Ihre Ausführung kann je nach dem Zwecke eine mehr oder weniger reich ausgestattete sein, wie aus Fig. 397 u. 398 ersichtlich ist. Soll der Hahn nur bestimmten Personen zugänglich sein, so erhält derselbe bloß ein von einer Blechhülse umgebenes Schlüssel-Vierkant (Fig. 399), so daß das Oeffnen und Schließen nur mittels eines aufgesetzten Schlüssels (Fig. 400) erfolgen kann.

Eine andere Construction eines Ventils, und zwar des sog. *Peets-Ventils*, ist aus Fig. 401 ersichtlich. Das Auf- und Abbewegen zweier Schieberplatten geschieht ebenfalls mittels einer Schraube; die Platten werden in ihrer richtigen Stellung durch einen als Keil wirkenden Kegel an ihre Sitzflächen angedrückt.

Fig. 401.

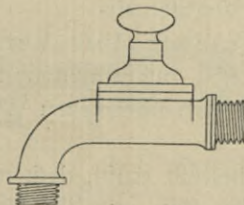


Peets-Ventil. —  $\frac{1}{8}$  w. Gr.

Fig. 402.



Fig. 403.



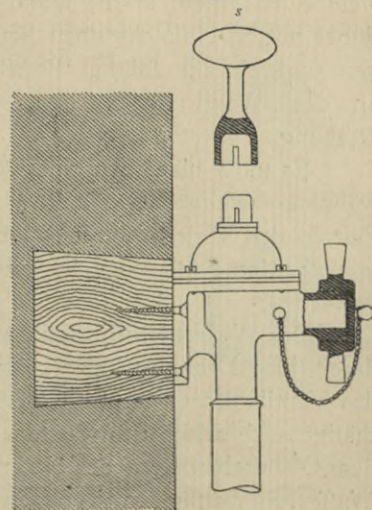
Schlauchhahn.

Fig. 404.



$\frac{1}{8}$  w. Gr.

Fig. 405.



Feuerhahn. —  $\frac{1}{8}$  w. Gr.

Beabsichtigt man das Wasser zeitweilig mittels eines Schlauches vom Hahne aus weiter zu leiten, so erhält der Auslauf des Hahnes ein Schraubengewinde, mittels dessen die Schlauchverschraubung (Fig. 402) befestigt wird. Ein derartiger Hahn wird mit dem Namen Schlauchhahn bezeichnet; seine Construction ist aus Fig. 403 ersichtlich. Benutzt man diesen Hahn längere Zeit zur einfachen Wasserentnahme, so kann man das Schraubengewinde durch ein aufgeschraubtes Mundstück (Fig. 404) verdecken.

Grundsätzlich dem Schlauchhahne vollständig gleich, aber nur einfacher und in größeren Abmessungen ausgeführt, ist der Feuerhahn (Fig. 405); derselbe soll nicht zur gewöhnlichen Wasserentnahme benutzt werden und ist daher auch nicht ohne Schlüssel *s* zugänglich.

Beide Arten von Hähnen, die Gummi-Niedererschraub- und die Ventilhähne, werden auch als Absperrvorrichtungen für einzelne Leitungen verwendet und werden in dieser Form mit dem Namen Durchgangsventile bezeichnet. Sie erhalten dann beiderseitig Stutzen zum Einlöthen und sind durch Fig. 401 u. 406 verdeutlicht.

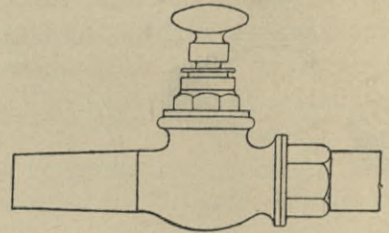
Das Schlauchventil findet in etwas veränderter Form auch als Sprengventil für Gärten (Fig. 407) Verwendung, indem dasselbe auf eine Holzbohle geschraubt und, mit einer Schutzkappe überdeckt, an die Ränder der Gartenwege gefetzt wird (siehe Art. 424, S. 433 u. Fig. 389).

Die Verbindung der Zuleitung mit dem Hahne erfolgt entweder durch eine Wandscheibe (Fig. 408), welche auf einem in die Wand eingelassenen Holzdübel mittels Holzschrauben befestigt wird und daher zugleich zur soliden Befestigung des Hahnes an der Wand dient, oder unmittelbar durch Löthung.

Es muß hier noch einer Art von Ventilen Erwähnung geschehen, und zwar der Selbstschluß-Ventile, welche in neuerer Zeit in den verschiedensten Constructionen aufgetreten sind, verursacht durch einen von der Gemeinde Wien im Jahre 1878 hervorgerufenen Wettbewerb<sup>305)</sup>.

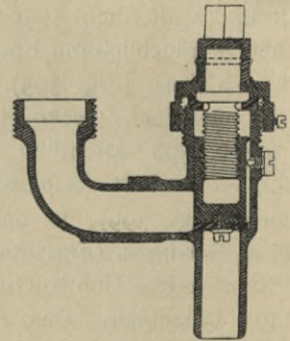
Das Wesentlichste dieser Ventile besteht darin, daß man durch eine Drehung, einen Druck oder Zug mit der Hand das Ventil öffnet, durch einfaches Loslassen aber einen selbstthätigen Abschluß des Ventils herbeiführt. Es soll hierdurch dem Offenstehenlassen des Hahnes und der damit verbundenen Wasservergeudung entgegengetreten werden. Der Abschluß

Fig. 406.



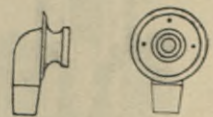
Durchgangsventil. — 1/3 w. Gr.

Fig. 407.



Sprengventil. — 1/3 w. Gr.

Fig. 408.



Wandscheibe. — 1/3 w. Gr.

305) Bericht hierüber siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1879, S. 571.

dieser Ventile ist nicht immer ein ganz stoffsreier; selbst anfänglich gut wirkende Ventile können mit der Zeit unter Stößen abschließen, so daß es bei einzelnen Constructions immerhin bedenklich bleibt, dieselben unmittelbar an eine Druckleitung anzuschließen.

Der Abschluß des Ventils kann erfolgen:

- 1) durch mechanische Mittel (Feder, Uhrwerk, Gewichte);
- 2) durch den Wasserdruck selbst, und zwar entweder
  - a) nach Ausfluß einer gewissen Wassermenge, oder

β) nach beliebiger, vom Wasserabnehmer abhängiger Dauer.

Die hervorragendsten Constructions der einzelnen Systeme sind die folgenden.

Unter 1 gehörig:

a) Das Abschlußventil von *Herdevin* in Paris (Fig. 409). Der doppelte Abschluß erfolgt durch die Wirkung einer Feder.

Unter 2, a gehörig:

b) Das Absperrventil von *Taylor* in London (Fig. 411). Das Ventil muß vorher geschlossen gewesen sein, um nach dem Aufdrehen Wasser geben zu können. Die Behandlung ist die gleiche, wie beim Niederschraubventil, und dasselbe kann auch als ein solches wirken. Das Ventil schließt nach Durchfluß einer gewissen Wassermenge (10 bis 15 l) selbstthätig ab.

Fig. 409.

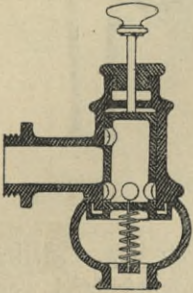
System *Herdevin*.

Fig. 410.

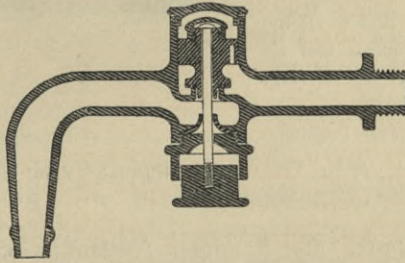
System *Leopolder*.

Fig. 411.

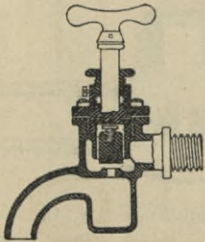
System *Taylor*.

Fig. 412.

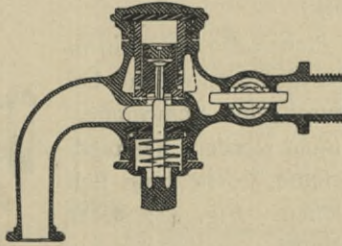
System *Baumgärtner*.

Fig. 413.

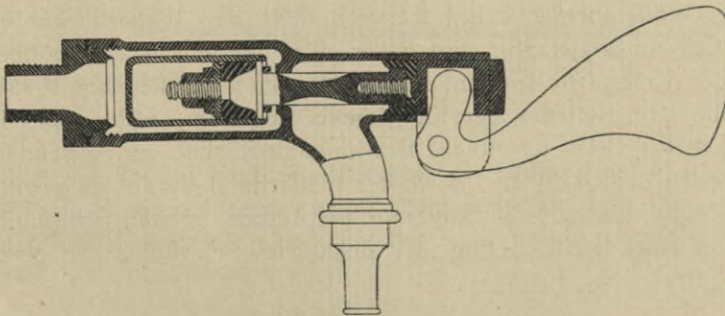
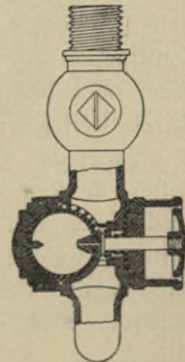
System *Valentin*.

Fig. 414.

System *Schrabetz*.  
(Grundriß.)

Unter 2,  $\beta$  gehörig:

- c) Das Absperrventil von *Leopolder* in Wien (Fig. 410).
- d) » » » *Baumgärtner* in Wien (Fig. 412).
- e) » » » *Knauff* in Wien (Fig. 415).
- f) » » » *Valentin* in Frankfurt a. M. (Fig. 413).
- g) » » » *Schrabetz* in Wien (Fig. 414).

Diese letztgenannten fünf Constructions schliessen sich durch den eigenen Druck des Wassers; der langsame Schlufs wird durch die Form des Schlufsventils, zumeist aber durch das langsame Füllen eines kleinen, beim Oeffnen entleerten Raumes herbeigeführt. Die Ventile von *Schrabetz* und *Baumgärtner* besitzen noch einen vom Ventil unabhängigen Kegelab schlufs.

Die guten Constructions dieser Hähne lassen sich auch für öffentliche Brunnen und als Ventile für die Spüleinrichtungen der Aborte (fog. Spülhähne) verwenden.

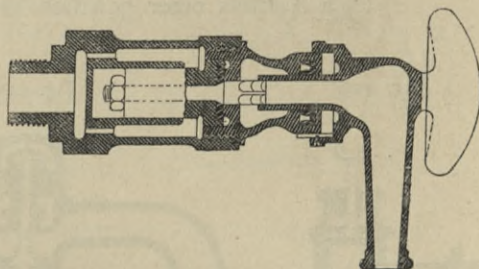
Prämiirt wurden von der Wiener Prüfungs-Commission mit dem ersten Preise das Ventil von *Baumgärtner*, mit dem zweiten jenes von *Schrabetz*<sup>306</sup>).

Die Entnahme von Wasser als ständiger Auslauf wird durch fog. Kaliberhähne geregelt. Diese Art der Entnahme ist in Mittel- und Norddeutschland wenig üblich, mehr in Süddeutschland; die Bezahlung des Wassers erfolgt nach Ausmafs. Die einfachste Form eines Kaliberhahnes zeigt Fig. 416, wobei die Durchflusmenge durch ein gelochtes Mundstück (Diaphragma) bestimmt wird.

Zur Füllung von Behältern dienen die Schwimmkugelhähne. Es sind dies Ventilhähne, welche bei einem gewissen Wasserstande durch eine Schwimmer- vorrichtung zum Abschluß gebracht werden, bei niedrigerem Wasserstande durch dieselbe Vorrichtung sich öffnen und Wasser ausfliessen lassen. Fig. 417 giebt ein derartiges Ventil im Querschnitt.

