

II

6623

3/4

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.

Holzchnitte aus der xylogr. Anstalt von WOLFGANG PFNOR in Darmstadt.
Zink-Hochätzungen aus dem graphischen Institut von FRIEDRICH WOLF in München.
Farbendruck-Tafeln aus der lithogr.-artif. Anstalt von FERD. WIRTZ in Darmstadt.
Druck von GEBRÜDER KRÖNER in Stuttgart.

INY-NR. 2012/3375

Handbuch der Architektur.

III. Theil.

Hochbau-Constructionen.

4. Band.

INHALTS-VERZEICHNISS.

Constructionen des inneren Ausbaues.

4. Abschnitt.

Anlagen zur Versorgung 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. Künstliche Beleuchtung der Räume	5
Literatur über »künstliche Beleuchtung der Räume«	5
1. Kap. Gasbeleuchtung	6
a) Lichtentwicklung und Lichtmenge	6
b) Gasleitungen und Druckregulatoren	11
Tabelle über Widerstandshöhen in Millimetern Wasserfäule	16
c) Flammengruppen	20
Literatur über »Sonnenbrenner etc.«	22
Tabelle über Kosten der Gasbeleuchtung	23
Literatur über »Gasbeleuchtung«	24
2. Kap. Beleuchtung mit elektrischem Licht	26
Tabelle über Kosten der elektrischen Beleuchtung	35
Literatur über »Beleuchtung mit elektrischem Licht«	37
B. Heizung und Lüftung der Räume	39
Literatur über »Heizung und Lüftung im Allgemeinen«	41
1. Kap. Zu- und abzuführende Wärmemenge	43
a) Wärmemenge, welche in Folge der Benutzung der Räume frei wird	43
b) Wärmestrahlung und Wärmeleitung	44
c) Wärmeüberführung durch feste Wände (Wärme-Transmission)	48
Tabelle über Wärmemengen, welche in ebene Wände übergeleitet werden	48

	Seite
d) Wärmespeicherung in Wänden und anderen Körpern	61
Tabelle über die Wärmemengen, welche für 1 Grad Temperaturerhöhung erforderlich sind	64
e) Durchschnittliche Zahlenwerthe zur Berechnung des Wärmeaustausches durch Wände, Decken etc.	65
I. Coefficienten für die Wärmeüberführung lothrechter Wände	65
II. Coefficienten für die Wärmeüberführung von Decken und Oberlichtern	65
III. Gebräuchliche Temperaturen	66
f) Wärmemenge, welche der frischen Luft zuzuführen oder zu entziehen ist	66
2. Kap. Luftverunreinigung und Unschädlichmachen derselben	67
a) Quellen der Luftverunreinigung	67
b) Messen der Luftbeimischungen	70
Literatur über »Luftverunreinigung« und »Messen der Luftbeimischungen«	71
c) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen	72
1) Abführung der schädlichen Gase, der Dämpfe und des Staubes, bevor dieselben der zu athmenden Luft sich beimischen	72
2) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen durch Verdünnen derselben	73
α) Erforderliche Verdünnung	73
Tabelle über das Gewicht des in 1 cbm gefättigter Luft enthaltenen Wasserdampfes	75
β) Gröfse des Luftwechsels	76
Tabelle über die stündlich erforderlichen Luftmengen	80
γ) Einfluss der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft	80
δ) Mittel zum Befeuchten der Luft	81
ε) Mittel zum Trocknen der Luft	86
d) Verfahren des Zuführens frischer und des Abführens verunreinigter Luft	86
1) Zufällige Lüftung	88
2) Künstliche Lüftung	89
3) Entnahmestellen für die frische Luft	94
3. Kap. Bewegung von Flüssigkeiten in Rohrleitungen und Canälen	95
a) Widerstände der Bewegung	95
b) Einfluss der Verschiedenheit der Gewichte geleiteter Flüssigkeiten	97
c) Einfluss der Wärmeleitung der Canal-, bezw. Rohrwände	98
Tabellen zur Berechnung von Dampfleitungen	102
d) Mittel zum Bewegen der Flüssigkeiten	104
α) Bewegen der Flüssigkeiten durch Auftrieb	104
β) Bewegen der Luft durch den Wind	107
Literatur über »Saug- und Blasköpfe«	113
γ) Strahlapparate	114
δ) Bewegung durch feste Flächen (Gebläse)	115
e) Messen der Geschwindigkeit bewegter Flüssigkeiten	116
α) Uebertragung der Geschwindigkeit an die Flügel eines sich drehenden Rades	117
β) Messen des Druckes, welchen der Stofs der bewegten Flüssigkeit auf eine ruhende Fläche ausübt	118
γ) Messen des durch eine Leitung strömenden Flüssigkeitsvolums	119
Literatur über »Anemometer«	119
4. Kap. Canäle für Luft und Rauch (Luftcanäle, Rauchcanäle, Lock- und Rauchschornsteine)	120
a) Abmessungen	120
Tabelle zur Berechnung der Luftcanäle	123
b) Lage und Längenprofil	143
c) Construction	146
Literatur über »Schornsteine«	154
d) Sicherung gegen atmosphärische Einflüsse, gegen Staub, Ungeziefer etc.; Schornstein- auffätze und sonstige Einrichtungen	155
e) Schieber, Klappen etc.	167
5. Kap. Rohrleitungen für Wasser und Dampf	173
a) Abmessungen	173

	Seite
b) Lage und Längenprofil	180
c) Construction und Einrichtung	189
d) Schieber, Hähne, Ventile etc.	197
6. Kap. Erwärmung der Luft	199
a) Brennstoffe	199
Tabelle über Zusammenfetzung, Wärme- und Raumentwicklung etc. der Brennstoffe	202
b) Feuerstellen	203
Tabelle mit Mafsangaben für Feuerstellen	207
c) Wärmeabgabe der Feuergase an die Luft	212
α) Wärmeabgabe ohne Zwischenmittel. (Kamine.)	212
Literatur über »Kamine und Kaminöfen«	212
β) Vermittlung durch eine feste Wand. (Oefen für Einzel- und Sammelheizungen. Canal- und Feuerluftheizung.)	212
Literatur über »Gasöfen«	219
Literatur über »Oefen für Einzelheizungen«	224
Literatur über »Oefen für Sammelheizungen«	226
Literatur über »Feuerluftheizung«	227
γ) Vermittlung durch feste Wände und Wasser, bezw. Dampf. (Wasser- und Dampfheizung.)	227
Tabelle der Dampfspannung, -Temperatur und -Wärme	235
Literatur über »Wasserheizung und Wasserluftheizung«	239
Literatur über »Dampf-, Dampfwasser- und Dampfluftheizung	240
7. Kap. Abkühlung der Luft	241
a) Mittel zur Abkühlung	241
b) Verwendung der Mittel	243
Literatur über »Abkühlung der Luft«	245
8. Kap. Regelung der Wärme-Zufuhr, bezw. -Abfuhr	245
a) Mittel zur Regelung	245
b) Erkennung der Temperaturen	248
c) Ausführung der Regelung	251
9. Kap. Heizungs- und Lüftungsanlagen	252
a) Lüftungsanlagen	253
b) Heizungsanlagen	255
Literatur über »Heizungs- und Lüftungsanlagen«	259
Besprechung einiger bewährten Heizungs- und Lüftungsanlagen	260
α) Heifswasser-Luftheizung des Hauses Kahn in Mannheim	260
β) Feuerluftheizung mit Drucklüftung und Warmwasser-Heizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Koft- und Logirhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gußstahlfabrikation	261
γ) Feuerluftheizung in der Leibnitz-Realfschule in Hannover	262
δ) Feuerluftheizung mit Sauglüftung der medicinifchen Klinik zu Bonn	264
ϵ) Dampfluftheizung, Druck- und Sauglüftung des Sitzungsfaales des deutschen Reichstages in Berlin	265
ζ) Feuerluftheizung der St. Johannis-Kirche in Hannover	266
Literatur über anderweitige ausgeführte, bezw. projectirte Heizungs- und Lüftungsanlagen	267
C. Wasserverforgung der Gebäude	273
1. Kap. Beschaffung des Wassers	274
Literatur über »Befchaffenheit und Prüfung des Wassers«	278
Literatur über »Filtration des Wassers«	280
Literatur über »städtische Wasserverforgungen«	280
Literatur über »Construction und Ausführung von Brunnen«	283
2. Kap. Rohrleitungen, Zapfstellen und Hausfilter	291
Literatur über »Wassermesser«	296
Wasserverforgung eines Miethhauses	312
Wasserverforgung einer herrfschaftlichen Residenz	312

	Seite
Wasserverforgung öffentlicher Gebäude	313
Literatur über »ausgeführte Hauswasserleitungen«	313
Tabelle über Kosten der Hauswasserleitungen	314
3. Kap. Warmwasserleitungen	315
Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Wasser	318
Literatur über »Hauswasserleitungen«	319

Verzeichniss

der in den Text eingestifteten Farbendruck-Tafeln.

- Zu Seite 260: Heißwasser-Luftheizung des Hauses Kahn in Mannheim.
- » » 261: Feuerluftheizung mit Drucklüftung und Warmwasser-Heizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Kost- und Logirhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gufstahlfabrikation (2 Tafeln).
- » » 262: Feuerluftheizung in der Leibnitz-Realschule in Hannover (2 Tafeln).
- » » 264: Feuerluftheizung mit Sauglüftung der medicinischen Klinik zu Bonn.
- » » 265: Dampfluftheizung, Druck- und Sauglüftung des Sitzungsfaales des deutschen Reichstages in Berlin.
- » » 266: Feuerluftheizung der St. Johannis-Kirche in Hannover.
- » » 312: Wasserverforgung eines Miethhauses.
- » » 318: Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Wasser.

4. Abschnitt.

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

Die »Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser«, so wie die im folgenden Abschnitte zu behandelnden »Reinigungs-Anlagen« haben aufer den rein technischen Zwecken des »inneren Ausbaues« auch in hervorragender Weise sanitären Zwecken zu genügen. Sie bilden dem entsprechend einen wesentlichen Bestandtheil der sog. *Gesundheitstechnik* (Bauhygiene, bauliche Gesundheitslehre), und diese steht wieder mit der *Hygiene* oder *Gesundheitspflege* — der privaten, wie der öffentlichen — in innigem Zusammenhange.

Es wurde bereits im Vorwort (Grundsätze für die Construction) zum III. Theile dieses »Handbuches« darauf hingewiesen, daß unsere Hochbauten auch stets den sanitären Anforderungen zu entsprechen haben. Die Beobachtung und Einhaltung hygienischer Grundsätze tritt indess bei den sog. gesundheitstechnischen Anlagen am maßgebendsten auf. »Zur Einführung« sagt *Reclam* im Vorwort zu seiner Zeitschrift »Gesundheit (Zeitschrift für körperliches und geistiges Wohl. Elberfeld)« über das Zusammengehen des Arztes und des Baumeisters bei den in Rede stehenden baulichen Anlagen: ». . . Die Aerzte allein vermögen die Urfachen 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 Ausspruche 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, daß der Architekt in jedem concreten Falle das ihm von hygienisch-ärztlicher Seite gestellte Problem so weit zu lösen bestrebt sein muß, als die jeweiligen Verhältnisse und die disponibeln Mittel dies gestatten, und so weit es sich mit den baulichen Anforderungen vereinbaren läßt.