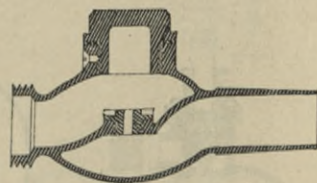
In einigen Städten, in welchen die Abgabe des Wassers nach Wassermessern erfolgt, ist es nicht statthaft, die Schwimmkugelhähne dieser einfachen Constructure zur Anwendung zu bringen. Bei geringer Entnahme aus dem Behälter oder bei grofser Wasseroberfläche des letzteren sinkt der Wasserpiegel nur um ein Geringes; der Schwimmkugelhahn wird daher auch nur sehr wenig geöffnet; er ergänzt das fehlende Wasser sehr langsam und in Mengen, welche vom Wassermesser, so fern derselbe dem Systeme der Flügelmesser angehört, nicht angezeigt werden. Es dürfen an diesen Orten nur solche Schwimmkugelhähne zur Anwendung kommen, welche sich erst plötzlich öffnen, sobald der Wasserstand bis auf ein gewisses Mafs gefallen ist. Es wird dies am einfachsten durch einen zweiten Schwimmer erreicht, welcher den in feiner höchsten Lage fest gehaltenen Schwimmer bei einem

Fig. 415.



Selbstschlufs-Ventil von *Knauff*. —  $\frac{1}{3}$  w. Gr.

Fig. 416.

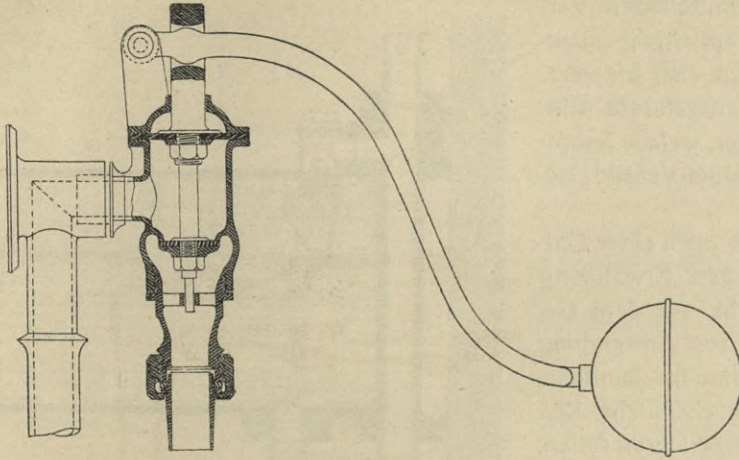


Kaliberhahn. —  $\frac{1}{3}$  w. Gr.

<sup>306</sup>) Vergl.: BERKOWITSCH, A. Selbstabschlufs-Ventile auf der Ausstellung in Paris 1878. Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 183.

ROSENSTINGL, J. G. Vortrag über Selbstschlufs-Ventile. Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 125.

Fig. 417.

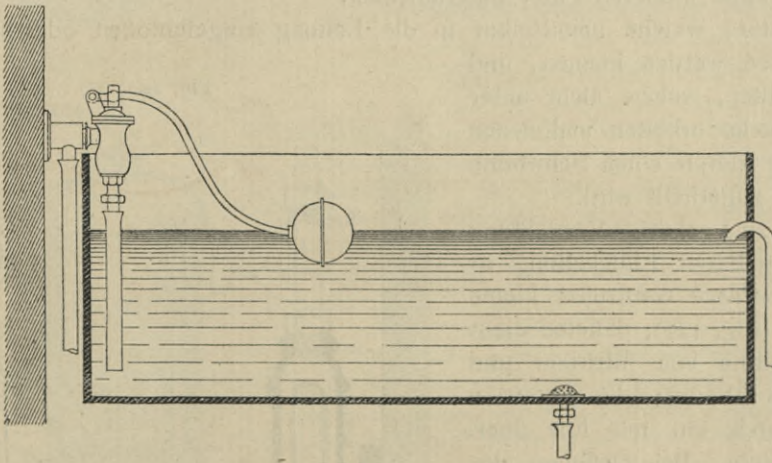
Schwimmkugelhahn. —  $\frac{1}{4}$  w. Gr.

bestimmten Wasserstände auslöst. Beim Erreichen des höchsten Wasserstandes bleibt der Ventilschwimmer von selbst stehen.

Die Einrichtung eines Dienstbehälters ist aus Fig. 418 zu ersehen. Das zufließende Wasser wird bis ziemlich auf den Boden des Behälters geführt, damit die heftige Bewegung des

Schwimmers beim Einströmen des Wassers wegfällt. Die Abflusöffnung ist durch ein Sieb geschützt. Der Behälter erhält außerdem einen Ueberlauf, durch den etwa überschüssig zufließendes Wasser unmittelbar nach der Ableitung geführt wird. Um zu verhüten, daß aus der Ableitung etwa übel riechende Gase austreten, ist der Ueber-

Fig. 418.

Dienstbehälter. —  $\frac{1}{20}$  w. Gr.

lauf entweder mit einem  $\omega$ -förmig gebogenen Geruchverschluss versehen<sup>307)</sup>, oder es mündet die Ueberlauföhre in einen vom Behälter abgetrennten, bis in die Höhe des Oberwasserpiegels reichenden Raum. Dieser Raum bleibt immer gefüllt, unabhängig von den Schwankungen des Wasserpiegels im Behälter.

Für die Spülhähne der Aborte und die Selbstschluß-Hähne empfiehlt es sich, dieselben, zur Vermeidung von Stoswirkungen, durch Einschaltung von kleineren Behältern

<sup>307)</sup> Vergl. das im nächsten Bande dieses »Handbuches« über »Entwässerung der Gebäude« Gefagte.

(auch Dienstbüchfen, Spülreservoir etc. genannt) von der unmittelbaren Verbindung mit der Hauptleitung abzutrennen; Fig. 419 zeigt eine kleinere, von *Fortin* in Paris ausgeführte Einrichtung mit Schwimmer, welche hauptsächlich für Selbstschlufs-Ventile bestimmt ist.

Schließlich muß noch einer Gattung von Vorrichtungen Erwähnung gethan werden, welche vor dem Gebrauche des Wassers zur Anwendung kommen können und eine mechanische, unter Umständen auch chemische Reinigung des Wassers herbeiführen sollen. Es sind dies die Hausfilter.

Für die Reinigung des Wassers sind die verschiedensten Materialien vorgeschlagen und angewendet worden. Von der großen Anzahl derselben seien nur folgende erwähnt: Wollabfälle mit Alaun, Eisensalzen und Gerbsäure getränkt, Seefschwämme, Kohle, Wollengewebe, künstliche und natürliche poröse Steine (*grès filtrant*), Eisenschwamm, Sand etc.

Man kann zweierlei Filter unterscheiden:

- 1) Filter, welche unmittelbar in die Leitung eingeschlossen oder an dieselbe angeschlossen werden können, und
- 2) Filter, welche nicht unter hohem Drucke arbeiten und denen das Wasser durch einen Schwimmkugelhahn zugeteilt wird.

Eine zu 1 gehörige Vorrichtung zur unmittelbaren Einschaltung ist das von *Salbach* construirte kleine Hausfilter (Fig. 420); dasselbe dient zur Entnahme von filtrirtem und unfiltrirtem Wasser; die Filtration erfolgt durch ein mit Filz überzogenes Sieb. Bei Oeffnung des directen Hahnes nimmt das austretende Wasser sämmtliche Unreinigkeiten, welche sich auf dem Filzfilter abgelagert haben, mit hinweg. Mikro-Organismen werden durch dieses Filter nicht zurückgehalten.

Von ähnlichen hierher gehörigen Filtern mag das von *Chamberland* nach *Pasteur's* Vorgang con-

Fig. 419.

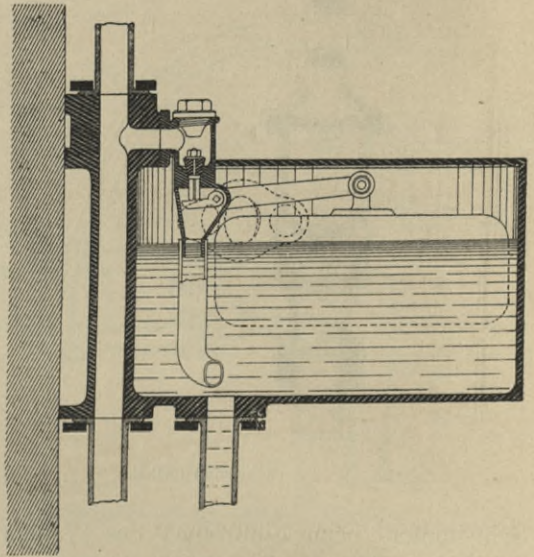
Behälter für Selbstschlufs-Ventile von *Fortin*. —  $\frac{1}{15}$  w. Gr.

Fig. 420.

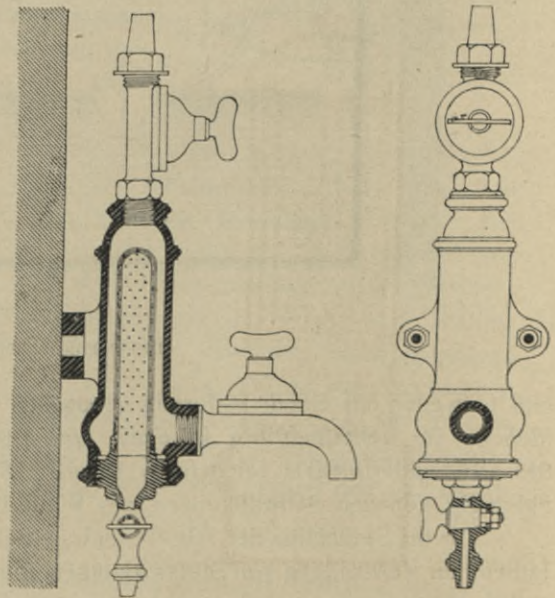
Filter von *Salbach*. —  $\frac{1}{15}$  w. Gr.



Fig. 421.

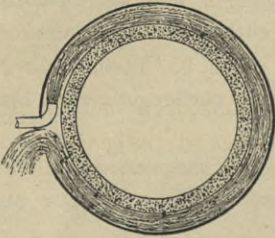
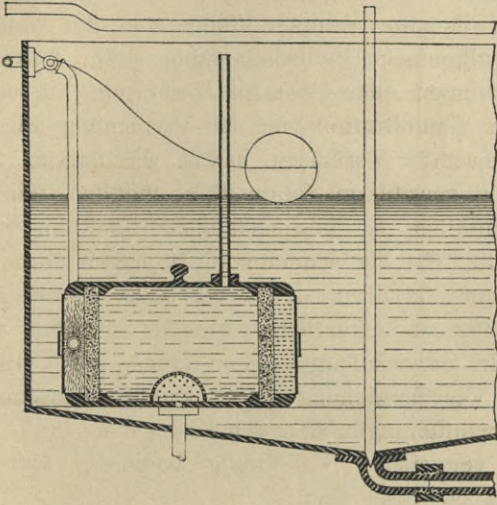
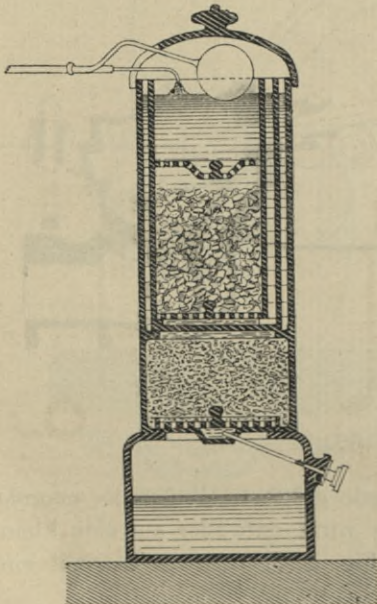
Londoner Filter. —  $\frac{1}{20}$  w. Gr.

Fig. 422.

Filter von *Bischof*. —  $\frac{1}{20}$  w. Gr.

struirte und das Mikro-Membran-Filter von *Breyer* erwähnt werden.