Die ärztlichen Hygieniker übernehmen bei allen gesundheitstechnischen An-

lagen 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 Modificationen erfährt, so wird und kann es auch niemals als »Pflicht« des Baumeisters angesehen werden, die vom Arzte, bezw. Chemiker gestellte Aufgabe *pure* »technisch« zu lösen. Vielmehr wird es in nicht seltenen Fällen, mit Rücksicht auf die obwaltenden Verhältnisse und die zu Gebote stehenden Mittel, seine »Pflicht« sein, auf die Modification, 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 sanitäre 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 Elementarkenntnisse 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 hinüber wage, eben so wie wir wünschen müssen, daß auch der Hygieniker bei der Ausführung gesundheits technischer 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 Resultate zum Vorschein kommen, sobald der Arzt in das eigentliche Gebiet des Technikers, sobald der letztere in das dem Arzte eigenthümliche Reffort eingreift ¹⁾.

Literatur.

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

STEIN. Verwaltungslehre. 3. Theil. Das öffentliche Gesundheitswesen etc. Stuttgart 1867.

PAPPENHEIM. Handbuch der Sanitätspolizei. 2. Aufl. Berlin 1867—70.

REICH, E. System der Hygiene. Leipzig 1871.

GEORGE, H. *Traité élémentaire d'hygiène*. Paris 1870.

GUY, W. A. *Public health: a popular introduction to sanitary science* etc. London 1870.

ROUGET, A. *Études d'hygiène*. Poligny 1871.

¹⁾ Vergl. auch: ROBINS, E. C. *Sanitary science and its relation to civil architecture*. *Builder*, Vol. 39, S. 666. *Building news*, Vol. 39, S. 641.

- MICHAEL, W. H. *A manual of public medicine* etc. London 1873.
- LION. Handbuch der Medicinal- und Sanitätspolizei. Iferlohn 1862—75.
- GEIGEL, L. HIRT u. G. MERKEL. Handbuch der öffentlichen Gesundheitspflege und der Gewerbekrankheiten. 2. Aufl. Leipzig 1875.
- KLEYER, A. Gesundheitspflege im Zusammenhang mit Canalbau und Wasserverföorgung, nebst einem Anhang über den Zweck und die Einrichtung der Hausentwässerung. Frankfurt a/M. 1875.
- ACKERMANN, A. Literarischer Wegweiser für die öffentliche Gesundheitspflege 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 Gesundheitspflege 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.
- PICHLER, W. u. L. G. KRAUS. Compendium der Hygiene, Sanitätspolizei und gerichtlichen Medicin. Stuttgart 1876.
- BLYTH, A. W. *A dictionary of hygiene and public health*. London 1876.
- OESTERLEN, F. Handbuch der Hygiene, der privaten und der öffentlichen. 3. Aufl. Tübingen 1876.
- SCHAUENBURG, C. H. Handbuch der öffentlichen und privaten Gesundheitspflege. Berlin 1876.
- BECQUEREL, A. *Traité élémentaire d'hygiène privée et publique*. 6e édit. par E. BEAUGRAND et F. L. HAHN. Paris 1877.
- PROUST, A. *Traité d'hygiène publique et privée*. Paris 1877.
- SANDER, F. Handbuch der öffentlichen Gesundheitspflege. Leipzig 1877.
- DENTON, B. *Sanitary engineering* etc. London 1877.
- HART, E. *A manual of public health* etc. London 1877.
- Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österreichischen Commission. Heft 17. Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Wien 1878.
- KRAUS, L. G. Die Hygiene etc. Leipzig 1878.
- PARKES, E. A. *A manual of practical hygiene*. Edited by F. DE CHAUMONT. 5. edit. London 1878.
- LÉVY, M. *Traité d'hygiène publique et privée*. 6e édit. Paris 1879.
- BUCK, A. H. *A treatise on hygiene and public health*. London 1879.
- SLAGG, CH. *Sanitary work in the smaller towns and villages*. Crosby 1879.
- LACASSAGNE, A. *Précis d'hygiène privée et sociale*. 3e édit. Paris 1879.
- PAULIER, A. B. *Manual d'hygiène publique et privée* etc. Paris 1879.
- ERISMANN, F. Gesundheitslehre für Gebildete aller Stände. 2. Aufl. Herausg. v. A. SCHUSTER. München 1879.
- FRESCHI, F. *Dizionario d'igiene pubblica et di polizia sanitaria* etc. 1879.
- 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*. 2. edit. London 1880.
- WIEL, J. u. R. GNEHM. Handbuch der Hygiene. Karlsbad 1880.
- WILSON, G. *A handbook of hygiene and sanitary science*. 4. edit. London 1880. Deutsche Uebersetzung der 3. Aufl. von P. BÖRNER. Berlin 1877.
- NOWAK, J. Lehrbuch der Hygiene. Wien. Im Erfcheinen begriffen.
- Ferner:
- Annales d'hygiène publique et de médecine légale*. Paris. Erfcheint seit 1829.
- Journal für Gasbeleuchtung und Wasserverföorgung. Red. v. N. H. SCHILLING u. H. BUNTE. München. Erfcheint seit 1858.
- Zeitschrift für Biologie. Herausg. von L. BUHL, M. v. PETTENKOFER und C. VOIT. München. Erfcheint seit 1865.
- Correspondenzblatt für die mittelhheinischen Aerzte. Organ für die Epidemiologie und öffentliche Gesundheitspflege. Red. v. H. PFEIFFER. Darmstadt 1867—68.
- Zeitschrift für Epidemiologie und öffentliche Gesundheitspflege. Herausg. v. H. PFEIFFER u. B. SCHUCHARDT. Neue Folge. Darmstadt. Erfcheint seit 1868.
- Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Red. v. G. VARRENTAPP und A. SPIESS. Braunschweig. Erfcheint seit 1869.
- Correspondenzblatt des niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege. Red. v. LENT. Erfcheint seit 1872.
- The sanitarian*. Erfcheint seit 1873.

- The sanitary record. A journal of public health.* Herausg. von E. HART. Erscheint seit 1874.
- Gefundheit. Zeitschrift für körperliches und geistiges Wohl. Herausg. von C. RECLAM. Elberfeld. Erscheint seit 1875.
- The practitioner.* Herausg. von T. BRUNTON. London. Erscheint seit 1875.
- Archiv für öffentliche Gefundheitspflege in Elfafs-Lothringen. Red. v. H. WASSERFUHR. Strafsburg. Erscheint seit 1876.
- Journal für öffentliche Gefundheitspflege und Volkswirthschaft. Herausg. von D. BISENZ. Wien. Erscheint seit 1877.
- 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. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin. Erscheint seit 1880.
- Revue d'hygiène et de poliee sanitaire.* Red. von E. VALIN. 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.
-

A. Künstliche Beleuchtung der Räume.

VON HERMANN FISCHER.

Der Erhellung der Räume durch Tageslicht 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- und Paraffinlicht, Beleuchtung mittels Steinkohlengas, Naphtha-Aether, Solaröl, Oelgas, Holzgas, Boghead-Gas, die elektrische Beleuchtung etc. sind bald in größerem, bald in kleinerem Maßstabe zur Anwendung gekommen. Indes ist für den Architekten zur Zeit nur die »Gasbeleuchtung« und die »elektrische Beleuchtung« von Wichtigkeit.

Das Maß oder die Einheit, welche bei den Vergleichen oder Lichtstärken zu Grunde gelegt wird, ist in den einzelnen Ländern verschieden gewählt worden.

In Deutschland hat der »Verein der deutschen Gas- und Wasserfachmänner« als Einheit der Lichtstärke eine Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und von genau beschriebener Zusammenfassung des Dochtes empfohlen; 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 Colzalöls (Kohlfaat- oder Rüböls) verbrennt; man nennt dort diese Lichtmenge einfach »*bec Carcel*« oder auch nur schlechtweg »*bec*«.

In England wendet man als Lichteinheit die sog. Parlamentskerze (*London standard spermaceti candle*) an, die bei einer Flammenhöhe von 45 mm stündlich 120 Grains (= 7,77 g) Spermaceti (Walrath) verbrennt.

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

- 1 deutsche Normkerze = 0,10 *becs Carcel* = 0,98 Parlamentskerzen,
- 1 *bec Carcel* = 9,83 (oder rund 10) Vereinskерzen = 9,6 Parlamentskerzen und
- 1 engl. Parlamentskerze = 1,92 Vereinskерzen = 0,104 *becs Carcel*.

Literatur

über »künstliche Beleuchtung der Räume«.

- ECLÉT, 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. I. Bd., 2. Gruppe. Das Beleuchtungswesen. Braunschweig 1862.
- The artificial lighting of buildings, and gas*. Builder, Vol. 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.
- Illustrierte Patentberichte. Nr. 2: Patent-Classe 4. Beleuchtungsgegenstände. Sachliche Zusammenstellung der bis zum 1. Jan. 1879 in dieser Classe erteilten Patente, nebst Anhang über elektrische Beleuchtung. Bearbeitet von M. MÜLLER. Berlin 1879.
- STROTT, G. R. Ueber Leuchtmaterialien, deren Eigenschaften, Bestimmung der Lichtstärke, Leuchtkraft und des Leuchtwerthes etc. Holzminden 1880.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. II. Band. 3. Beleuchtung. Leipzig. Seit 1880 im Erscheinen begriffen.

I. Kapitel.

Gasbeleuchtung.

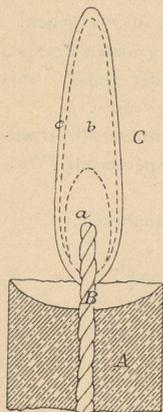
a) Lichtentwicklung und Lichtmenge.

Die Quellen, welche das Licht für künstliche Beleuchtung liefern, sind durchweg — mit theilweiser Ausnahme des elektrischen Lichtes — gleicher Art. Grundsätzliche 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 etc. bedarf der Brennstoff der weitgehendsten 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. 1 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

Fig. 1.



eine sphärische Fläche, die einen Behälter für den geschmolzenen Brennstoff bildet. In der Mitte der Kerze befindet sich der Docht *B*, welcher vermöge der Haarröhrchenkraft den nunmehr flüssigen Brennstoff in die Flamme führt. Die Temperatur der Flamme bewirkt die Ueberführung der Flüssigkeit in die Gasform. Das grosstentheils aus Kohlenwasserstoffen bestehende Gas entströmt dem Docht nach allen Seiten und wird in steigendem Masse 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. 1 einerseits

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

Behuf Hervorbringung 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. 1 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 Vergafungszone *a* abgibt u. s. w. Die Temperatur des Dochtendes ist eine niedrige; hält man dasselbe nur in der Vergafungszone *a* (durch regelmässiges Kürzen des Dochtes), so wird es kaum gebräunt.

Die Wärme gebende Zone *c* erwärmt nun nicht allein den Flammenkern,

sondern sie strahlt eine nicht unbedeutende Wärmemenge nach aufsen, 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, das 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 Flammenteile 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 Rufs. Es ist sonach erklärlich, das diejenige Lichtflamme, welche in Bezug auf den Brennstoffverbrauch als die vortheilhafteste bezeichnet werden muss, in Folge geringer äusserer Einflüsse zu rufen beginnt.