Das erstere besteht aus einem Cylinder von sehr hart gebrannter Kaolinmasse mit einer unten befindlichen, engeren Ausflusöffnung; der Cylinder ist von einem unten mit demselben verbundenen Metallmantel umgeben. Im Raume zwischen Mantel und Cylinder wird das zu reinigende, unter Druck stehende Wasser (wie oben beim *Salbach'schen* Filter) eingeleitet und von außen nach innen durchgepreßt. Zur Reinigung nimmt man den Kaolin-Cylinder heraus und bürstet ihn ab. Beim *Breyer'schen* Filter besteht der Filterkörper unter sonst gleicher Anordnung aus einer dünnen Lamelle von äußerst fein gemahlenem Asbest.

Ein Verfahren zur Bereitung von Filtrir-Apparaten behufs Reinigung des Wassers von Mikro-Organismen hat sich der Schwede *Olof Fredrik Oeberg* in Stockholm für das Deutsche Reich patentiren lassen<sup>308)</sup>.

Wohl das älteste und gewiß sehr brauchbare Filter dieser Art, das ägyptische Hausfilter (*Sihir*) ist ein einfaches, birnförmiges, poröses Thongefäß, welches *Huldermann* in der unten genannten Quelle<sup>309)</sup> eingehend beschrieben hat.

Von denjenigen Filtern, welchen das Wasser mittels Schwimmkugelhahnes zufließt, mögen das sog. Londoner Filter (Fig. 421) und das *Bischof'sche* Filter (Fig. 422) erwähnt werden.

Der wirkfame Theil des Londoner Filters besteht aus einem Hohlcylander von Filterkohle. Derselbe befindet sich in einem Kasten innerhalb des Schwimmkugel-Behälters, und der Schwimmkugelhahn führt so viel Wasser zu, als durch das Filter abfließt. Will man die Filterfläche reinigen, so öffnet man ein in der Mitte des Behälters befindliches Ventil, wodurch der Wasserstand schnell fällt, wobei dann die Zuleitung die Filterfläche kräftig umpfult.

*Bischof* verwendet als Filtermaterial sog. Eisenschwamm, d. h. fein vertheiltes metallisches Eisen, welches aus Kiesabbränden nach dem Ausziehen des Kupfers gewonnen wird. Das Wasser durchzieht sodann eine zweite Filterschicht aus Braunerstein oder präparirtem Sande, ehe es in das Reinwassergefäß übertritt.

Schließlich mag noch das von *Piefke* erfundene Schnellfilter<sup>310)</sup> Erwähnung finden.

Das Filtrirmaterial besteht hier aus Cellulose, welche als Faserbrei oder als gepresste Scheibe auf Sieben stufenförmig in einem allseits geschlossenen Blechcylinder liegt. Diese Cellulose und das Sieb werden von dem zugeleiteten trüben Wasser zwangsläufig durchflossen, wobei letzteres feine Unreinigkeiten an das Filtermaterial abgiebt, welches selbstverständlich häufig erneuert

308) D. R.-P. Nr. 24689.

309) Zeitschr. f. bild. Kunst 1886, Kunstgewbebl., S. 218.

310) D.R.-P. Nr. 1571, mit Zusätzen Nr. 21702 u. 25740.

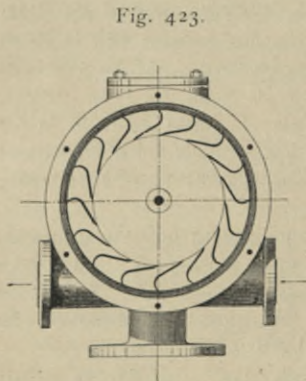
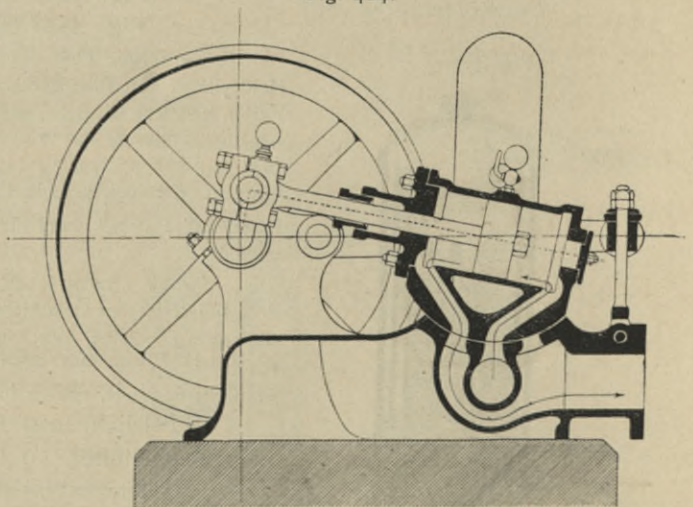
werden muß. Bei sorgfältigem Auflegen der Reinigungsmasse bewähren sich diese Filter gut. Näheres über dieselben findet sich in der unten genannten Quelle<sup>311)</sup>.

In Deutschland wird man wohl nur in ganz wenigen Fällen von den Hausfiltern Gebrauch machen müssen, da das allgemeine Bestreben dahin geht, bereits gutes Wasser für die Wasserwerke zu gewinnen oder etwa zur Verforgung zu verwendendes Flufswasser etc. durch centrale Sandfiltration vor der Vertheilung abzuklären. Das bei der Sandfiltration angewandte Verfahren haben wir bereits in Art. 398 (S. 389) angegeben. Bei passend gewähltem Sande ist es möglich, selbst ganz schmutziges Wasser krystallhell herzustellen, so dafs nach dieser Richtung hin die Filtration ihren Zweck vollständig erfüllt<sup>312)</sup>. Zu beachten bleibt jedoch immerhin, dafs alle bis heute bekannten Filtrations-Verfahren, selbst die Mikro-Membran-Filter, kein vollständig mikrobefreies Wasser zu beschaffen vermögen. Um fest zu stellen, wie grofs im Allgemeinen die Zahl entwicklungsfähiger Keime im Trinkwasser sein darf, hat *Wolffhügel* (in den Veröffentlichungen des kaiserl. deutschen Gesundheitsamtes vom Jahre 1886) Zusammenstellungen über den Keimgehalt brauchbarer Trinkwasser gegeben, worauf wir verweisen. Vollständig keimfreies kaltes Wasser wird in der Natur wohl schwerlich zu finden sein.

Ueber die in Gebäuden herzustellenden Bade-Einrichtungen und die Spülaborte wird im nächsten Bande dieses »Handbuches« in ausführlichster Weise abgehandelt, so dafs wir bezüglich dieser Anlagen hierauf verweisen; eben so hinsichtlich Verwendung des Wassers zu hydraulischen Aufzügen, welche im vorhergehenden Bande (Heft 2, Abth. IV, Abchn. 2, unter B) Erwähnung finden.

Für den Betrieb von Motoren aller Art, namentlich Motoren für Lüftung, insbesondere Sauglüftung, für kleinere Maschinenbetriebe und ähnliche Zwecke findet

Fig. 424.

Turbine. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.Schmid'scher Motor. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

das von der Wasserleitung unter Druck in die Gebäude geleitete Wasser die mannigfaltigste Anwendung. Das Wasser der Wasserleitung wirkt entweder auf eine kleine Turbine, welche es in Umdrehung setzt, wie in Fig. 423, oder es betreibt eine

<sup>311)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 298.

<sup>312)</sup> Siehe: LURGER. Ueber die Klärung von trübem Flufswasser. Polyt. Journ., Bd. 254, S. 233.

Kolbenmaschine, wie in Fig. 424 dargestellt. Nur in dem Falle, in welchem man kein ganz reines Betriebswasser zur Verfügung hat oder wenn die Arbeitsmaschine große Geschwindigkeit erhält, verdienen Turbinen vor den Kolbenmaschinen den Vorzug; in anderen Fällen sind die letzteren empfehlenswerther.

Wir haben in Fig. 424 den bekannten *Schmid'schen* Motor dargestellt. Die oscillirende Bewegung des Cylinders bewirkt, daß das Wasser abwechselnd von der einen und dann von der anderen Seite gegen den Kolben drückt, wodurch die etwa 80 Procent Nutzeffect gebende Maschine betrieben wird. Wie die Bewegung bei der Turbine erzeugt wird, ist ohne Weiteres aus der Abbildung ersichtlich.

Die Wassermess-Einrichtungen beruhen auf demselben Grundsatze, wie die Motoren, d. h. es sind kleine Motoren, deren Nutzarbeit in der Bewegung eines Uhrwerkes oder Umdrehungszählers besteht. Zunächst ist einleuchtend, daß die in der durch Fig. 424 dargestellten Vorrichtung verbrauchte Wassermenge sich aus dem Producte des Ausmaßes zweier Cylinderfüllungen mal der Anzahl von Umdrehungen des Schwungrades berechnen läßt. Würde man dem gemäß die in einem Gebäude zu verbrauchende Wassermenge zunächst durch einen solchen Motor leiten und erst nach Durchfluß desselben benutzen, so wäre das Ausmaß durch die Zahl der Umdrehungen fest zu stellen. Solche und ähnliche Motoren sind deshalb zuverlässige Wassermesser, wenn sie mit Umdrehungszähler versehen sind, und man nennt sie in dieser Anwendung Kolbenmesser. Der hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten wegen sind sie jedoch wenig verbreitet.

Man mißt den Wasserverbrauch fast ausschließlich durch Turbinenmesser oder, wie man sie auch heißt, Flügelmesser. Das Grundsätzliche der Messung beruht auf der einfachen Thatfache, daß, unter sonst gleichen Umständen, eine Turbine in einer bestimmten Zeit um so mehr Umdrehungen machen wird, je mehr Wasser durchfließt und umgekehrt. Nachstehend ist ein derartiger Wassermesser, System *Meinecke*, beschrieben und in Fig. 425 abgebildet.

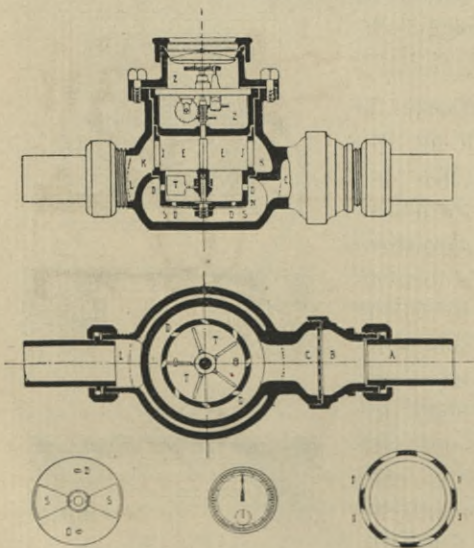
Das Wasser tritt bei *A* in den Apparat und muß ein durch Verschraubung fest gehaltenes Sieb *B* passieren, welches zur Abhaltung grober Unreinigkeiten dient und, ohne daß der Messer aus der Leitung geschraubt wird, leicht ausgelöst und abgepült werden kann.

Von *C* aus strömt das Wasser durch die Oeffnungen *D* des Einfasses *N* auf das Flügelrädchen *T* und setzt dasselbe in Umdrehung. Die Anzahl der Umdrehungen bilden den Maßstab für die durch den Wassermesser geflossene Wassermenge, und es wird dieselbe durch ein Zählwerk *Z* nach mehrfacher Räderüberetzung auf dem Zifferblatt registriert.

Aus dem Flügelradraume *E* tritt das Wasser durch die Oeffnungen *F* in den Ringcanal *K* und von dort in den Abfluß *L*.

Das gebräuchlichste Zifferblatt gestattet die unmittelbare Ablefung der durchgeflossenen Wassermenge bis auf 2 Procent genau von 100<sup>l</sup> bis 1 Million Cub.-Meter. Es werden auch Zifferblätter mit 10-Liter-Teilung eingerichtet; eben so werden, anstatt der gebräuchlichsten beweglichen Zifferblätter, fest stehende angefertigt, welche mit mehreren kleinen Zifferblättern versehen sind — ähnlich den Zifferblättern für Gasuhren; doch erhöht sich mit der hierdurch bedingten bedeutend größeren Anzahl von Rädchen, welche im Zählwerk angebracht werden müssen, die Ausbesserungsbedürftigkeit naturgemäß, eben so wie der Messer an feiner Empfindlichkeit verliert.

Fig. 425.

Wassermesser von *Meinecke*. — 1/5 w. Gr.