Will man in einer Lichtflamme mehr Brennstoff verbrauchen, mehr Licht entwickeln, als die bisher besprochene, einen Rotationskörper bildende Flamme in vortheilhafter Weise zu entwickeln vermag, so muss eine Form der Flamme gewählt werden, welche grösser ist als diese, welche aber dasselbe Verhältniss zwischen Oberfläche und Rauminhalt hat. Offenbar genügt eine platte Flamme dieser Anforderung und eben so die Flamme, deren Form entsteht, indem man eine breite platte Flamme so biegt, das die Seitenränder zusammenstossen, also die Flamme einen Hohlcyylinder bildet. Derartige Flammenformen sind für feste Brennstoffe nicht gebräuchlich, wohl aber für flüssige. Sie wurden zuerst (1789) von *Aimé Argand* in Paris mittels des nach ihm benannten Brenners hervorgebracht.

Für den vorliegenden Zweck ist noch nothwendig, auf eine weitere Erörterung derjenigen Flammen einzugehen, deren Brennstoff bereits am anderen Orte in Gas verwandelt ist, bei welchen also der oben geschilderte Vorgang in dem Raume a beginnt, so das 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 Mischung²⁾. Als Licht gebende Bestandtheile sind zu nennen: Kohlenwasserstoffdämpfe und Kohlenwasserstoffe, als verunreinigende: Kohlen säure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff etc.

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

Die Flamme, welche Fig. 2 darstellt, und welche entsteht, indem das Gas aus einem runden Loch ausströmt, giebt schon Veranlassung zur Berücksichtigung des

2.
Form
der
Flamme.

3.
Leucht-
gas.

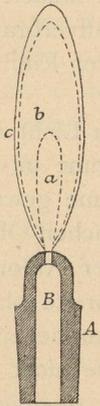
4.
Leuchtgas-
flammen.

²⁾ Vergl. SCHILLING, N. H. Handbuch der Steinkohlengas-Beleuchtung. 3. Aufl. München 1878. S. 82.

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 kohlenstoff-
ärmerem Gase, da Raum geboten werden muß zur Verbrennung der verhältnißmäßig
größeren Kohlenmenge. Dasselbe gilt von den platten Flammen Fig. 3 u. 4, so
wie von der Flamme des Argand-Brenners, indem diese für kohlenstoffreicheres Gas
dünner, für kohlenstoffärmeres Gas dagegen dicker sein müssen, sofern sie eine mög-
lichste Ausnutzung des Brennstoffes herbeiführen sollen.

5.
Brenner.

Fig. 2.



6.
Loch- u.
Flachbrenner.

Sofern in dem Hals *B* des Brenners *A* eine größere Spannung herrscht, so
wird die Geschwindigkeit des ausströmenden Gases ebenfalls eine größere. Die un-
mittelbare Folge hiervon ist, daß die ausgeschiedenen Kohlen-
theilchen in *b* weiter aus einander getrieben werden und der Gasraum *a* größer
ausfällt; die Lichtmenge der Flamme steigt hierdurch zwar im Gan-
zen, aber in geringerem Maße, als die verbrauchte Gasmenge. Außer-
dem bringt die rasche Bewegung des Gases Luftwirbelungen hervor,
so daß eine stärkere Mischung des Gases mit Luft, sonach eine frühere
Verbrennung der Kohlen-
theilchen eintritt. Die Erfahrung hat das Ge-
sagte bestätigt, indem durch sorgfältige Versuche nachgewiesen ist, daß
die beste Ausnutzung des Gases bei niedrigstem Druck in dem Bren-
nerhals *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. 2). 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 l. Auf die
Lichtstärke einer Vereinskerze (vergl. S. 5) bezogen, gebraucht die gut behandelte
Flamme durchschnittlich etwa 21 l an Gas.

Die Flachbrenner sind für einen stündlichen Gasverbrauch von 90 bis 125 l
am meisten zu empfehlen. Man verwendet zwei Arten der Flachbrenner, nämlich

Fig. 3.

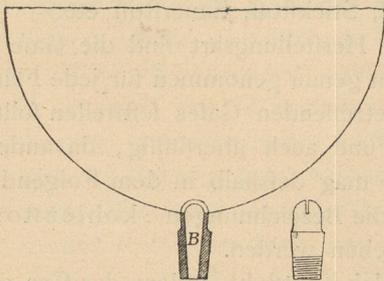
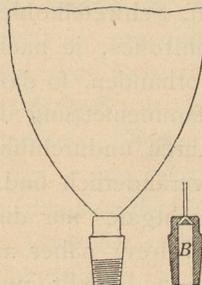


Fig. 4.



den Fledermaus- oder
Schnittbrenner (Fig. 3)
und den Fischschwanz-
oder Zweilochbrenner
(Fig. 4). Die cylindrische
oder besser bauchförmige
Halshöhlung *B* des letz-
teren ist mit einer Platte
geschlossen, welche zwei
gegen einander geneigte
Löcher durchbrechen; das
aus diesen Löchern strö-
mende Gas stößt auf einander und bildet, wenn entzündet, eine flache Flamme,
deren Ebene winkelrecht zu derjenigen gerichtet ist, in welcher die Axen der bei-

mende Gas stößt auf einander und bildet, wenn entzündet, eine flache Flamme,
deren Ebene winkelrecht zu derjenigen gerichtet ist, in welcher die Axen der bei-

den Löcher liegen. Der Schnittbrenner (Fig. 3) hat entweder einen cylindrischen, besser aber einen sich erweiternden Hals *B*, welcher vermöge eines Schlitzes mit dem Freien in Verbindung steht. Die Form der Flamme ist bei diesem Brenner breiter, als bei dem 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^l in der Stunde.

Der Argand-Brenner (Fig. 5 u. 6) ist für Gasmengen von 120 bis 160^l in der Stunde am geeignetsten.

Derselbe unterscheidet sich, wie Fig. 5 erkennen läßt, abgesehen von der röhrenförmigen Gestalt der Flamme, dadurch von den eigentlichen Flachbrennern, daß er von einem Glasrohr *C* umgeben ist, welches einen schädlichen Einfluß zufälliger Luftströmungen, sofern 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 in dem Brenner ist. Die Verbrennungsluft tritt sowohl in das Innere des Flammenringes, als auch an die Außenfläche desselben.

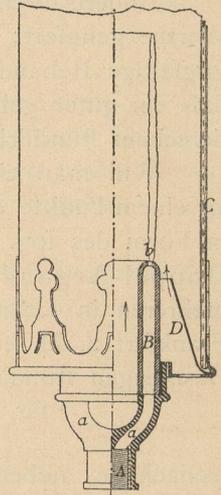
Der für letztern bestimmte Luftstrom wird durch den Blechkegel *D* so geleitet, daß er sich der Flamme zuneigt. Da die Geschwindigkeit der Luftströme, abgesehen von Reibungswiderständen, von der Temperatur innerhalb des als Schornstein wirkenden Glasrohres *C* und von der Höhe desselben abhängt, da ferner für die zweckmässigste Verbrennung eine bestimmte Luftmenge erforderlich ist, so müssen, will man die vortheilhafteste Leistung des Brenners erreichen, Glasrohr *C*, Gasmenge und Querschnitte für den Luftstrom zu einander genau passen, 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 in London hat sich den in Fig. 6 abgebildeten Argand-Brenner patentiren lassen, welcher in Bezug auf Ausnutzung des Gases das Hervorragendste leistet.

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 Stiff mit Knopf *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 Glasrohr *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 Glasrohres *C* ausfüllen soll. Wesentlich sind aber außerdem die Verbesserungen, welche in der beliebigen Herabminderung des Gasdruckes im Brenner bestehen. Die drei engen Röhren *a*, welche das Gas dem Hohlraum *B* zuführen, münden andererseits in der Kammer *d*. Diese steht mit dem Gasrohr *A* mittels einer kreisförmigen Oeffnung ihres

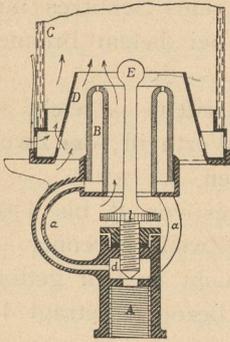
Fig. 5.



Argand-Brenner. 1/2 n. G.

7.
Argand-
Brenner.8.
Sugg'sche
Brenner.

Fig. 6.



Bodens in Verbindung, in welche die untere, kegelförmige Spitze des Stif-
tes *E* ragt. Das Gewinde des unteren Theiles von *E* findet fein Mutter-
gewinde 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, womit der Gasdruck im
Brenner beliebig verändert. Die Einstellung kann recht wohl während des
Brennens der Flamme gefchehen, so dafs man im Stande ist, den vortheil-
haftesten Gasdruck durch Veruche zu finden.

Durch verschiedenartige Einrichtungen ist die Wirkungs-
art der Argand-Brenner verschieden, was man aus folgender
kleinen Zusammenstellung ersehen wolle:

Sugg'scher Brenner. 1/2 n. G.

Leuchtkraft für 100^l stündlichen
Gasverbrauch.

Gewöhnlicher Porzellan-Argand-Brenner	9,6 Kerzen.
» Speckstein-Argand-Brenner	9,5 »
Parifer Normal-Argand-Brenner	9,0 »
Londoner » » »	10,2 »
Sugg's verbefferteter Brenner	12,8 »

Andere Veruche 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^l Gas verbraucht.

Will man eine gröfsere Lichtmenge, als etwa die von 14 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 ³⁾ rühren von Sugg her; 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 ge-
trieben werden kann, den Vortheil sehr geringen Gasverbrauchs haben.

Die stärkere Lichtentwicklung mittels des genannten neuen Brenners dürfte
auf die entstehende höhere Verbrennungstemperatur zurückzuführen sein. Die
letztere wird dadurch hervorgebracht, dafs verhältnismäfsig weniger Wärme durch
Strahlung verloren geht.

Fr. Siemens ⁴⁾ will eine höhere Temperatur der Lichtflammen hervorbringen
durch Vorwärmen der Verbrennungsluft. Die Wärme der Verbrennungsgase soll
hierzu benutzt werden, indem man diese wärmeleitenden Flächen entlang führt, die
andererseits von der zugeführten Luft bespült werden.

Aus den bisherigen Erörterungen folgt, dafs keine genauen Verhältniszahlen
zwischen Lichtmengen und verbrauchten Gasmengen gegeben werden können. Behuf
Bestimmung der Lichtmenge, welche ein zu beleuchtender Raum bedarf, kann man

³⁾ Vergl. Neuerungen an Lampen und Laternen. Polyt. Journ. Bd. 233, S. 306.

⁴⁾ Vergl. SIEMENS, FR. Regenerative Gasbeleuchtung. Sitzungsber. d. Ver. z. Bef. d. Gwbl. in Preussen 1879, S. 106.