Der Wassermesser ist mit einer Stellvorrichtung versehen, der drehbaren, sectorförmigen Scheibe *S*, welche den Zweck hat, eine Regelung des ganzen Apparates nach vollendeter Justirung vornehmen zu können. Eine Verengerung der Einflußöffnungen *D* am Boden des Einfaßes *N* durch Verschieben der beweglichen Stellscheibe bewirkt eine Pressung des einströmenden Wassers und durchweg höhere Regisirung, eine Erweiterung umgekehrt eine durchgängig niedrigere Regisirung.

Bei den eben beschriebenen, so wie den gebräuchlicheren *Siemens'schen* und *Spanner'schen* Wassermessern besteht die Turbine aus Messing; zur Erleichterung der Bewegung sind jedoch auch Turbinen aus Hartgummi (von *Dreyer, Rosenkranz & Droop* in Hannover) hergestellt worden.

Im Allgemeinen sind die heute im Gebrauche befindlichen Turbinen-Wassermesser genaue, gute Instrumente, welche den Verbrauch auf 2 bis 3 Procent annähernd richtig angeben, so fern die Durchströmung durch den Messer nicht so langsam vor sich geht, daß die Arbeit der Reibung, welche bei der Bewegung der Rädchen entsteht, von der Energie des Wassers nicht überwunden werden kann. Für kleinen Verbrauch sollte ohne Rücksicht auf die Weite der Zuleitung auch ein kleiner Wassermesser gewählt werden; denn die Wassermenge, welche ungemessen durchläuft, steigt im Verhältniß zur Größe des Messers. Laufen durch einen Wassermesser abwechselnd kleine, dann wieder sehr große Wassermengen, so werden zur möglichst genauen Regisirung zwei Wassermesser verschiedenen Kalibers vereinigt.

427.  
Verschiedene  
befondere  
Einrichtungen.

Um jederzeit sowohl zu den Sammelanlagen einer Wasserversorgung, als auch zu den außerhalb der Gebäude im Gebäude-Complex etwa angebrachten Mechanismen der Röhrenleitungen etc. gelangen zu können, müssen an entsprechenden Stellen Einsteigschächte angeordnet werden. Diese Schächte werden nach oben durch gusseiserne Schachtdeckel verschlossen, welche entweder in Steineinfassungen oder — was stets besser ist — in besonderen gusseisernen Rahmen liegen und entweder mit besonderem Verschluss versehen oder mit einfachen Löchern etc. zum Ausheben ausgestattet sind.

Die Einsteigschächte müssen, um in denselben noch arbeiten zu können, mindestens 0,7 bis 0,8 m Lichtweite haben und werden in diesem Falle gewöhnlich in der in Fig. 426 dargestellten Weise abgedeckt. Der Schachtdeckel ist stets kreisrund, nie eiförmig anzufertigen, weil er im letzteren Falle durch Unvorsichtigkeit in den Schacht hinabfallen kann. Der Rahmen ist von Gusseisen und zum Anschluß von Pflasterung oder Straßenschotter hergerichtet.

Manchmal legt man den Rahmen mit Deckel in eine Steinfassung, wie in Fig. 427 dargestellt ist. In diesem Falle sollte das Gusseisen nie unmittelbar auf den Stein gesetzt, sondern stets auf einen Zwischenrahmen von Holz gelagert werden. Zum Ausheben des Deckels wird entweder in der Mitte oder zu beiden Seiten eine rechteckige Oeffnung ausgepart, in welche der Schlüssel gesteckt werden kann, der sodann beim Umdrehen von der langen nach der kurzen Seite des Rechteckes anpackt. Durch diese Oeffnungen gelangen leicht Unreinigkeiten in die Schächte; um dies zu verhüten, wendet man auch die in Fig. 428 u. 429 dargestellten Abdeckungsweisen an, hauptsächlich bei kleineren (Hydranten-) Abdeckungen (Straßenkappen).

Fig. 426.

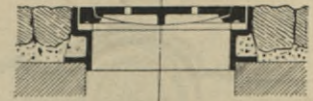
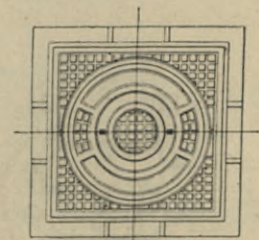


Fig. 427.



Deckel für Einsteigschächte.

$\frac{1}{25}$  w. Gr.

Fig. 428.

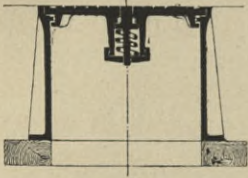
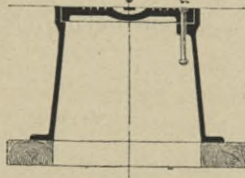


Fig. 429.

Deckel für Hydrantenröhren. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

In Fig. 428 wird die Schlüsselöffnung durch ein Vierkant ausgefüllt, welches durch eine Bronze-Feder gehalten ist und während des Oeffnens mit dem Schlüssel tief gedrückt werden muß. Bei Fig. 429 packt der Schlüssel (welcher als Haken gestaltet ist) einen schmiedeeisernen Steg  $s$ ; der Deckel wird zunächst lothrecht gehoben und dann um die Achse  $a$  gedreht. Für schwere Deckel ist die erstgenannte Confection die bessere.

Schachtanlagen, welche zu Reinwasser-Canälen etc. führen, sollten nie unmittelbar über die letzteren, sondern stets feitlich derselben gelegt werden, weil die Schachtabdeckungen nie dicht abschließen, also Regenwasser, Staub etc. leicht eindringen können und weil beim Besteigen der Schächte stets Unreinigkeiten von den Fußbekleidungen der Arbeiter etc. in das reine Wasser gelangen würden. Man pflegt deshalb in solchen Fällen zwischen den wasserführenden Canal und den Schacht eine Brücke zu setzen. Die Oeffnungen  $o$  (Fig. 430) der zu Röhren-Mechanismen führenden Einsteigschächte dürfen, wenn die letzteren groß sind, nie über die Mitte gelegt, sondern müssen stets an einer Seitenwand angeordnet werden, an welcher die Steigeisen für den Abstieg des Wärters eingelassen werden können. Größere Schächte werden am besten mit Betongewölben versehen; bei diesen ist auch die Einsteigöffnung in bequemer Weise anzufahren.

Fig. 430.

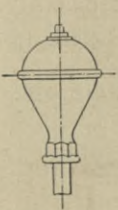


Anordnung der Einsteigöffnung.

Wenn in ausgedehnten Höfen oder Anlagen eines Gebäude-Complexes Schieber mit Schutzröhre und Straßenkappe oder Hydranten angeordnet sind, so ist, abgesehen von etwa angewendeten Ueberflur-Hydranten, an passenden Stellen der Gebäude, an starken Bäumen etc. oder an besonders errichteten Pfosten ein Zeichen anzubringen, welches die Lage der gedachten Gegenstände genau in den Ausmaßen anzeigt, damit man dieselben unter Schneedecken oder bei zufälligen Verschüttungen, Ueberwachsen mit Gras etc. im Nothfall rasch und sicher findet. Die Masse pflegt man als rechtwinkelige Ordinaten (in Met.) auf besonderen Täfelchen aus Metall oder Email in deutlicher Weise anzugeben.

Steht eine Wasserleitung unter sehr hohem Drucke (8 bis 12 Atmosphären), so sind erfahrungsgemäß die gewöhnlichen Einrichtungen an Hydranten etc. nicht ausreichend, um die Röhrenfahrten vor den Wirkungen der Widderstöße beim Schließen der Hydranten zu bewahren. In solchen Fällen sind Windkessel vor die Hydranten zu setzen. Eben so muß am obersten Ende einer Steigleitung im Inneren der Gebäude stets ein Windkessel angebracht werden. Die Windkessel vor den Hydranten erhalten einen Luftraum von ca. 0,03 bis 0,05 cbm, jene der Steigleitungen einen solchen von ca. 0,003 bis 0,005 cbm. Für Hausleitungen eignen sich solche, wie in Fig. 431, für Hydranten solche, wie in Fig. 432 dargestellt. Man stellt die letzteren stets aus Gufseisen her und gräbt sie, wie die Hydranten, in die Erde ein. Die ersteren erhalten Verschraubungsanschlüsse und werden sowohl aus Gufseisen, als auch aus Kupfer getrieben in Verwendung genommen.

Fig. 431.



Windkessel für Hausleitungen.

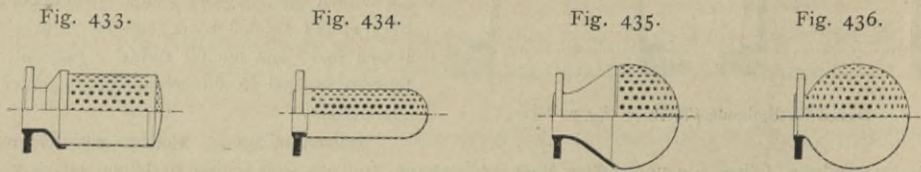
Fig. 432.



Windkessel für Hydranten.

Bei allen Sammelanlagen für Wasser müssen die hiervon abgehenden Röhrenleitungen vor dem Einschweben sperriger Gegenstände, Holzstückchen etc. behütet werden. Zu diesem Zwecke verwendet man Seiher, welche in gelochtem oder geschlitztem Kupferbleche, in der Regel verzinkt, in den in Fig. 433 bis 436 darge-

stellten Formen mit gusseisernen Anschlußflanschen hergestellt werden. Die Summe der Querschnitte aller Löcher im Seiher muß mindestens dem doppelten bis dreifachen Röhrenquerschnitte entsprechen, wenn ein belangreicher Widerstand für die Einförmung vermieden werden will.



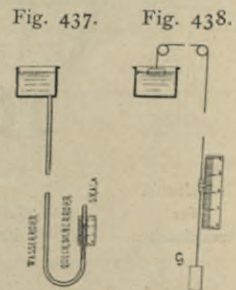
Seiher.

Die zur Aufnahme von Widerstößen angeordneten Windkessel müssen mindestens auf den doppelten bis dreifachen Betriebsdruck geprüft sein, und es stellen sich die Anschaffungskosten der gusseisernen Windkessel für Steigleitungen von 25 bis 50 mm Weite auf 9 bis 12 Mark für das Stück. Windkessel für Hydranten kommen auf 20 bis 30 Mark für das Stück, je nach der Größe, zu stehen. Die verzinkten Kupferseiher mit gusseisernen Anschlußflanschen, nach Fig. 433 bis 436 construiert, kosten (Höchstpreise):

Lichtweite	40 mm	50 mm	60 mm	65 mm	70 mm	80 mm	90 mm	100 mm	125 mm	150 mm	175 mm	200 mm	225 mm	250 mm	275 mm	300 mm
Fig. 433 . .	8	10	12	13	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60
» 434 . .	9	10	11	12	13	15	17	19	24	29	34	39	44	49	54	59
» 435 . .	9	11	13	15	17	19	21	25	29	34	40	46	52	58	66	74
» 436 . .	10	12	14	16	18	21	25	28	32	38	44	52	58	66	74	82

Mark.

Ist zur Wasserverforgung eines Gebäudes in diesem selbst oder auferhalb desselben ein Wasserbehälter angeordnet, so ist es in den meisten Fällen sehr nützlich, den Wasserstand im Behälter an irgend einer Stelle des Erdgeschosses ablesen zu können; wichtig ist dies besonders in Fabrikgebäuden, in welchen als Feuer-Reserve oder für andere Zwecke stets ein bestimmter Wasservorrath vorhanden sein sollte. Die zweckmäßigste Einrichtung zur Uebertragung der Wasserstandshöhe ist das Ausbalanciren der Wasserfülle durch eine Quecksilberfülle (Fig. 437); die letztere übt bekanntlich auf denselben Querschnitt eine 13,6-mal größere Pressung aus, als Wasser. Schwankt mithin der Wasserstand im Wasserbehälter um 6 m, so wird die denselben anzeigende Quecksilber-Scala (wenn sie unmittelbar neben dem Behälter angeordnet ist) nur eine Länge von  $\frac{6}{13,6} = 0,44$  m haben müssen und sich überall leicht anbringen lassen. Ist der Wasserbehälter im Gebäude selbst gelegen und sind die Schwankungen im Wasserbehälter gering, so kann der Wasserstand noch einfacher durch unmittelbare Uebertragung angezeigt werden (Fig. 438). Ein im Wasserbehälter befindlicher Schwimmer überträgt denselben mittels einer Schnur, an welcher sich ein Gegengewicht *G* befindet, durch Auf- und Abziehen eines Zeigers unmittelbar auf die Scala.