9.
Doppel-
Argand-
Brenner.

10.
Vorwärmen
d. Verbrennungs-
luft.

11.
Erforderl.
Licht-
menge.

indeffen ohne folche genauen Werthe auskommen, da diefe felbft noch viel weniger in genauen Zahlen genannt zu werden vermag. Sie hängt zunächft ab von dem gröfseren oder geringeren Glanz, welchen man dem Raume geben will, ferner von Form und Farbe der Wandbekleidung, endlich von der Art der Benutzung des betreffenden Raumes. Sollen einzelne Punkte, kleine Arbeitsplätze beleuchtet werden, fo kann als Anhalt dienen, dafs ein Argand-Brenner, welcher ftündlich etwa 130^l Gas verbraucht, auf ca. 1,5 m Entfernung noch genügend für das Schreiben und Zeichnen auf weifsem oder doch nur wenig gefärbtem Papier erhellt. Zu genaueren Zeichnungen und ähnlichen, viel Licht erfordernden Arbeiten ift die Lichtquelle näher zu rücken oder zu vergrößern.

Für Hörfäle bedarf man — nach zahlreichen von mir in deutſchen und öfterreichifchen Hochſchulen gemachten Beobachtungen — durchſchnittlich für jeden Hörer die Lichtſtärke von 1¹/₂ bis 3 Kerzen.

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

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

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

$$h = (1,3 \text{ m bis } 1,6 \text{ m}) + 0,25 H \text{ Meter}, \dots \dots \dots 2.$$

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

Weitere Angaben über die erforderliche Lichtmenge vermag ich zur Zeit nicht zu machen. Die genannten Ziffern find in die Zahl folcher Flammen umzurechnen, die man anzuwenden gedenkt; weiter oben find die hierzu nöthigen Angaben bereits gemacht.

Im Allgemeinen find für eine Kerzen-Lichtſtärke 0,6 Einlochbrenner mit 21^l, 0,12 Flachbrenner mit 14^l oder 0,08 Argand-Brenner mit 11^l ftündlichem Gasverbrauch zu rechnen.

b) Gasleitungen und Druckregulatoren.

Die erforderliche Weite und die Lage der Gasleitung läßt ſich nach den zuletzt gemachten Angaben beſtimmen. Was zunächft die Lage betrifft, ſo ift zweifellos, dafs das Zuleitungs-Röhrenwerk von dem Brenner ab zunächft an eine der Einfchließungsflächen des Raumes, hiernach aber den Wänden, Decken etc. entlang geführt wird. Den erſtgenannten Theil des Röhrenwerkes werde ich ſpäter noch beſprechen; in Bezug auf den letzteren, ausgedehnteren Theil ift zunächft die gegenſeitige Lage der zu beleuchtenden Räume, ſo wie die Benutzungsart derſelben ins Auge zu faſſen.

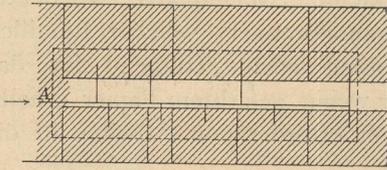
12.
Lage
der
Leitung.

Von einem Punkte, und zwar von der Gasuhr (ſiehe Art. 14) aus, ift eine Zahl von Räumen mit der geforderten Gasmenge zu verſorgen. Liegen dieſe Räume in einer Reihe neben einander, ſo wird man ein Rohr derſelben entlang führen und für jeden Raum ein oder mehrere Zweigrohre anſchließen. Sind dagegen die Räume in mehreren Reihen neben oder über einander angeordnet, ſo ift es zweifelhaft, ob jene erſte Anordnung zu einem Grätensyſtem ausgebildet werden ſoll, oder ob eine Kreisanordnung des Hauptrohres vorzuziehen ift. Fig. 7 ift eine ſchema-

13.
Anordnung
des
Rohrnetzes.

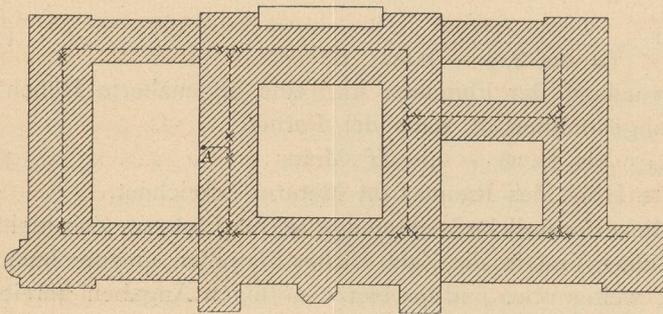
tische Darstellung der Rohrlage nach den beiden genannten Arten. Die dünnen ausgezogenen Linien sollen das Grätensystem, die gestrichelten Linien das Kreisystem vorstellen. Man ersieht aus der Abbildung, daß in Bezug auf den Preis der Anlage in vielen Fällen beide Systeme einander gleich fein werden. Ist der Preis nicht ausschlaggebend, so ist die Benutzungsart der Räume zu berücksichtigen. In dem Falle, daß sämtliche Räume immer gleichzeitig beleuchtet werden, sind beide Systeme ebenfalls gleichwerthig; findet dagegen eine wechselnde Benutzung der Beleuchtung statt,

Fig. 7.



werden gewöhnlich die einen der Räume benutzt, während die anderen unbeleuchtet bleiben, so gewährt das Kreisystem den nicht unbedeutenden Vorzug, einigen

Fig. 8.



Haupt-Gasleitung im Gebäude der technischen Hochschule zu Hannover.

1/2000 n. G.

welche die Hauptleitung der neuen technischen Hochschule in Hannover darstellt. Die liegenden Kreuze innerhalb der Leitung bezeichnen Absperr-Schieber, bezw. -Hähne, unter deren Benutzung das bei A eintretende Gas in verschiedenartiger Weise geleitet werden kann.

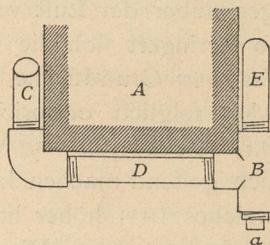
Bei Eintritt des Gases in das zu erleuchtende Gebäude muß dasselbe zunächst die fog. Gasuhr durchströmen, welche die Menge desselben mißt, behuf Berechnung des zu zahlenden Preises. Diese Gasuhren sind, genau genommen, keine gerechten Messer des Gases, da dessen Preis eigentlich auf Grund des Gewichtes und der Güte festgestellt 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 Cubicirens zu mildern. (Vergl. auch das in Kap. 5, unter e. γ . über Gasuhren Gefagte.)

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 Theil als Wasser abzugeben; nach Erwärmung

des Gases fucht 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 frostoffrei sein, da in Folge des Gefrierens des etwa mitgeriffenen Wassers empfindliche Störungen eintreten. Sonach ist der geeignetste Platz für die Gasuhr im Kellergeschoß 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 oder gar hygroskopisch sind, z. B. Glycerin, Chlorcalcium-Lösung etc., zu ersetzen gesucht, jedoch bisher ohne den genügenden Erfolg.

Eine gewisse Menge von Wasserdampf 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. Da nun die Räume, durch welche die Leitung führt, in der Regel zeitweise ungeheizt sind, so 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 Rohre, so daß das gebildete Wasser zur Gasuhr zurückfließt. Nicht selten ist eine solche allmählich steigende Lage nicht überall durchzuführen, z. B. wenn den Rohren ein Träger *A* (Fig. 9) den Weg versperrt. Man schaltet alsdann in den Rohrstrang *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 (Siphons) angeordnet werden, welche mit einem Hahn versehen werden, um das angesammelte Wasser bequem entfernen zu können. Der an der inneren Fläche der Rohre sich bildende Rost löst sich zuweilen von diesen ab und rutscht in stark steigenden Leitungen nach unten, wofelbst eine theilweise Verstopfung der Leitung hervorgerufen werden kann. Behuf Beseitigung derselben schaltet man an dem unteren Ende des stark steigenden Rohres in ähnlicher Art ein T-Stück ein, wie in Fig. 9 angegeben ist.

Fig. 9.



Zwischen der Straßenleitung und der Gasuhr sollte immer ein Hahn oder für größere Rohrweiten 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 Rücksicht 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 Ausschluß einzelner Gebäudetheile oder auch einzelner Räume angebracht werden.

Die Leitungsrohre 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

15.
Ableitung
des
Wassers.16.
Haupt-
hähne.17.
Führung
der
Rohre.

Hauptleitungsrohre, welche schwer in die Decoration der Wände und Decken einzufchliessen sind, benutzt man die Kellerräume oder den Dachboden. So weit die Rohre nicht frei gelegt werden können, sollen sie mindestens frei von Verbindungsstellen sein.

18.
Weite
der
Rohre.

Die erforderliche Weite der Rohre 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.

Die Höhenlage des Brenners macht sich in folgender Weise bemerklich. Das specifische Gewicht des Leuchtgases schwankt nach seiner Zusammensetzung; im Mittel kann man dasselbe zu 0,42 annehmen, wenn dasjenige der atmosphärischen Luft gleich 1 gesetzt wird. 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 Leitungstück, 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.

19.
Widerstands-
höhen.

Nennt man die Länge eines geraden Rohres l , den Durchmesser desselben d , die secundliche Geschwindigkeit des Gases v (Alles in Metern), ferner g die bekannte Zahl 9,81, γ_0 das Gewicht von 1 cbm Gas bei 0 Grad, α den Ausdehnungs-Coefficienten und t die Temperatur des Gases, so ist, wie in den Kapiteln über »Heizung und Lüftung« näher erörtert werden wird, die durch Reibung entstehende Widerstandshöhe z (in Millim. Wasserfäule):

$$z = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \cdot \left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} \left\{ 0,0003 \text{ bis } 0,001 \right\} 4 \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \dots \cdot 3.$$

Die Geschwindigkeit v des Gases wird sehr selten geringer als 0,5 m oder gröfser als 3 m angenommen; man kann daher den Summand $\frac{1}{v}$ des ersten eingeklammerten Werthes vernachlässigen. Der Zustand der Rohroberfläche ist im Allgemeinen ein guter, weshalb für den Werth der zweiten Klammer 0,0004 genommen werden darf. Das Gewicht von 1 cbm Gas $= \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}$ darf durchschnittlich zu 0,5 kg angenommen werden.

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

$$z_1 = l \cdot \frac{Q^2}{d_1^5} \dots \dots \dots 4.$$

Die Widerstandshöhe z_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

$$z_3 = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,4 \cdot \frac{Q^2}{d_1^4} \dots \dots \dots 5.$$

und derjenige eines Bogens durchschnittlich gleich

$$z_4 = 0,3 \cdot \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,12 \cdot \frac{Q^2}{d_1^4} \dots \dots \dots 6.$$

zu setzen. Die auf der folgenden Seite befindliche Tabelle enthält eine Zahl von mit den Formeln 4., 5. und 6. gewonnenen Werthen. Die Benutzungsart dieser Tabelle dürfte ohne Weiteres verständlich sein.

Trotz sorgfältigster Bestimmung der Rohrweiten und Anordnung der Rohrfränge 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 Zimmers von der Beleuchtung, oft durch Ab sperren einiger Brenner, die Bewegungshindernisse des Gases vermindert werden, also der Gasdruck eine Erhöhung erfährt. In weit höherem Mafse als durch die Wechsel, die in der Benutzung der Brenner eines Hauses stattfinden, wird der Gasdruck beeinflusst durch den wechselnden Gasverbrauch einer Strafe oder eines Stadtviertels. Man ist daher gezwungen, die Leitung so einzurichten, dafs mindestens der erforderliche, sonst ein höherer Druck in jedem Brenner vorhanden ist. Die Hähne, mit welchen der Gaszuflufs sonst abgesperrt wird, dienen alsdann gleichzeitig zur Drosselung oder entsprechenden Verminderung des Druckes.

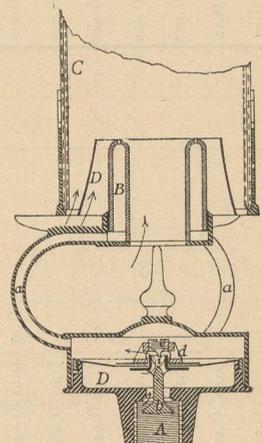
Da die Bedienung der Hähne einige Sorgfalt und viel Zeit beansprucht, so hat man durch Einschaltung sog. Druckregulatoren in das Rohrnetz die Druckschwankungen in engere Grenzen geschlossen oder aber unter jeden Brenner einen solchen Druckregulator angebracht. Durch erstere wird in geringerem, durch letztere in höherem Mafse eine Gleichmäßigkeit des Druckes erzielt.

Die grundsätzliche Anordnung der Druckregulatoren ist im Wesentlichen gleich; ich darf mich daher auf die Beschreibung eines derselben in seiner Verbindung mit dem Argand-Brenner beschränken.

Fig. 10 ist ein Durchschnitt desselben; der obere Theil der Figur besteht aus dem Argand-Brenner, der keiner weiteren Erläuterung bedarf. Das Gas gelangt aus dem in die Tülle A geschraubten Rohr zunächst in den Druck-

20.
Druck-
regulatoren.

Fig. 10.



Argand-Brenner mit Druckregulator. 1/2 n. G.

regulator, durchströmt denselben in der Weise, wie die eingezeichneten Pfeile angeben, und gelangt durch die drei Röhrchen *a* in den Brennerkopf *B*. Ueber *A* befindet sich eine ventiltzartige 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. Sofern nun der Gasdruck in *D* ein gewisses Maß überschreitet, wird die Gummiplatte und mit ihr der Kegel *b* gehoben, womit die ringförmige Gaszuflrömungsöffnung verengert 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 kronenförmigen 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 Rohren und zugehörigen Verbindungsstücken hergestellt und mittels Rohrhaken (Fig. 11) an den Wänden oder Decken befestigt.

21.
Schmiedeeis-
Leitungen

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

Die einzelnen Rohrstücke, welche in Längen von 2,5 bis 3,6 m geliefert werden, verlängert man mittels Muffen (Fig. 12), 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 eines der Rohre zu drehen, so muß man ein sog. Langgewinde anwenden. Das Ende des einen Rohres ist alsdann mit einem so langen Gewinde versehen, daß die Muffe auf demselben vollständig Platz hat. Nachdem das Rohr dem anderen gegenüber in die richtige Lage gebracht ist, dreht man die Muffe so lange, bis sie den Rohrstoß richtig deckt.

Verjüngungen des Rohrstranges erzielt man mittels der Verjüngungsmuffe (Fig. 13), Biegungen desselben durch Biegen des Rohres, meistens aber mit Hilfe

Fig. 14.

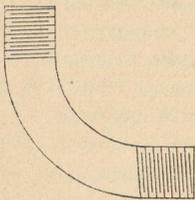


Fig. 15.

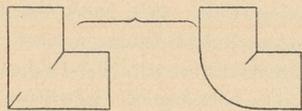


Fig. 16.

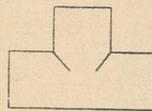
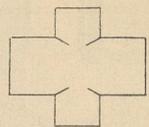


Fig. 17.



von Bogen- (Fig. 14) oder Kniestücken (Fig. 15). Zweigrohre werden mit Hilfe der T-Stücke (Fig. 16) oder Kreuzstücke (Fig. 17) angeschlossen. 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. 18), die mit innerem Gewinde, oder durch Stöpfel oder Pföcke (Fig. 19), welche mit äußerem Gewinde versehen sind,

Fig. 18.

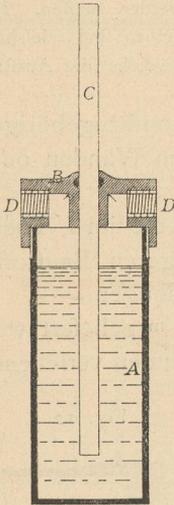
Fig. 19.



22.
Prüfung
der
Leitungen.

Die größte Sorgfalt beim Legen der Rohre 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 abgeperrten Rohrstrang zu saugen und dann die Zunge vor das freie Ende des Rohres 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 Manometers läßt Fig. 20 erkennen.

Fig. 20.



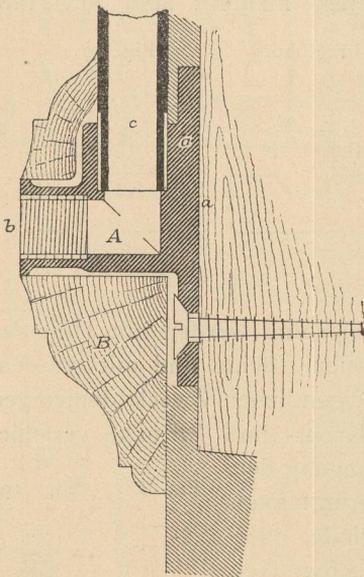
Wasser-Manometer.
1/4 n. G.

Ein schmiedeeisernes Rohr *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 ein Glasrohr *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 eingefalteten Hahnes und beobachtet den Wasserpiegel; sinkt derselbe nicht, so ist die Leitung dicht; senkt er sich aber, so muß die undichte Stelle aufgesucht werden. Dies geschieht, indem man die verdächtigen Stellen mit Seifenwasser befreicht; die austretende Luft bildet Blasen, welche den Ort der Undichtheit leicht erkennen lassen. Wiederholt man den Versuch nach Fertigstellung je einer fernerer 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 Rohrlegen unmittelbar folgen lassen.

23.
Decken-
u. Wand-
scheiben.

Die nach den Brennern führenden Rohre 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. 21) eingeschaltet.

Fig. 21.



Wandscheibe. 1/2 n. G.

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 das betreffende Leitungsrohr; in *b* wird das Rohr befestigt, welches zum Brenner führt. Des guten Aussehens halber wird die Decken- oder Wandscheibe *Aa* mittels einer hölzernen oder metallenen Scheibe *B* verdeckt. Schwere Kronleuchter erfordern eine besondere Aufhängung.

24.
Kugelgelenke.

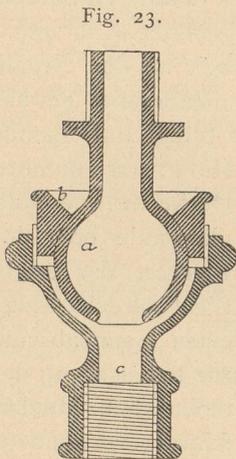
Das in *b* (Fig. 21) zu schraubende schmiedeeiserne oder Messingrohr wird sehr häufig als Steifrohr ohne Weiteres, nur unter Einschaltung eines Hähnchens, bis zum Brenner fortgeführt, wie Fig. 22 erkennen läßt. Lange hängende Steifrohre geben, in Folge zufälliger Seitendrucke, Veranlassung zu Undichtheiten an der Deckenscheibe. Man schaltet, um diese zu vermeiden, Kugelgelenke (Fig. 23) ein. Der Deckel *b* derselben wird durch das Gewicht des Rohres *c* nebst Zubehör so gegen die

Kugel *a* gedrückt, daß eine vollständige Dichtigkeit der beweglichen Verbindung gesichert ist.

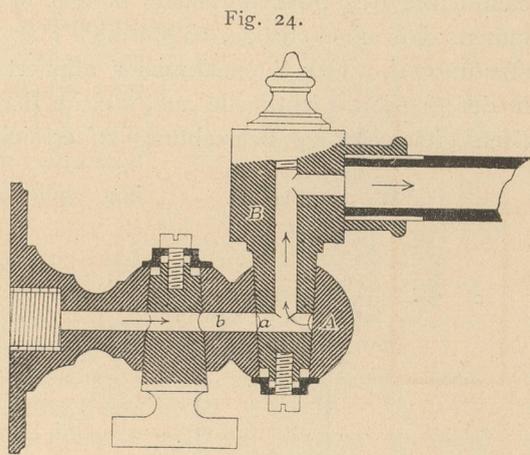
Behuf Gewinnung der Möglichkeit, den Ort des Brenners verändern zu können, sind die folgenden Einrichtungen im Gebrauch.

Die freieste Beweglichkeit gewährt die Einschaltung eines Schlauches zwischen Wandscheibe und Brenner, bzw. Lampe. Der Gummischlauch pflegt nach einigem Gebrauch einen unangenehmen Geruch zu verbreiten, weshalb das Gelenkrohr (Fig. 24) häufiger im Gebrauch ist.

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, so daß das von *b* zufrömende Gas den Zapfen von *B* ringsum bespülen, also in jeder Stellung des Kopfes *B* gegenüber *A* in die Bohrung des ersten gelangen kann.



Kugelgelenk. $\frac{1}{2}$ n. Gr.



Gelenkrohr. $\frac{2}{3}$ n. Gr.

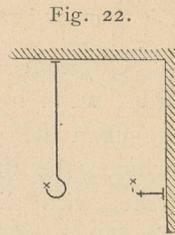


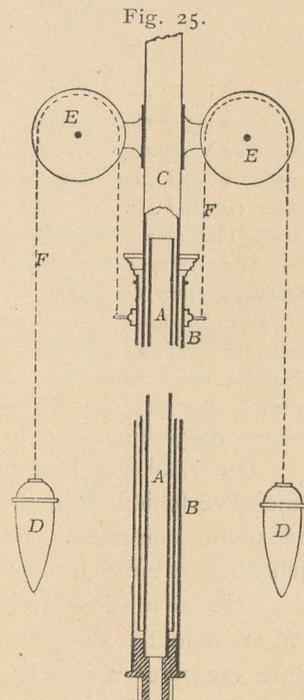
Fig. 22.

25.
Bewegliche
Einrichtungen.

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 fog. Wasserzug (Fig. 25).

Das mit den Brennern in fester Verbindung stehende Rohr *A* ist von einem concentrischen Rohr *B* so umgeben, daß ein ringförmiger, unten geschlossener Hohlraum entsteht. In diesen mit Wasser gefüllten Hohlraum taucht das untere Ende des an der Decke befestigten Gasrohres *C*. Das Wasser bildet hiernach einen dichten Verschluss zwischen dem festen Rohr *C* und dem beweglichen Rohr *A*. Das Gewicht des 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 werden²⁾.

²⁾ Die Bauordnung von Caffel, die neuen Entwürfe für die Bauordnungen von Berlin und Hamburg etc. enthalten Bestimmungen über die Anlage von Gasleitungen in privaten und öffentlichen Gebäuden, auf deren Grundlage *Baumeister* in seiner »Normalen Bauordnung« (Wiesbaden 1881) den §. 37 (S. 53) formulirte: »Gasleitungen müssen außerhalb und innerhalb der Gebäude von Eisen ausgeführt und gegen Ausströmungen sichergestellt sein. Hausleitungen sollen gegen die Strafenleitung an einem gesicherten, aber leicht zugänglichen Ort innerhalb des Gebäudes abschliessbar sein. Bei großen Gebäuden muß ein solcher Abschluss für jedes einzelne Geschoss, bzw. für jede einzelne Wohnung hergestellt werden. Zweigleitungen für umfassende Bau-Complexe, gewerbliche Anlagen u. dergl. sind mit einem Verschluss auf der Strafe zu versehen, welcher leicht aufgefunden werden kann . . .«



Wasserzug. $\frac{1}{10}$ n. Gr.