Die Wasserstände sehr entfernt liegender Wasserbehälter werden manchmal auch elektrisch übertragen. Dabei wird entweder in gewissen Zeiträumen ein Contact hergestellt, welcher sich am Beobachtungsorte zu erkennen giebt, oder aber der Contact erfolgt, wenn sich der Wasserstand um eine bestimmte GröÙe — 10 bis 30 cm — gefenkt hat. In der Regel ist sodann mit der Contact-Vorrichtung ein Registrir-Apparat, welcher die Veränderungen des Wasserstandes selbstthätig aufzeichnet, verbunden.

Eine Uebertragung durch eine einfache Bleiröhre oder Eisenröhre, deren Inhalt auf eine Quecksilberfäule wirkt, ist dem elektrischen Wasserstandszeiger stets vorzuziehen; diese Einrichtung erfordert keine Unterhaltung und arbeitet sicher, während erfahrungsgemäÙ die elektrischen Wasserstandszeiger sehr unsicher arbeiten und gröÙere Unterhaltungskosten verursachen. Es empfiehlt sich überdies, bei Einrichtung eines elektrischen Wasserstandszeigers Seitens des Fabrikanten die bündigsten Garantien für eine mehrjährige Brauchbarkeit der Anlage zu verlangen.

Zum Schluffe wollen wir noch einige allgemeine Bemerkungen über Einzelbestandtheile der Wasserverföhrungen beifügen. Man sehe vor Allem bei jeder Construction auf gröÙte Einfachheit; denn nur solche Constructionen sind dauerhaft im Betriebe. Alle Schluffflächen und Gleitflächen der Schieber, alle Schraubennuttern, welche häufig gelöst werden müssen, alle Gewindespindeln, überhaupt alle Theile, bei welchen eine Aenderung ihrer Oberflächenbeschaffenheit Nachtheile bringen würde, sind aus Bronze oder Messing anzufertigen, weil GuÙeisen und noch viel mehr Schmiedeeisen durch kein Mittel auf die Dauer vor Oxydation geschützt zu werden vermögen. Bei den Ventilabschluffen, welche nicht in Metall hergestellt sind, sollten als Abdichtungsmaterial Lederfcheiben stets den Gummifcheiben vorgezogen werden, weil die letzteren meist von geringer Haltbarkeit sind. Es sollten alle Einzelstücke, unbedingt aber die ganze Hauswasserleitung, nach Fertigstellung einer Prüfung mit der hydraulischen Presse unterzogen werden, welche mindestens dem doppelten normalen Betriebsdrucke gleich ist. Endlich sollten in jedem Hause, welches mehrere Ausläufe gleichen Systemes hat, Ersatzstücke vorrätbig gehalten werden.

428.  
Schluffwort.

## 17. Kapitel.

### Warmwasser-Leitungen.

In den drei vorhergehenden Kapiteln wurden (ohne dafÙ dies besonders bemerkt zu werden brauchte) nur diejenigen Anlagen berücksichtigt, welche zur Verföhrung der Gebäude mit kaltem Wasser dienen. Die Bequemlichkeit und Annehmlichkeit einer ausreichenden Wasserverföhrung läÙt sich indess durch die Anlage von Warmwasser-Leitungen noch erhöhen, d. h. durch Leitungen, denen unmittelbar warmes Wasser zu den verschiedensten Zwecken entnommen werden kann. Ist die Anlage einer Warmwasser-Leitung in Wohnhäusern als eine Annehmlichkeit zu betrachten, so wird sie in einzelnen Fällen, hauptsächlich in Gebäuden, welche gemeinsamen öffentlichen Zwecken dienen, z. B. Gasthöfen, Krankenhäusern, Cafernen, Schlachthallen etc. zur Nothwendigkeit, ganz abgesehen von den Warmwasser-Leitungen in Bade-Anstalten, welche eine Besonderheit bilden und von denen bei der Beschreibung dieser Gebäude (in Theil IV, Halbband 5, Heft 3 dieses »Handbuches«) noch gesprochen werden wird.

429.  
Allgemeines.

In Wohnhäusern bietet eine Warmwasser-Leitung den Hausbewohnern die Annehmlichkeit, warmes Wasser zu Spül-, Reinigungs- und ähnlichen Zwecken schnell zur Hand zu haben, einestheils um die Mühe des Herbeiholens aus der entfernt, oft in einem anderen Geschoß liegenden Küche zu ersparen, anderentheils aber auch, um auf ein etwa erforderliches Erwärmen des Wassers nicht erst längere Zeit warten zu müssen. Je nach dem beabsichtigten Zwecke wird man das warme Wasser in der Regel nach folgenden Stellen führen können:

- 1) entweder nach einem einfachen Auslaufhahn, mit Hilfe dessen man das warme Wasser zu jedem beliebigen Zwecke entnehmen kann, oder
- 2) nach einer Waschtisch-Einrichtung, welche dann neben dem Ventil für kaltes Wasser ein zweites Ventil für warmes Wasser besitzt, oder
- 3) nach einer mit den Wohnräumen verbundenen Bade-Einrichtung, in welche die Warmwasser-Leitung an derselben Stelle einmündet, wo man sonst die Zuleitungsröhre vom Badeofen einführt. (Vergl. Abschn. 5, A, Kap. 6 im nächsten Bande dieses «Handbuches».)

Die Verwendung des warmen Wassers zu Küchen- und Spülzwecken, in Waschküchen etc. läßt sich fast immer auf die Entnahme desselben aus einer einfachen Zapfstelle zurückführen.

Die Anlage einer Warmwasser-Leitung wird sich auf solche Wohnhäuser beschränken, die nur von einer oder von zwei Familien bewohnt werden, z. B. Villen, kleine Miethhäuser und herrschaftliche Wohnhäuser. Für mehrgeschoßige Miethhäuser, in denen jedes Stockwerk bis unter das Dach hinauf von mehreren Familien bewohnt wird, dürfte eine dem ganzen Gebäude dienende gemeinschaftliche Anlage nur in seltenen Fällen zur Ausführung kommen, da bei der großen Anzahl von Bewohnern der Wasserverbrauch sich sehr steigert und die Anlage, vor Allem aber die Unterhaltung der Einrichtung bedeutende Unkosten und mancherlei Schwierigkeiten verursachen würden. Das Bedürfnis nach warmem Wasser wird in solchen Häusern meistens nur durch die jeder Wohnung angehörige Koch-Einrichtung befriedigt; in besser ausgestatteten Wohnungen werden bisweilen mit den Kochherden besondere Einrichtungen zur Erzeugung und Fortleitung warmen Wassers (nach der Spül-, Bade-Einrichtung etc.) verbunden.

Dient hingegen ein Gebäude einem einzigen gemeinamen Zwecke, wie dies bei großen Gasthöfen, Krankenhäusern, Schlachthallen, Pflege- und Verforgungs-Anstalten, Cafernen, Entbindungs-Anstalten etc. der Fall ist, so ist die Anlage einer Warmwasser-Leitung im Interesse der Zwecke, welche die Thätigkeit innerhalb eines derartigen Gebäudes verfolgt, Bedürfnis. Ueberall dort, wo warmes Wasser zu jeder Zeit und in reichlichem Maße vorhanden sein muß und wo es gilt, Zeit, Mühe und Arbeitskräfte zu sparen, wird eine Warmwasser-Leitung zur unbedingten Nothwendigkeit.

Bei der Wahl des Mittels zur Erzeugung des warmen Wassers wird man vor Allem danach trachten, die Kosten des Erwärmens thunlichst herabzumindern, und deshalb darauf bedacht sein, eine bereits vorhandene Wärmequelle mitzubeneutzen oder Abgänge einer solchen auf geeignete Weise nutzbar zu machen.

Zur Erzeugung des warmen Wassers werden daher, wenn Gelegenheit dazu vorhanden ist, benutzt:

- 1) die vorhandenen Koch- oder Heiz-Einrichtungen,
- 2) der unmittelbare Dampf eines für andere Zwecke errichteten Dampf-erzeugers oder
- 3) der abgehende Dampf einer vorhandenen motorischen Anlage.

Ist keine der vorgenannten Wärmequellen verfügbar oder ist die vorhandene für den gewünschten Zweck nicht ausreichend, so macht sich:

- 4) die Errichtung von besonderen Wasser-Wärmeinrichtungen nothwendig.

Unter Umständen können auch

5) Warmwasser-Leitungen, welche für Heizungszwecke angelegt sind, zur Wasserentnahme benutzt werden.



Die Benutzung vorhandener Koch- (unter Umständen auch Heiz-) Einrichtungen geschieht entweder in der Weise, daß man in den Feuerraum des Kochherdes oder sonstigen Wärmeentwicklers die Wasser-Wärmeinrichtung in Form einer kupfernen Blase oder einer eben solchen Röhrenschlange einsetzt, oder daß man die Blase, bezw. Röhrenschlange in einem Raume anbringt, durch den die abgehenden Feuergase streichen. Die Anordnung muß so getroffen sein, daß das Wasser in der Wärmvorrichtung einen Kreislauf vollzieht; das durch eine Röhrenleitung zufließende kalte Wasser tritt am Boden des Gefäßes oder im tiefsten Punkte der Röhrenschlange ein, steigt bei zunehmender Erwärmung in der Wärmeinrichtung empor und wird an der höchsten Stelle durch eine besondere Leitung seiner Verwendung zugeführt. Es ist dies das Grundfäßliche jeder Warmwasser-Leitung im vorliegenden Sinne, wie es ja auch dasjenige der Warmwasser-Heizungen ist.

431.  
Benutzung  
vorhandener  
Koch-  
Einrichtungen.

Die Einrichtungen, die man mit den in Küchen befindlichen Kochherden in Verbindung bringt, um warmes Wasser zu erzeugen, werden im folgenden Abschnitt (im nächsten Bande dieses »Handbuches«, Abschn. 5, A, Kap. 2, b) besprochen werden.

Ist die vorhandene Heizungs-Anlage, möge sie nun in einem einfachen Kochherd, Küchenofen oder dem Ofen einer Feuer-Luftheizung bestehen, nicht für das gehörige und andauernde Erwärmen des Wassers ausreichend, so wird man die Anordnung derart treffen, daß zwar die Rauchgase die Wärm-Einrichtung passieren können, außerdem aber noch eine kleine Feuerungsanlage besonders für diesen Zweck vorhanden ist, welche im Bedarfsfalle als Ergänzung dient oder auch zeitweise allein das Erwärmen übernimmt.

Lassen sich die vorhandenen Koch-, bezw. Heizungs-Einrichtungen für den fraglichen Zweck nicht verwenden, so wird die Errichtung einer selbständigen Feuerungsanlage nothwendig. Die bezüglichen Vorrichtungen werden in sehr verschiedener Form und Construction ausgeführt; doch lassen sich zwei Hauptanordnungen unterscheiden:

432.  
Besondere  
Wärm-  
Einrichtungen.

1) Die Wasser-Wärmeinrichtungen haben die gleiche Gestalt, wie die in den Kochherden angebrachten (Blase oder Röhrenschlange) und werden in eine besondere (meist gemauerte) Feuerstelle eingehängt. Als Heizmittel kann jeder der üblichen Brennstoffe, Leuchtgas nicht ausgenommen, benutzt werden.

2) Es kommen Einrichtungen zur Anwendung, welche in gleicher Weise constructirt sind, wie die Wasserwärmer für Warmwasser-Heizungen, über welche in Art. 330 (S. 308) das Erforderliche zu finden ist. In diese Gruppe von Wasserwärmern gehören auch die sog. Badeöfen, welche zum Erwärmen des für eine Badewanne nothwendigen Wassers dienen und über welche im nächsten Bande (Abschn. 5, A, Kap. 6, unter b) dieses »Handbuches« besonders gesprochen werden wird.