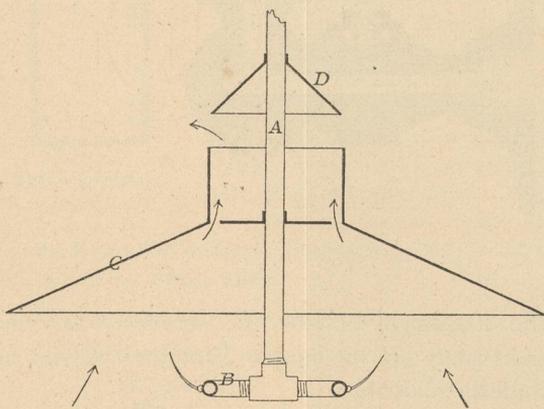
26.
Wasser-
züge.

c) Flammengruppen.

27.
Gaskronen
u. Sonnen-
brenner.

Obgleich 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, fog. Gaskronen anzuwenden. Hierbei wird die Zahl der lothrechten, den freien Raum durchschneidenden Rohre wesentlich verringert. In einzelnen Fällen ist man in der Sammlung der Flammen zu Gruppen noch weiter gegangen: man hat fog. Sonnenbrenner construirt. Das Wesentlichste des Sonnenbrenners besteht in einer derartigen Sammlung der Einzel- flammen, dafs eine einzige, ringförmige Flamme gebildet wird, und in einer sicheren Luftzuführung. Der Sonnenbrenner erinnert sonach an den Argand-Brenner. Um von der groÙen Lichtquelle aus, welche der Sonnenbrenner gewährt, eine einiger- mafen gleichförmige Beleuchtung zu erreichen, bringt man denselben in gröÙerer

Fig. 26.



Sonnenbrenner. 1/10 n. Gr.

Höhe, oft unmittelbar unter der Decke an und muß deshalb durch glänzende oder doch hell gefärbte Flächen das nach oben fallende Licht zurückwerfen. Fig. 26 stellt einen Sonnenbrenner dar, welcher zur Beleuchtung der Hörsäle in der technischen Hochschule zu Braunschweig verwendet wird.

A bezeichnet das Gaszuführungsrohr, welches in dem ringförmigen, mit 18 Brennern versehenen Rohr *B* endigt. An dem Rohr *A* hängt zunächst ein unten weiß gestrichener Schirm *C*, welcher sowohl das Licht nach unten zu werfen hat, als auch für die Führung der Luft sorgt. Die Verbrennungsproducte 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 in dem Hals des Schirmes eine wagrechte Platte angebracht, welche einen ringförmigen Spalt von nur 1 cm Weite für die Abströmung der Gase freiläßt. 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 Kreis von 3 m Halbmesser vollkommen deutlich.

Der Schirm *C* wirft nach der Decke zu einen intensiven 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 Stuckverzierungen, Malereien, Täfelungen etc. 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 un- gemein verschieden; man hat Sonnenbrenner mit nur 6, allein auch solche mit 200 und mehr Flammen. Dementsprechend variirt 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, als: schweflige Säure etc., treten in sehr geringen Mengen auf; dagegen wirken die eigentlichen

28.
Abführung
d. Verbrennungs-
producte.

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 kg bis 1,6 kg Kohlenäure, 0,8 kg bis 1,3 kg Wasserdampf und 4000 bis 7000 Wärmeinheiten entwickelt. Hiernach liegt die Berechtigung des Wunsches vor, die Mischung der Verbrennungsgase mit der Zimmerluft zu verhindern.

Man hat zu dem Zwecke die Lichtflammen durch Glaswände von dem Zimmer abgesperrt oder dafür geforgt, daß die Verbrennungsgase sicher abgeführt werden. Fig. 27 stellt einen einzelnen Argand-Brenner dar, welcher dementsprechend eingerichtet ist.

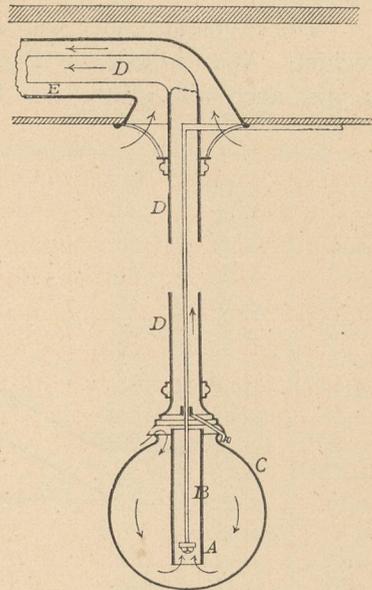
A bezeichnet den Brenner, *B* dessen Glasrohr, *C* eine Milchglaskugel, welche an ihrem oberen Ende so aufgehängt ist, daß man sie behuf des Entzündens der Flamme abnehmen kann. In Folge der Erwärmung der Luft im Glasrohr *B* wird von dem oberen Rand der Kugel die erforderliche Verbrennungsluft herabgefogen. Die Verbrennungsgase entweichen durch das Rohr *D* nach oben und faugen eine, wenn auch kleine Luftmenge durch den Spalt über dem Rande der Kugel *C* an; sie werden ferner durch ein weiteres, im Gebälk untergebrachtes Rohr *E* geführt, dessen Luft sie erwärmen, so daß, wenn *E* schließlich in einen lothrechten Schacht mündet, auch diese Luft in lebhaften Fluß gelangt. Die hierdurch hervorgebrachte Luftabführung hat vorwiegend den Zweck, eine genügende Wärmeabfuhr von dem Rohr *D* zu veranlassen.

Fig. 28 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 das in der Mitte von *D* liegende schmiedeeiserne Rohr; er wird mit Hilfe eines Hahnes geregelt, der bei *C* gedreht werden kann. Das Rohr *D* führt die Gase ab. Behuf des Anzündens wird der Deckel *E*, dessen Gewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ist, gehoben.

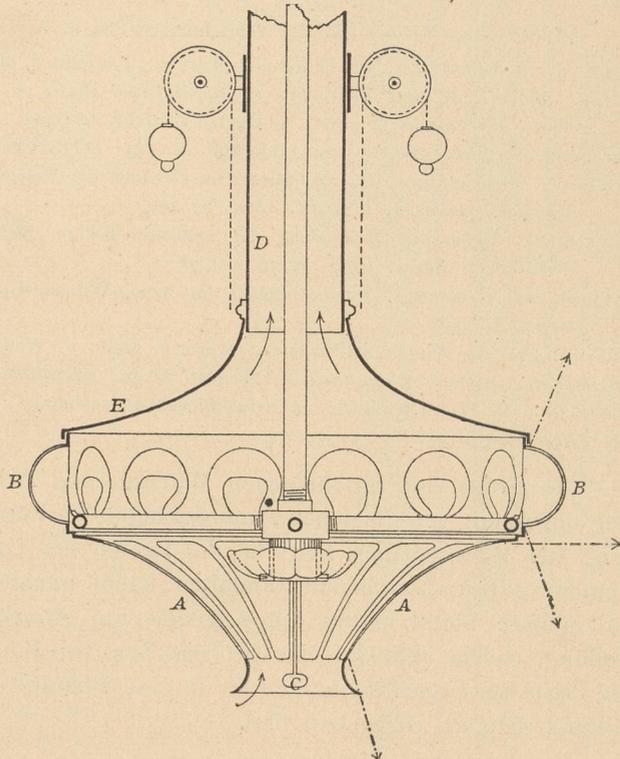
Endlich giebt Fig. 29 einen Sonnenbrenner im Schnitt. Derselbe ist in die Decke gelegt gedacht. Es ist zu der Figur noch zu bemerken, daß *E* auf dem Gasrohr ver-

Fig. 27.



Rickets' Globe-light. (Benham & Sons in London.)
1/15 n. Gr.

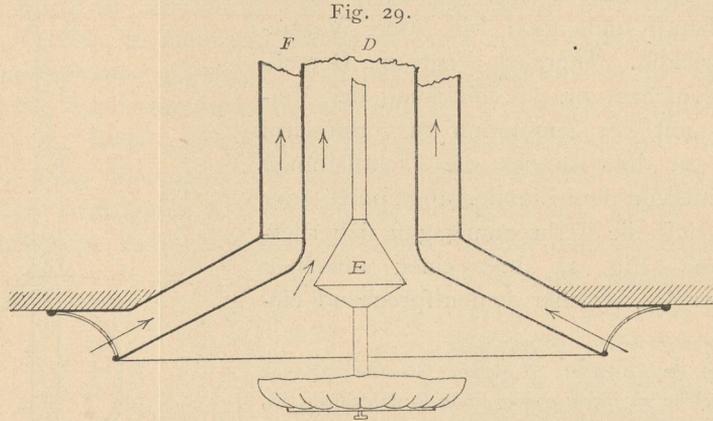
Fig. 28.



1/10 n. Gr.

schiebbar ist, um die Weite des Luftabflömrings genau einstellen zu können.

Die Sonnenbrenner wurden im Vorstehenden nur als „Beleuchtungsmittel« betrachtet. Wie indess die Fig. 28 und 29 bereits andeuten, dienen die Sonnenbrenner auch als »Mittel zur Lüftung« der betreffenden Räume; hiervon und von



Sonnenbrenner. $\frac{1}{10}$ n. Gr.

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. 6, unter a.) gesprochen werden; auch finden sich dort weitere Abbildungen von Sonnenbrennern.

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 u. 94.
 HESSE. Beleuchtung und Ventilation im *Buckingham Palace* zu London, *Théâtre impérial de Chatelet* zu Paris, *Théâtre de la gaïeté* 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 und 75.
 PARDOW und 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*, Vol. 39, S. 698.
 SCHILLING, N. H. Handbuch für Steinkohlengas-Beleuchtung. 3. Aufl. München 1878. S. 550.
The Fisher sun-burner. *Architect*, Vol. 25, S. 35.

29.
Kosten.

In Folge der verschiedenen Material- und Arbeitspreise, noch mehr in Folge der ungemein verschiedenen Anforderungen an mäfsigere oder reichlichere Beleuchtung der Räume lassen sich für die Kosten der Gasbeleuchtungs-Einrichtungen allgemein giltige Durchschnittsangaben kaum annähernd aufstellen. Werthvolle Anhaltspunkte bietet indess die folgende von *Blankenstein*⁶⁾ herrührende Zusammenstellung, welche sich auf eine gröfsere Zahl von Bauten in Berlin bezieht, und worin die Preise der Gaseinrichtungen für je eine Flamme und auf je 100 cbm des Gebäudevolums reducirt angegeben sind.

⁶⁾ In: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 39.