Damit ein geregelter Kreislauf des Wassers möglich werde, lasse man das kalte Wasser stets im untersten Theile der Röhrenschlange etc. eintreten und schliesse die Warmwasser-Ableitung im obersten Theile an.

In gleicher Weise, wie es statthaft ist, den aufsteigenden Röhrenstrang einer Warmwasser-Leitung durch Heizkörper in Zimmern etc. zu führen und so das warme Wasser auch zur Raumheizung zu benutzen, wird man auch umgekehrt einer Warmwasser-Heizungseinrichtung warmes Brauchwasser entnehmen können, obwohl die Gesamtanlage dadurch eine theuere wird. Es empfiehlt sich in einem solchen Falle, Heizkessel und Heizkörper aus Kupfer oder Messing anzufertigen, da sonst das Wasser durch Rost stark verunreinigt wird. Außerdem muß das Ausdehnungs-

433.  
Benutzung  
von Wasser-  
heizungen.

gefäfs (vergl. Art. 287, S. 265) fo eingerichtet fein, dafs felbftthätig Waffer zufließt in dem Mafse, als folches unten verbraucht wird.

Bei derartigen Anordnungen läßt fich die Wärmeabgabe schwer regeln, da in unregelmäßiger Weife bald gröfsere, bald kleinere Mengen warmen Waffers entzogen werden. Es ift deshalb die Anwendung des in Rede ftehenden Verfahrens nur für befondere Fälle geeignet.

434.  
Erwärmen  
durch  
Dampf.

Das Erwärmen des Waffers durch mittelbar oder unmittelbar angewandten Dampf wird nur in den Fällen in Frage kommen, wenn Dampfanlagen zu anderen Zwecken in dem Gebäude felbst oder in unmittelbarer Nachbarfchaft fich befinden. Dient die mafchinelle Anlage zur Wafferverforgung des Gebäudes felbst, fo wird man den abgehenden Dampf der Pumpmafchine zu diefem Zwecke verwenden, indem man nach Art der bekannten Construction der Vorwärmer das zu erwärmende Waffer mit dem Dampfe in Berührung bringt. Unmittelbarer Dampf wird auf gleiche Weife nutzbar zu machen fein.

Von Einrichtungen, bei denen durch das mit Waffer gefüllte Gefäfs eine Dampfrohre, bezw. Dampfrohrenchlange geführt ift, war bereits in Art. 332 (S. 312) die Rede. Anlagen, bei denen man den Wasserdampf in das zu erwärmende Waffer eintreten läßt, werden im nächften Bande (Abfchn. 5, A, Kap. 2) vorgeführt werden.

435.  
Mittelbares  
Erwärmen.

Die Anlage einer Warmwasser-Leitung wird bisweilen dadurch erschwert, dafs das verfügbare Waffer (insbefondere das der öffentlichen Wafferverforgung entflammende) zu viele feste Bestandtheile enthält, welche die Wafferwärmer und die Leitungen in unwillkommener Weife füllen: die Nothwendigkeit einer Reinigung kehrt zu oft wieder. Die Rückftände fammeln fich meift nur im Wafferwärmer, weshalb letzterer unter allen Umständen bequem und rafch abnehmbar eingerichtet werden follte.

Um indefs bei fehr hartem Waffer eine ausreichende Abhilfe zu fchaffen, kann man daffelbe mittelbar erwärmen, d. h. man füllt Wafferwärmer und Kreislaufleitung (fiche Art. 438) mit einem weichen, keine Rückftände hinterlassenden Waffer (am besten Regenwaffer) und erwärmt unter Anwendung einer Röhrenchlange im offenen oder gefchloffenen Vorrathsbehälter das Gebrauchswaffer. Wenn man von vornherein dafür Sorge trägt, dafs das Heizwaffer nicht verdunften kann, fo wird nur fehr felten ein Nachfüllen deffelben nothwendig werden.

436.  
Gesamt-  
anordnung.

An den Verbrauchsstellen mufs das warme Waffer unter entfprechendem Drucke ausfliefsen. Um letzteren hervorzubringen, ift ein Vorrathsbehälter nothwendig, aus dem die Vertheilungsleitung ausmündet und welcher entweder

- 1) ein offener Wafferbehälter ift, der an einer thunlichft hohen Stelle des betreffenden Gebäudes angeordnet wird, oder
- 2) als gefchlossener Behälter, fog. *Boiler* ausgebildet wird, in welchem das Waffer unter Druck fteht.

Die erfthgedachte Anordnung ift in fo fern die vortheilhaftere, als man den Warmwasser-Behälter, je nach dem vorhandenen Bedürfnifs, gröfsere oder kleinere herftellen kann. Dies ift allerdings auch bei den *Boilern* durchführbar; allein in Rückficht auf den nicht felten ziemlich hohen Wafferdruck müffen diefelben mit recht bedeutenden Wandftärken hergefellt werden und verurfachen deshalb erhebliche Koften. Sollten fie einen gröfseren Fassungsraum erhalten, fo würden fie unverhältnismäßig theuer zu ftehen kommen. Doch ift die Anordnung mit *Boilern* nicht ohne wichtige Vorzüge, von denen noch die Rede fein wird.

Durch das Erwärmen wird das Einheitsgewicht des Wassers ein geringeres; in Folge dessen findet in jedem Behälter, sei es, dass er zum Erwärmen des Wassers, sei es, dass er als Vorrathsbehälter für warmes Wasser dient, eine ständige Strömung in der Weise statt, dass das wärmere Wasser die oberen, das kältere die unteren Schichten einzunehmen bestrebt ist (siehe auch Art. 431, S. 451). Aus diesem Grunde ist die Wasser-Wärmeinrichtung stets tiefer im Gebäude anzuordnen, als der Warmwasser-Behälter; sonst ist die gegenseitige Lage ziemlich gleichgiltig.

437.  
Anordnung  
mit offenem  
Warmwasser-  
Behälter.

Wasserwärmer und Warmwasser-Behälter verbindet man am besten durch eine doppelte Röhrenleitung: durch den einen Röhrenstrang, die Fallröhre, fließt das Wasser aus dem Behälter in die Warm-Einrichtung, wird in letzterer erwärmt und steigt alsdann durch den zweiten Röhrenstrang, die Steigröhre, wieder in den Behälter empor. Es findet demnach ein stetiger Kreislauf statt, weshalb man diese Doppelleitung wohl auch Kreislauf- oder Circulations-Leitung nennt.

Die Vertheilungsleitung, welche das Wasser aus dem Warmwasser-Behälter nach den einzelnen Verbrauchsstellen im Gebäude zu führen hat, mündet als besonderer Röhrenstrang aus dem Behälter aus; dieselbe unmittelbar von der Steigröhre der Kreislaufleitung abzweigen zu lassen, ist nicht zu empfehlen, weil es alsdann bei etwas stärkerem Verbräuche leicht geschehen kann, dass an den Zapfstellen kaltes Wasser ausfließt. Wird der Vertheilungsleitung warmes Wasser entnommen, so wird im Warmwasser-Behälter das fehlende Wasser aus der Kaltwasser-Leitung mittels Schwimmkugelhahns ergänzt.

Die Kreislaufleitung soll eine thunlichst geringe Länge und möglichst wenige Biegungen haben; auch ist es zweckmässig, ihr ein starkes und gleichmässig vertheiltes Gefälle zu geben. Je vollkommener diese Regeln erfüllt sind, desto weniger Widerstände werden in der Leitung vorhanden sein, und desto vollkommener wird sich der Kreislauf des Wassers vollziehen. Ferner soll, in Rücksicht auf letzteren, die Fallröhre im Boden des Warmwasser-Behälters ausmünden und in den untersten Theil des Wasserwärmers eintreten; die Steigröhre hingegen schließt an der höchsten Stelle des Wasserwärmers an und mündet in geringer Tiefe unter dem Oberwasserspiegel des Warmwasser-Behälters aus.

438.  
Kreislauf-  
leitung.

Die lichte Weite der Kreislaufleitung beträgt unter gewöhnlichen Verhältnissen 20 bis 30 mm; für mittelgroße Wohnhäuser ist sie mit ca. 25 mm zu bemessen. Bei ausgedehnteren Anlagen werden größere Röhrenweiten erforderlich; bezüglich der Ermittlung derselben muss auf das für die Warmwasser-Heizung Gefagte (siehe Art. 266 (S. 243) verwiesen werden.

Für die Kreislaufleitung können galvanisirte schmiedeeiserne oder kupferne Röhren in Anwendung gebracht werden. Erstere (siehe Art. 422, S. 424) werden durch Gewinde und Muffen mit einander verschraubt und mittels Hanf gedichtet. Besser, allein auch theurer sind Kupferröhren; dieselben empfehlen sich besonders dann, wenn Ablagerungen, namentlich von Kesselfstein, zu befürchten sind; die Leitung muss alsdann abnehmbar construirt sein. Kupferröhren werden mittels Flanschen mit einander verbunden; die Dichtung erfolgt durch Leder- (nicht Gummi-) Ringe. Bleiröhren sind im vorliegenden Falle ausgeschlossen.

Die Röhrenstränge der Kreislaufleitung sollten niemals durch Rohrhaken, sondern stets durch Rohrschellen an den Wänden befestigt werden.

Der Warmwasser-Behälter findet in der Regel im Dachgeschoss Aufstellung. Sein Fassungsraum muss zunächst nach dem Bedarfe an warmem Wasser bemessen

439.  
Offene  
Warmwasser-  
behälter.

werden; hierzu kommt ein entsprechender Zuschlag in Rücksicht darauf, daß stets heißes Wasser in genügender Menge vorhanden sein muß, um bei stärkerem Verbräuche an warmem Wasser die Mischung mit dem kalten thunlichst rasch hervorzubringen; weiters ist auch zu beachten, daß man aus dem Behälter niemals alles Wasser entnehmen kann. Für gewöhnliche Privathäuser sollte man dem Warmwasser-Behälter keinen kleineren Fassungsraum als 250<sup>l</sup> geben; besser ist es, hierbei bis 300<sup>l</sup>, selbst 350<sup>l</sup> zu gehen. Bei ausgedehnteren Gebäuden und stärkerem Verbräuche an warmem Wasser müssen noch größere Behälter zur Anwendung kommen.

Die Construction solcher Behälter ist die gleiche, wie jene der in Art. 413 (S. 404) beschriebenen Kaltwasser-Behälter; hauptsächlich kommen hier schmiedeeiserne Behälter in Frage. Um das Wasser rein zu erhalten und vor zu rascher Abkühlung thunlichst zu bewahren, schließt man den Behälter mit einem Deckel, der am besten gleichfalls aus Schmiedeeisen besteht und auf den oberen Rand der Behälterwände aufgeschraubt wird.

Die Kaltwasser-Zuleitung führe man niemals unmittelbar in den Warmwasser-Behälter ein, weil die Schwimmkugelhahn-Einrichtung vom heißen Wasser stark angegriffen wird. Man ordne vielmehr einen kleinen Hilfsbehälter an, der am besten aus Gufseisen hergestellt und nur so groß gewählt wird, daß der Schwimmkugelhahn darin genügend Raum hat, wozu häufig schon 20 bis 25<sup>l</sup> ausreichen. Hauptbehälter und Hilfsbehälter müssen durch eine Röhre mit einander in Verbindung stehen.

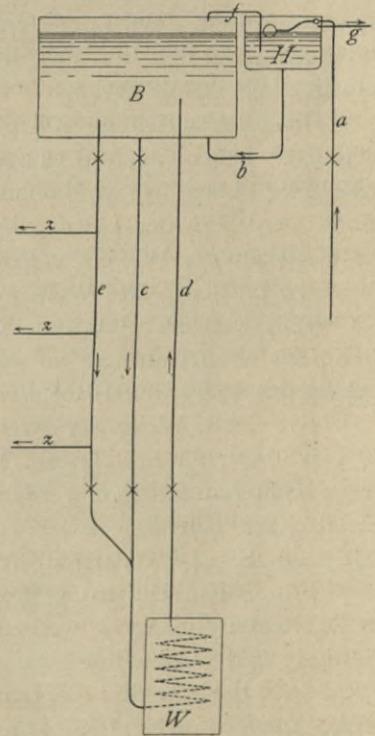
Faßt man das oben und das früher Gefagte zusammen, so ergeben sich, unter Hinweis auf die schematische Darstellung in Fig. 439, für einen Warmwasser-Behälter folgende Zu- und Ableitungen:

- 1) die Kaltwasser-Zuleitung *a*, welche mittels Schwimmkugelhahns in den Hilfsbehälter *H* einmündet und meistens aus Bleiröhren besteht;
- 2) die Verbindungsrohre *b*, welche dem Warmwasser-Behälter *B* das kalte Wasser aus dem Hilfsbehälter zuführt;
- 3) die Kreislaufleitung, bestehend aus der nach dem Wasserwärmer *W* führenden Fallröhre *c* und von letzterem emporksteigenden Steigröhre *d*;
- 4) die Fallröhre *e* der Vertheilungsleitung;
- 5) die Dampf-Ableitungs- oder Abdampfröhre *f*, auch Expansions- oder Exhaust-Röhre genannt, welche den sich bildenden Wasserdampf abzuführen hat; man läßt dieselbe am besten in den Hilfsbehälter einmünden, und zwar unter dem Wasserpiegel daselbst; doch wird sie bisweilen auch über Dach geführt;
- 6) die Ueberlaufrohre *g*, die man am besten vom Hilfsbehälter *H* ausgehen und thunlichst lothrecht abfallen läßt.

Die Warmwasser-Behälter müssen, wo dies durch örtliche Verhältnisse geboten ist, durch gute Umhüllung vor Frost geschützt werden.

Die vom Warmwasser-Behälter nach den Verbrauchsstellen führende Vertheilungsleitung besteht in der Regel aus dem lothrecht abfallenden Fallstrang (*e* in Fig. 439), von welchem die nach den Verbrauchsstellen führenden, wagrechten oder doch nur wenig geneigten Zweigröhren (*s* in Fig. 439) abgehen. Ist eine Vertheilungsleitung weit verzweigt, so kühlt das warme Wasser darin rasch ab, und es kann leicht der

Fig. 439.



Fall eintreten, dafs man an den Verbrauchsstellen zunächft kaltes Wasser abzapft; erst wenn man eine ziemlich grofse Menge kälteren Wassers unbenutzt abfliessen läfst, kommt warmes Wasser zum Vorfchein; ja es kann bei darauf folgendem stärkerem Wasserverbrauche vorkommen, dafs im Warmwasser-Behälter das Wasser gar nicht zur richtigen Erwärmung kommt. Um diesen Mifsständen zu begegnen, schliesst man nach Fig. 439 das untere Ende des Fallstranges *e* an die Fallröhre *c* der Kreislaufleitung an und erzeugt auf diese Weise in der Vertheilungsleitung selbst einen Kreislauf des Wassers (auch »zweiter Kreislauf« genannt). Das die letztere durchfliessende Wasser, welches darin abgekühlt wird, geht in den Wasserwärmer *W* zurück, wird in diesem wieder erwärmt und steigt in den Warmwasser-Behälter *B* empor; an den Verbrauchsstellen ist alsdann stets warmes Wasser vorhanden. Bei gröfseren Anlagen kann man die Vertheilungsleitung mit der Kreislaufleitung mehrere Male verbinden.

Die erwähnten Störungen im Kreislauf des Wassers treten bei mittelbarer Erwärmung desselben (siehe Art. 435, S. 452) besonders leicht auf, weshalb bei derartigen Anlagen der »zweite Kreislauf« niemals fehlen darf. Im Allgemeinen wird derselbe in ähnlicher Weise, wie eben vorgeführt, angeordnet und eingeleitet; Einzelheiten hierüber sind in dem unten genannten Aufsätze<sup>313)</sup> zu finden.

Die nach einzelnen Zapfstellen, nach Wasch- und Spül-Einrichtungen führenden Röhren erhalten in der Regel 13<sup>mm</sup>, solche nach Bade-Einrichtungen 25<sup>mm</sup> und diejenigen nach Waschküchen 20 bis 25<sup>mm</sup> lichte Weite.

Für die Vertheilungsleitungen kommen meist schmiedeeiserne Röhren zur Anwendung; die Verbindungen, Dichtungen, Abzweigungen, Compensations-Vorrichtungen etc. sind die gleichen, wie bei der Wasserheizung. Bleiröhren kommen für Warmwasser-Leitungen feltener zur Anwendung und dann nur für den Fallstrang und für kurze Abzweige nach Zapfstellen; man gebe in solchen Fällen den Röhren eine möglichst grofse Wandstärke, da die wechselnde Temperatur des Wassers, welche bis auf 60 bis 75 Grad steigt, zu schwache Röhren bleibend ausdehnt und fortgesetzt erweitert, bis schliesslich ein Bruch erfolgt. Man bringt daher für kleine Zweigleitungen mit Vortheil auch Kupferröhren zur Anwendung. Die letzteren empfehlen sich in Rücksicht auf den Rost überhaupt mehr, als eiserne Röhren; doch ist der hohe Preis derselben der allgemeineren Anwendung hinderlich.

Die Röhrenleitungen für warmes Wasser wird man in derselben Weise im Gebäude führen, als dies mit Kaltwasser-Leitungen geschieht. Man legt sie am besten in eine Ausnischung der Wand oder an die Wand und verzieht sie mit einer Holzverkleidung. Selbstverständlich wird man Fall- und Steigleitungen unmittelbar neben einander legen, während man die Kaltwasser-Leitung an einer anderen geeigneten Stelle im Gebäude hoch führt. Im Uebrigen gilt das in Kap. 9 (unter b) für Wasserheizungsrohren Gefagte.

Eine Warmwasser-Leitung darf auch durch kalte Räume gelegt werden, vorausgesetzt, dafs sie den Winter über unausgesetzt im Gange bleibt. Wird hingegen zeitweilig der Betrieb unterbrochen und ist daher im Winter ein Einfrieren der Leitung zu befürchten, so ist es nothwendig, die Leitung während der Zeit der Nichtbenutzung zu entleeren.

Als Absperrventile der Leitungen, von denen mindestens je eines in die Fall- und Steigröhre einzufachalten ist und welche am besten in die unmittelbare Nähe

441.  
Ventile.

<sup>313)</sup> RINGLER, E. Die indirekte Erwärmung von Wasser und die zweite Zirkulation bei Warmwasserleitungen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 361.

des Warmwasser-Behälters zu legen sind, wendet man Metallventile mit kegelförmigen Ventilflächen nach Art der Construction von Dampfventilen an. Die in Art. 416 (S. 411) erwähnten Nachtheile der Hähne machen sie zwar, wie bereits in Art. 423 (S. 427) gefagt wurde, für Kaltwasser-Leitungen wenig empfehlenswerth; für Warmwasser-Leitungen bilden sie indess das zweckmäsigste Abschlußmittel.

Als Zapfhähne empfehlen sich die einfachen Gummi-Niederschraubventile (vergl. Art. 425, S. 437); jedoch ist darauf zu achten, daß zu den Gummiplatten bestes und gut vulcanisirtes Material verwendet wird. Bei Waschtisch-, Bade-Einrichtungen etc., welche zwei Ventile, und zwar für kaltes und warmes Wasser, besitzen, versteht man die Zapfhähne mit den deutlichen Bezeichnungen »Kalt« und »Warm«.

Schließlich seien noch zur Veranschaulichung des im vorliegenden Kapitel Gefagten die von Ingenieur *Stumpf* in Berlin construirten Anlagen zur Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Wasser beschrieben<sup>314</sup>).

*α*) Kaltwasser-Leitung. Auf neben stehender Tafel ist ein Schnitt durch die Wirthschaftsräume dieser zweigeschoßigen Villa dargestellt. Im Kellergeschoß ist neben der Waschküche ein kleiner, wenig Brennstoff erfordernder Dampfkeffel *a* aufgestellt, welcher die unmittelbar daneben gelegene, doppelt wirkende Dampfmaschine einfacher Construction treibt. Dieselbe saugt das Wasser aus einem in der Nähe befindlichen Brunnenfchachte und führt es durch die Druckröhre *b* unmittelbar nach dem im Dachgeschoß aufgestellten Kaltwasser-Behälter *c*. Dadurch, daß die Pumpe doppelt wirkend ist, ist es möglich, daß diese Druckröhre gleichzeitig Hauptvertheilungsröhre der Kaltwasser-Leitung ist. Es schließen sich daran unmittelbar die Zweigleitungen *w* nach der Waschküche (im Kellergeschoß), ferner *l* nach der Küche und *d* nach dem Speisezimmer (im Erdgeschoß), endlich *e* nach der im Schlafzimmer aufgestellten Waschtisch-Einrichtung, *i* nach dem Spülabort und *f* nach dem Badezimmer (im Obergeschoß). Die Zweigleitungen *g*, dicht über der Pumpe, welche durch den Hahn *n* ganz absperrbar sind, bezw. im Winter sich entleeren lassen, verforgen im Garten den Springbrunnen *h* und Sprenghähne *k* (vergl. Art. 425, S. 438), welche einzeln außer Thätigkeit gesetzt werden können.

Wenn im Garten Wasser gebraucht wird, arbeitet die Dampfmaschine unausgesetzt. Sonst genügt es, den Behälter *c* immer gefüllt zu halten; behuf steter Controle hierüber wird durch eine an einem Schwimmer befestigte Kette der Wasserstand des Behälters im Kellergeschoß neben dem Dampfkeffel *a* angezeigt. Eine Anzeigeröhre, welche nach unten geführt ist, giebt außerdem dadurch, daß sie beginnt, Wasser zu speien, den Zeitpunkt an, sobald der Behälter ganz gefüllt ist.

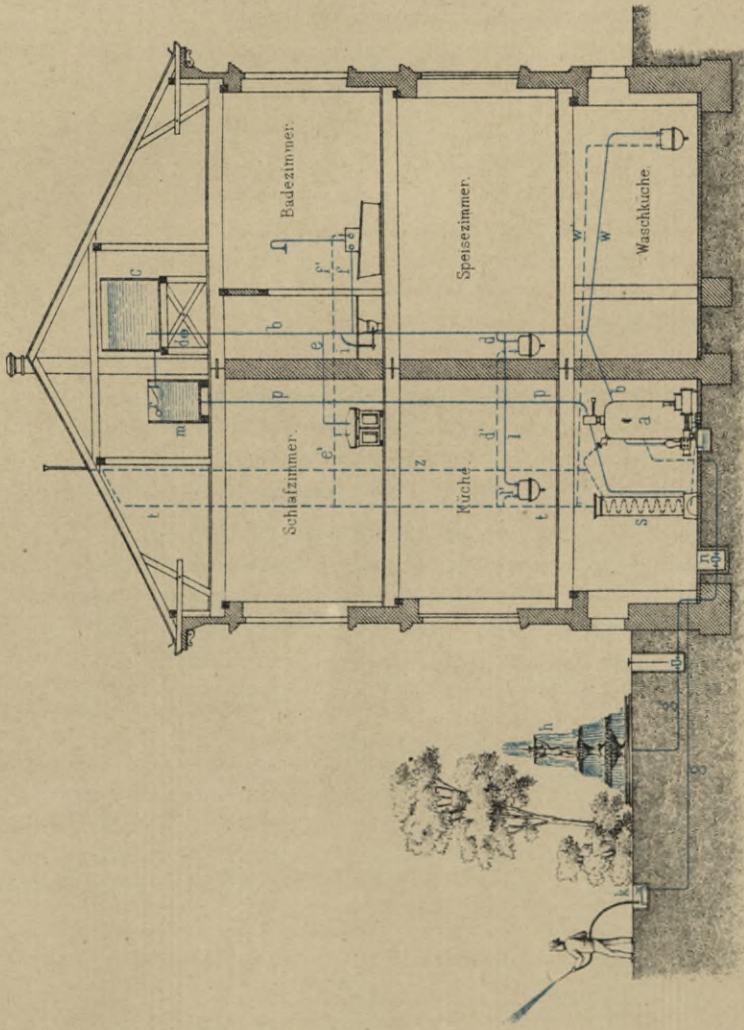
Die ganze Leitung wird, im Falle eine Ausbesserung nothwendig ist, durch den Haupthahn *d* abgesperrt.