Berliner Bauwerke. Bezeichnung.	Zahl der Gas- flammen im Gebäude.	Kosten der Gaseinrichtung in Mark	
		pro Flamme.	pro 100 cbm Gebäude.
Gärtnerhaus im Humboldthain	8	32,00	5,12
Wohnhaus für Krankenpflegerinnen im Friedrichshain	28	16,46	14,15
69. Gemeindefchule	69	22,40	15,00
75. Gemeindefchule	16	49,50	8,97
83./93. Gemeindefchule: Schulhaus	99	31,45	15,30
Turnhalle	13	28,45	22,03
65./77. Gemeindefchule: Schulhaus	72	17,38	6,06
Turnhalle	14	20,40	17,93
82./90. Gemeindefchule: Schulhaus	102	19,26	9,84
Turnhalle	13	25,38	17,82
12./64. Gemeindefchule: Schulhaus	86	26,43	11,90
Turnhalle	11	16,55	12,53
73. Gemeindefchule: Schulhaus	57	16,65	8,40
Turnhalle	13	15,23	14,69
89. Gemeindefchule	67	20,49	10,00
96. Gemeindefchule: Schulhaus	15	36,00	5,40
Turnhalle	14	25,30	20,71
95. Gemeindefchule	20	22,02	4,30
80. Gemeindefchule: Schulhaus	81	16,73	14,20
Wohnhaus nach der Strafe	37	43,70	33,15
78./97. Gemeindefchule: Schulhaus	108	13,73	6,83
Turnhalle	14	17,89	16,13
88. Gemeindefchule	80	16,80	10,98
Sophien-Schule	419	17,54	31,12
Ascanisches Gymnasium: Gymnasium	315	23,17	33,87
Directoratsgebäude	17	28,30	14,15
Turnhalle	68	13,25	14,92
Humboldt-Gymnasium: Gymnasium	314	19,10	26,30
Directoratsgebäude	25	23,68	9,72
Turnhalle	58	16,10	18,89
Leibnitz-Gymnasium: Gymnasium	298	29,90	49,07
Directoratsgebäude	29	33,20	32,00
Turnhalle	84	20,29	28,62
Gymnasium und Realfchule in der Dorotheen- und Georgen-Strafe:			
Gymnasium	340	35,66	49,32
Realfchule	347	36,82	53,58
Directoratsgebäude	33	43,82	26,92
Turnhalle	28	49,04	19,58
Königstädter Gymnasium und Realfchule: Claffengebäude	748	13,76	23,50
Directoratsgebäude	36	32,30	15,93
Turnhalle	61	15,00	13,70
Waifenhaus in der alten Jakobstrafe	217	25,18	23,30
Krankenhaus in Friedrichshain: Zwei Verwaltungsgebäude mit Verbin-			
dungsbau und Portal	158	62,52	47,88
Oekonomiegebäude	192	14,00	15,74
Zwei Thorgebäude	34	17,62	22,20
Sechs dreieckchoffige Pavillons	421	48,58	23,75
Vier zweieckchoffige Pavillons	192	33,77	22,69

Berliner Bauwerke. Bezeichnung.	Zahl der Gas- flammen im Gebäude.	Kosten der Gaseinrichtung in Mark	
		pro Flamme.	pro 100 cbm Gebäude.
Zwei Ifolirgebäude	124	44,81	22,57
Badehaus	11	29,60	25,12
Leichenhaus	48	35,63	44,77
Neues Rathhaus	3253	49,97	83,15
St. Thomas-Kirche	264	28,15	20,48
Rathswage-Gebäude am Gartenplatz	47	25,15	12,54
Feuerwacht-Gebäude am Spittelmarkt	28	20,93	18,13
Feuerwacht-Gebäude in der Tieck-Straße	26	23,70	16,69
Pferdestall für die Schutzmannschaft	17	39,65	8,27

Literatur

über »Gasbeleuchtung« 7).!

- WERNEKINCK, H. Der Berliner Circus. Gasbeleuchtung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1853, S. 213.
- HUGHES. Ueber Ausflufs und Bewegung des Gases in Röhren. *Polyt. Centralbl.* 1854, S. 66.
- 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 zweckmäfsigste 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.
- CARTER. Verchlufs an Gasröhren. *Polyt. Centralbl.* 1858, S. 63.
- Gas and gas-lighting.* *Builder,* Vol. 17, S. 769.
- FOURNIER. Neues Verfahren, die undichten Stellen in den Leitungsröhren der Gasbeleuchtungen zu entdecken. *Allg. Bauz.* 1860, S. 235.
- WAESEMANN. Beleuchtung eines Juwelierladens und dessen Schaufenster. *Zeitschr. f. Bauw.* 1860, S. 478.
- 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.
- Rauch zu verhindern beim Beleuchten mit Gas. *Scientif. americ.* Vol. 3, S. 337.
- AUDOUIN u. BERARD. Die Leistungen verschiedener Gasbrenner. *Polyt. Centralbl.* 1863, S. 267.
- Gasbeleuchtung im Gebäude der Telegraphen-Direction zu Berlin (Sonnenbrenner). *Zeitschr. f. Bauw.* 1864, S. 461.
- HEEREN. Der Cantagrel'sche Apparat zum Auffuchen undichter Stellen. *Mith. d. Gwilver. f. Hannover* 1865, S. 211. *Polyt. Journ. Bd.* 179, S. 143. *Polyt. Centralbl.* 1866, S. 29.
- KNOBLAUCH. Die neue Synagoge in Berlin. Gasbeleuchtung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1866, S. 483.
- ARSON, MONARD et 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 GAYFFIER 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.
- HEIDMANN. Ueber einen dem Sonnenbrenner ähnlichen Brenner für Privatzimmer. *Zeitschr. f. Bauw.* 1867, S. 79.

7) So weit dieselbe für den Architekten in Frage kommt.

- ARSON, MONARD et HONORÉ. Versuche über die Bewegung des Leuchtgases in langen Röhren. *Civiling.* 1869, S. 66.
- BOHNSTEDT. Stadttheater in Riga. Plafond-Beleuchtung. *Zeitschr. 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, sowie die Säle des Postgebäudes und Telegraphengebäudes. Pariser Theater, sowie einige größere Säle in Paris. *Bayer. Ind.- u. Gwbl.* 1870, S. 9. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1870, S. 22, 87, 89, 94.
- 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.
- LADD. *Lighting of the Royal Albert Hall. Mechan. magaz.* Vol. 25, S. 189.
- Éclairage de l'école vétérinaire d'Alfort. Revue gén. de l'arch.* 1872, S. 115.
- Éclairage des théâtres. Revue gén. de l'arch.* 1861, S. 102; 1873, S. 133.
- GIROUD's Apparate für Gasleitungen und Gasprüfung. *Journ. f. Gasb. u. Waffer.* 1874, S. 126.
- BARTL. Vorrichtung zur selbstthätigen Ableitung des Condensationswassers aus Gasleitungen. *Polyt. Journ.* Bd. 214, S. 256.
- LAUNAY's Alarmvorrichtung, um Druckveränderungen des Leuchtgases zu verhüten. *Polyt. Journ.* Bd. 216, S. 36.
- 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.
- MONNIER, D. *Aide-mémoire pour le calcul des conduites de distribution du gaz d'éclairage et de chauffage.* Paris 1876.
- 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.
- La lumière artificielle. Le gaz et ses sousproduits. Monit. indust. Belge* 1876, S. 87.
- LEMOINE, E. *Note sur l'éclairage au gaz. Journ. de l'éclairage* 1876, S. 180.
- PATTISON, J. Gasbrenner-Untersuchungen. *Journ. of gaslighting* 1876, Feb. 1. u. März 28.
- The history of gas-lighting. Builder,* Vol. 34, S. 1092, 1141.
- Common sense for gas users. A catechism of gas-lighting.* London 1877.
- Der amerikanische Gas-Sonnenlicht-Apparat. *Ill. Zeitg. f. Blechind.* 1877, S. 19.
- Procédés pour reconnaître les fuites de gaz. Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 251.
- 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.
- MÜNKE, R. Mehrflammige Gaslampen mit Flammenmantel. *Polyt. Journ.* Bd. 229, S. 68.
- SCHILLING, N. H. *Handbuch für Steinkohlengas-Beleuchtung.* 3. Aufl. München 1878.
- Neuerungen an Gasregulatoren; von HIRZEL, BULLING, FLÜRSCHHEIM, DRESCH, PINTSCH, PIEPERSBERG und ULBRICH. *Polyt. Journ.* Bd. 231, S. 513.
- GRIMM's Kugelgelenk für Röhrenverbindungen für Gasleitungen. *Polyt. Journ.* Bd. 233, S. 360.
- MÜLLER, K. Ueber die neuesten Fortschritte der Gasbeleuchtung. *Deutsche Bauz.* 1879, S. 260.
- HUGHES, S. *The construction of gas works and the manufacture and distribution of coal gas.* 6. edit. by W. RICHARDS. London 1880.
- HARRISON's Gaslicht-Verstärkungs-Apparat. *Rohrl. u. Gefundh.-Ing.* 1880, S. 14.
- ANSELL, G. F. Gas-Ausströmungs-Anzeiger. *Gefundh.-Ing.* 1880, S. 247.
- FABIAN, H. W. Luftzuführungsrohr für Beleuchtungsgegenstände. *Baugwks.-Ztg.* 1880, S. 423.
- SCHAAR, G. F. *Die Steinkohlengasbereitung.* 2. Aufl. Leipzig 1880.
- BÉRARD, P. *Sur des bees de gaz donnant une lumière d'une grande intensité. Bulletin de la soc. d'encourag.* 1880, S. 304.
- MÜLLER, A. *Die Gasbeleuchtung im Haus etc.* Wien 1881.
- Ferner:
- Journal für Gasbeleuchtung und Wasserverforgung.* München. Red. von H. SCHILLING u. BUNTE. Erscheint seit 1858.
- Journal de l'éclairage au gaz.* Herausgegeben von CHARBONNIER. Paris. Erscheint seit 1852.
- The journal of gas-lighting.*
- American gaslight-journal.*

2. Kapitel.

Beleuchtung mit elektrischem Licht.

30.
Licht-
entwicklung.

Das elektrische Licht wird entweder in Form des sog. *Volta'schen*, richtiger *Davy'schen* Lichtbogens oder eines durch den elektrischen Strom bis zur Weifsgluth erhitzten Körpers (Incandescenz-Licht) gewonnen. Beide Lichtquellen sind gebräuchlich, empfehlen sich aber für verschiedene Zwecke.

Indem eine Kohlen spitze *A* (Fig. 30) mit dem positiven, eine Kohlen spitze *B* mit dem negativen Pol einer Batterie oder dynamo-elektrischen Maschine in Verbindung gesetzt wird, entsteht zwischen beiden Spitzen die Lichtentwicklung, welche den Namen *Volta'scher* Bogen führt. Die Spitzen, namentlich die $+$ Spitze *A*, kommen in lebhaftes Gluth, so dass wenigstens der größte Theil der Lichtentwicklung durch Glühen der Spitzen stattfindet.

Fig. 30.



Leitet man einen elektrischen Strom durch einen festen Körper, welcher, in Folge verhältnißmäßig geringen Querschnitts, dem Strom einen großen Widerstand bietet, so veranlaßt die frei werdende Wärme ein Erglühen des Körpers und damit die Lichtentwicklung.

Die elektrischen Lampen, welche bisher mit Erfolg in die Praxis eingeführt sind, benutzen ausschließlich stark glühende Kohle, sowohl zur Hervorbringung des *Volta'schen* Bogens, als auch zur Erzeugung des Weifsgluthlichtes, so dass auch hier die glühende Kohle als lichterzeugender Körper auftritt.