*β*) Warmwasser-Leitung. Diese ist, wie folgt, angelegt. Der Kaltwasser-Behälter *c* speist mittels eines Schwimmkugelbannes *r* den kleineren und etwas tiefer stehenden Warmwasser-Behälter *m*. Von diesem führt ein Röhrenstrang *p* nach der im Kellergeschoß neben Kessel und Dampfmaschine stehenden Wärm-Einrichtung *s*, in deren unteren Boden er einmündet. Diese Wärm-Einrichtung ist gänzlich mit Wasser gefüllt; die Steigröhre *t* führt aus derselben bis in das Dachgeschoß. Im Wasserwärmer, also vom Wasser umspült, liegt eine Röhrenschlange, welche am unteren Ende entweder den von der Pumpe abgehenden Dampf oder auch, wenn diese steht, frischen Kesseldampf (aus *a*) empfängt und deren Fortsetzung am anderen Ende die Dampf-Ableitungsröhre *z* bildet, die über das Dach geführt ist und in welche oben die Steigröhre *t* mündet. Von letzterer zweigen die kurzen Röhrenstränge *w'* nach der Waschküche, *l'* nach der Küche, *d'* nach dem Speisezimmer und *e'*, *f'* nach der Waschtisch-Einrichtung des Schlafzimmers und nach dem Badezimmer ab.

Die Wirkungsweise dieser Einrichtungen ist folgende. Sobald der Dampf in der Röhrenschlange kreist, erwärmt sich das Wasser (welches selbstredend in der Röhre *t* eben so hoch steht, wie der Wasserpiegel im Behälter *m*) im Wasserwärmer *s*, und die warmen Wassertheilchen steigen in der Röhre *t* empor. Somit kann man aus allen mit *t* zusammenhängenden Zweigleitungen warmes Wasser erhalten, entsprechend dem Fassungsraume der Wärm-Einrichtung selbst noch eine geraume Zeit, nachdem der Dampf aufgehört hat, durch die Schlange zu kreisen. In dem Maße, als an den einzelnen Zapfstellen warmes Wasser verbraucht wird, sinkt kaltes aus dem Behälter *m* nach unten in den Wasserwärmer. Der Wasserpiegel in *m* wird, wie bereits angedeutet, durch einen Schwimmkugelhahn *r* stets auf einer bestimmten Höhe erhalten.

<sup>314</sup>) Nach: Deutsche Bauz. 1870, S. 311.

VERSORGUNG EINER VILLA MIT KALTEM UND WARMEM WASSER.



— Kaltwasserleitungen.  
 - - - Warmwasserleitungen.

10 Meter.  
 1 : 200.





Die Steigröhre *t* sollte mit Vortheil in den Behälter *m* einmünden, damit ein Kreislauf des Wassers stattfinden und eine zu starke Erhitzung desselben bis zur Siede-Temperatur nach längerem Stillstehen nicht eintreten kann.

Das in der Röhrenschlange und in der Abdampfröhre sich bildende Condensationswasser wird nach einem kleinen Behälter geleitet, in dem die Kessel-Speisepumpe *v* steht, die übrigens auch aus dem Brunnen saugen kann, falls Condensationswasser nicht vorhanden ist. Eben so besteht die Einrichtung, daß der Kessel auch durch die Dampfpumpe, wenn diese im Gange ist, gespeist wird.

Wie schon in Art. 436 (S. 452) angedeutet wurde, ist ein *Boiler* ein alleseitig geschlossener Vorrathsbehälter, in welchen das kalte Wasser unter dem unmittelbaren Drucke der Kaltwasser-Leitung eintritt und aus welchem es unter gleichem Drucke ausströmt. Wenn es sich um nur kleinere Anlagen handelt, gewährt die Anordnung mit *Boilern* jener mit offenem Warmwasser-Behälter gegenüber folgende Vortheile:

1) Offene Behälter müssen, in Rücksicht auf die zu erzielende Druckhöhe, an einem hoch gelegenen Punkte des Gebäudes, in der Regel im Dachgeschofs, Aufstellung finden; *Boiler* können fast in jedem beliebigen Raume stehen; man ordnet sie am liebsten in nächster Nähe des Wasserwärmers (sehr häufig des Küchenherdes) an.

2) Die kurze Kreislaufleitung begünstigt die Erwärmung des Wassers.

3) *Boiler*, die unter unmittelbarem Drucke stehen, machen den Hilfsbehälter, den Schwimmkugelhahn und die Ueberlaufröhre überflüssig.

Von der Einrichtung und Construction der *Boiler* wird im nächsten Bande (Abschn. 5, A, Kap. 2, b) dieses »Handbuches« gehandelt werden. An dieser Stelle sei nur bemerkt, daß das kalte Wasser in der Regel durch den Boden, seltener durch die Decke des Behälters unmittelbar in denselben eintritt, und daß zwischen *Boiler* und Wasserwärmer ein ganz ähnlicher Kreislauf des Wassers, wie bei Anwendung eines offenen Warmwasser-Behälters, stattfindet. Die Kaltwasser-Zuleitung ist ständig geöffnet; sobald der Vertheilungsleitung warmes Wasser entnommen wird, tritt eine eben so große Kaltwassermenge in den *Boiler* ein, übergeht in den Wasserwärmer etc. Es muß dafür gefordert sein, daß kaltes Wasser stets in den *Boiler*, niemals aber warmes Wasser in die Kaltwasser-Leitung treten kann.

Man kann dem *Boiler* das kalte Wasser auch aus einem im Dachgeschofs aufgestellten Kaltwasser-Behälter, welcher entweder durch eine Wasserhebemaschine oder auch von einer öffentlichen Wasserverforgung gespeist wird (siehe Art. 413, S. 402), zuführen. Es ist hierbei ein kleiner Hilfs- (Expansions-) Behälter nothwendig, der vom Hauptbehälter mittels Schwimmkugelhahns kaltes Wasser erhält; von diesem wird das Wasser durch eine Fallröhre nach dem *Boiler* geleitet, und letzterer steht durch zwei Röhren mit dem Wasserwärmer in Verbindung, wodurch der Kreislauf des Wassers hervorgerufen wird. Von der Decke des *Boilers* ragt etwa 15 bis 20 cm die Steigröhre hinein, welche das warme Wasser in den Hilfsbehälter zurückführt; von derselben zweigen auch die Vertheilungsleitungen ab.

Eine solche Anordnung hat vor der früheren den Vorzug voraus, daß Explosionen des *Boilers* ausgeschlossen sind.

## Literatur

über »Hauswasserleitungen«.

FROMMANN. Gründlicher Unterricht zur Anlegung von Wasserleitungen. Coblenz 1840.

*Distribution de l'eau dans les habitations. Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 241, 289.

*Distribution d'eau dans une maison contenant environ cent locataires. Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 300.

KÜMMEL. Beiträge zur Construction von Wasseranlagen, insbesondere zu häuslichen Zwecken. Mith. d. Gwbver. f. Hannover. 1860, S. 255; 1861, S. 6, 71.

GILL. Abbildungen und Erläuterungen von Wasserleitungs-Apparaten im Innern der Häuser und Wohnungen. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1860, S. 217.

SCHMIDT, E. H. Die Anlage von Kalt- und Warmwasserleitungen in Wohngebäuden. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1863, S. 47.

- Ueber die Anlage der Wasserleitungen für das Haus. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1866, S. 12, 26.
- HERMANN. Apparate zur Vertheilung des Wassers in den Städten und zwar auf den Strafsen wie in Wohnungen. Allg. Bauz. 1867, S. 373.
- GIRARD, L. D. *Élévations d'eau. Alimentation des villes et distribution de force à domicile.* Paris 1868.
- JOLY, V. CH. *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la distribution de l'eau dans les habitations particulières.* Paris 1868.
- SALBACH, B. Die Wasserleitung in ihrem Bau und ihrer Verwendung in Wohngebäuden, zu Wafch-, Bade-, Clofet- und Feuerlöfcheinrichtungen, zur Gartenbewässerung und zu Springbrunnen. Halle 1870. — 2. Aufl. 1870.
- STUMPF. Zur Anlage unserer Haus-Wasserleitungen. Deutsche Bauz. 1871, S. 61. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1871, S. 649.
- BLUM. Einrichtung von Wasserleitungen in Häufem mit Anwendung der Gasmafchine von LANGEN und OTTO. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 166.
- PÜTSCH. Privat-Wasserleitungen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 308.
- Distribution d'eau dans les maisons particulières.* Revue gén. de l'arch. 1872, S. 61, 115, 151, 217.
- Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österr. Commission. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877.
- Sanitary science and practice.* Iron, Bd. 10, S. 616.
- LÜDICKE, A. Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- u. Maschinenschlosser. Weimar 1878.
- Eine Hauswasserleitung, wie sie nicht fein foll. Rohrleger 1878, S. 124.
- Eine Hauswasserleitung, wie sie fein foll. Rohrleger 1878, S. 163, 185.
- Distribution des eaux dans l'intérieur des propriétés particulières.* La semaine des const. Jahrg. 2, S. 618.
- DENTON, J. B. *House sanitation, water supply, and domestic filtration etc.* London 1879.
- Affainissement des habitations. Écoulement des eaux ménagères.* Revue gén. de l'arch. 1879, S. 257 u. Pl. 11—12.
- FATH. *Distribution des eaux dans les maisons particulières.* La semaine des const., Jahrg. 3, S. 8, 618.
- WHITE, W. *Domestic plumbing and water service.* London 1880.
- OELRICHS, B. Wasserleitungsapparate auf der Berliner Gewerbeausstellung. Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880, S. 201, 227, 234.
- L'eau à volonté.* Moniteur des arch. 1880, S. 49, 65, 81.
- PARRY, J. *Water: its composition, collection, and distribution.* London 1880.
- SCHOLTZ, A. Confruction und Anlage der Gas- und Wasserleitungen in Gebäuden etc. Stuttgart 1881.
- DAVIES, P. J. *Practical notes on plumbing.* Building news, Bd. 41, S. 822; Bd. 43, S. 504, 532, 584, 614, 629, 660, 690, 810; Bd. 44, S. 8, 38, 96, 124, 315, 377, 392, 525, 566, 583, 626, 726, 805, 866, 904; Bd. 45, S. 13, 48, 104, 146, 225, 265, 307, 344, 364, 441, 506, 546, 627, 683.
- KÖNIG, F. Hauswasserleitungen etc. Leipzig 1882.
- BENHAM, R. F. *The supply of water to our homes.* London 1882.
- Die Wasserabgabe aus der städtischen Wasserleitung in der königl. Haupt- und Residenzstadt München. München 1883.
- Alimentation d'eau des maisons de campagne et de leurs dépendences.* Revue gén. de l'arch. 1883, S. 4, 54; 1885, S. 8; 1886, S. 34.
- Unfere Privat-Wasserleitungen. Gefundh.-Ing. 1884, S. 583.
- RICH, W. E. *Water supply to country houses and isolated public buildings.* Architect, Bd. 31, S. 221.
- EÄSSIE, W. *The systems of heating water in basements of houses for supply of hot water there, and also hot water for upstairs purposes.* Sanit. record, Bd. 16, S. 293.
- BEIESTEIN, W. Die Wasserleitung im Wohngebäude etc. Weimar 1885.
- DYE, E. *Hot-water-supply etc.* London 1887.
- PUTNAM, J.-P. *The water-supply of buildings.* American architect, Bd. 21, S. 39, 99, 123, 183.
- BEIESTEIN, W. Die Installation der Warmwasseranlagen etc. Weimar 1889.
- RINGLER, E. Die indirekte Erwärmung von Wasser und die zweite Zirkulation bei Warmwasserleitungen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 361.

### Berichtigungen.

S. 123, Tabelle a: Die mit Pr bezeichnete Spalte gehört nicht unter die Bruchsteinmauern; aus dem betreffenden Erlafs ist eher zu schliesen, daß die angeführten Werthe von k für alle irgend wie gearteten Mauern gelten sollen.

S. 186, Zeile 21 v. o. { : Statt »Wolpert's Anemometer« zu lesen: »Wolpert's Anemofopes.  
Marg.-Titel 205











Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306449

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298677