In Folge der starken Erwärmung der Kohlenstücke und des Vorhandenseins atmosphärischer Luft findet eine entsprechende Verbrennung derselben statt, welche bei den genannten beiden Lichtarten verschiedenartige Einrichtungen zur Erhaltung einer dauernd gleichartigen Lichtentwicklung erfordern und welche den Namen elektrische Lampen führen.

31.
Regulatoren.

Bei Beobachtung des *Volta'schen* Bogens findet man zunächst, dass einer bestimmten Stromstärke eine bestimmte Entfernung der Kohlenstippen entspricht. Es muss sonach die Spitzenentfernung eine mit der Stromstärke wechselnde sein. Man findet ferner, dass die $+$ Spitze weit mehr erwärmt wird, als die $-$ Spitze; demzufolge ist die Abnutzung der ersteren erheblicher, als diejenige der letzteren, und zwar verbrennt, unter sonst gleichen Verhältnissen, von der $+$ Spitze doppelt so viel als von der $-$ Spitze. Die Spitzen müssen daher, wenn der Lichtpunkt seinen Ort nicht verändern soll, mit verschiedener Geschwindigkeit gegen diesen sich bewegen. Diesen Umständen wird durch geeignete mechanische Vorrichtungen Rechnung getragen, wodurch die sog. Regulatoren (elektrische Lampen mit Mechanik) entstehen.

Fasst man das Gefagte zusammen, so sind die Bedingungen, die ein Regulator zu erfüllen hat, folgende:

- 1) Geht kein Strom durch die Leitung, so müssen die beiden Kohlenstäbe einander berühren.
- 2) Sobald der Strom entstanden ist, so muss er die Stäbe aus einander treiben.
- 3) So lange der Strom andauert, muss der Abstand der beiden Stäbe, um ein ruhiges Licht zu erhalten, ein gleicher bleiben.
- 4) Der Lichtpunkt muss ein unveränderlicher bleiben, wenn Reflectoren, Linsen

etc. in Anwendung kommen sollen; indess kommt diese Bedingung für Beleuchtungszwecke nur selten in Frage.

Die Zahl der Regulator-Constructions ist zur Zeit bereits eine sehr bedeutende. Es kann nicht im Rahmen der vorliegenden Betrachtung gelegen sein, auch nur sämtliche besseren und wichtigeren Einrichtungen hier vorzuführen. Eine Beschränkung auf die Beschreibung einiger Lampen, die in der Beleuchtungspraxis bereits Eingang gefunden haben, ist deshalb angezeigt.

Einer der älteren Regulatoren, der die genannten Constructionsbedingungen erfüllt, ist der *Serrin'sche*, welcher in Fig. 31 in einem lothrechten Schnitt schematisch dargestellt ist.

Ein F-förmiger, in lothrechter Bahn verschiebbarer Körper *A* trägt an seinem wagrechten Arm die + Spitze. Dieser gegenüber ist die Tragstange *B* der - Spitze, welche in der Hülse *C* verschiebbar ist, angebracht. *A* ist an seiner unteren Hälfte verzahnt und steht mit dem Stirnrad *D* im Eingriff, so dass, wenn *A* sich nach unten bewegt, *D* in der Pfeilrichtung gedreht wird. Mit *D* ist eine Trommel verbunden, deren Durchmesser genau halb so groß ist, als das Zahnrad *D*, und auf welche sich, sobald *D* gedreht wird, das Kettchen *E* wickelt. Dieses Kettchen ist über eine an *C* gelagerte Rolle *H* geführt und an dem wagrechten Arm der Tragstange *B* befestigt. In Folge dieser Einrichtung wird die Tragstange *B* und mit ihr die - Spitze um einen Theil gehoben, wenn *A* mit der + Spitze um zwei Theile niedersinkt. Beide Bewegungen endigen, sobald sich beide Spitzen berühren. Zur Hervorbringung eines der verlangten Lichtstärke entsprechenden Widerstandes müssen, wie schon erwähnt, die Spitzen einen gewissen Abstand haben. Deshalb ist die Hülse *C* in lothrechter Richtung beweglich angeordnet. Sie steht mit dem Gestell der Lampe durch die vier um feste Bolzen *K* schwingenden Arme *J* und durch die Schraubenfeder *L* in Verbindung; letztere ist so einzustellen, dass sie das Gewicht der Hülse *C* mit allem Zubehör in einer gewissen Höhenlage zu tragen vermag. Nahezu am unteren Ende der so aufgehängten Construction befindet sich ein Sperrkegel, welcher unter Umständen gegen die Arme des von *D* aus in rasche Umdrehung versetzten Sternrädchens *N* flößt und damit dieses sowohl, als auch das Rädchen *D* und den Arm *A* an jeder ferneren Bewegung hindert.

Der zur Hervorbringung des Lichtes dienende Strom wird durch die einen Eisenkern umgebende Drahtschraube *P* geleitet; der Eisenkern wird in Folge dessen magnetisch und wirkt so auf einen mit der Hülse *C* in Verbindung stehenden Anker *O*, dass dieser, der Stromstärke entsprechend, angezogen wird, also *C* und mit ihm die - Spitze sich entsprechend senkt. Mit der hierdurch entstehenden gegenseitigen Entfernung der Spitzen wächst der Widerstand; folglich tritt eine Schwächung des Stromes und eine Abnahme der erwähnten magnetischen Wirkung ein, so dass die Feder *L* im Stande ist, die - Spitze um eine gewisse Größe zu heben. Nach entsprechender Abnutzung der Spitzen hebt *L* die Hülse *C* mit Zubehör in dem Masse, dass der Sperrkegel das Sternrädchen *N* nicht mehr berührt, der Arm *A* niedersinken vermag und hierdurch die Spitzen wieder in Berührung treten.

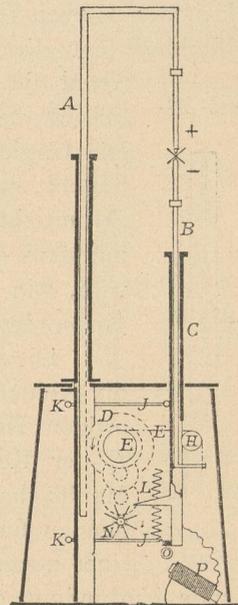
Bei einer von mir längere Zeit beobachteten Lampe fand das Nachrücken der + Spitze in Zeitabschnitten von etwa 0,5 Sekunden statt; bei anderen Lampen soll es möglich gewesen sein, die Spannung der Feder *L* so zu regeln, dass die selbstthätige Einstellung der + Spitze in Zeitabschnitten von nur 0,1 Sekunden erfolgte.

Man sieht, dass der beschriebene Regulator thatfächlich allen oben genannten Bedingungen Rechnung trägt.

Siemens und *Halske* haben diesen Regulator (außer Anderen) mit einer Verbesserung versehen, vermöge welcher die Geschwindigkeit des Rades durch eine gewöhnliche Pendeluhrhemmung auch dann ein gewisses Maß nicht überschreitet, wenn ein größeres Stück von einer der Spitzen abbricht, also plötzlich ein größerer Weg der Spitzen erforderlich wird. Auch haben dieselben die elektromagnetische Einwirkung wesentlich vortheilhafter gestaltet, als *Serrin*.

32.
Regulator
von
Serrin.

Fig. 31.



Regulator von *Serrin*.

Will man eine Veränderlichkeit in dem Ort des Lichtpunktes zulassen, so vereinfacht sich die Einrichtung. Eine Anordnung des Ganzen, vermöge deren es ermöglicht wird, den Kasten, welcher den Regulator einschließt, über dem Licht anzubringen, ist leicht zu entwerfen.

33.
Ungetheilte
u. getheilte
Ströme.

Durch alle älteren Lampen wurde für die Einführung der elektrischen Beleuchtung in größerem Umfange die Schwierigkeit hervorgerufen, daß jeder Stromerzeuger (jede Lichtmaschine) nur ein Licht — allerdings von großer Lichtstärke — hervorbringen konnte. Eine Vertheilung des elektrischen Lichtbogens in mehrere kleinere war mit Hilfe der älteren Regulatoren gar nicht oder doch nur in sehr unsicherer Weise ausführbar, weil das Princip, auf dem diese Lampen beruhen, eine solche von vornherein ausschließt.

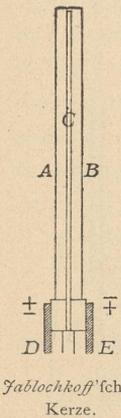
Eine Vertheilung des elektrischen Lichtes, bezw. eine Verbreitung desselben auf eine größere Fläche ist indess, da man das Licht am Orte der Lichtentwicklung sehr selten unmittelbar gebrauchen kann, in hohem Grade erwünscht. Würde die gedachte Fläche eine um den Lichtpunkt concentrische Kugeloberfläche sein, so würde offenbar alles Licht gleichmäßig und voll zur Wirkung kommen, indem man den Halbmesser der Kugel proportional der Wurzel aus der Lichtstärke wählt. Die Einschließungsflächen eines cubischen Raumes sind weniger gleichmäßig zu beleuchten; hat ein zu beleuchtender Raum aber geringere Höhe und Breite als Länge, so kann von einem Lichtpunkte aus die Beleuchtung nicht mehr mit der nothwendigen Gleichförmigkeit erfolgen; man muß mehrere Lichter anbringen, sonach mehrere Stromquellen benutzen oder einen Strom so zerlegen, daß derselbe an mehreren Punkten das Licht erzeugt. Hiernach giebt es zwei Arten der elektrischen Beleuchtung: diejenige, welche ungetheilte und diejenige, welche getheilte Ströme verwendet.

Die Zertheilung eines Stromes ist möglich und im Gebrauch; man hat bis zu 20 Lampen von einem Strom gespeist.

34.
Kerzen
von
Jablochkoff.

Den ersten wesentlichen Fortschritt in dieser Richtung machte *Jablochkoff*, indem derselbe das mechanisch selbstthätige Einstellen der Länge des Lichtbogens gänzlich bei Seite ließ und an Stelle der Regulatoren die von ihm erfundenen sog. elektrischen Kerzen setzte, bei denen die Bogenlänge eine stets gleich bleibende ist. *Jablochkoff* legt die beiden Kohlenstifte *A* und *B* (Fig. 32) neben einander und trennt sie durch einen schlechten Leiter *C*; der Strom springt über die Scheidewand *C* hinweg und erzeugt dort die bekannte Lichterscheinung. Die Ungleichheit, welche zwischen der Abnutzung der + und - Spitze besteht, wird ausgeglichen, indem innerhalb kleinerer Zeitabschnitte die Stromrichtung wechselt, so daß jede der Spitzen gleich lange sowohl mit dem +, als auch mit dem - Pol in Verbindung steht. Hierdurch wird, wie hier nicht weiter erörtert werden kann, die Anwendbarkeit der *Jablochkoff*'schen Kerzen einigermaßen erschwert.

Fig. 32.



Jablochkoff'sche
Kerze.

Die trennende Schicht *C* muß sich in derselben Weise verkürzen, wie die Kohlenstifte abnehmen; an einer in meinem Besitz befindlichen dergleichen Kerze besteht die Wand *C* aus Gyps. Die drei Theile *A*, *B* und *C* der Kerze sind zusammengekittet und können bequem zwischen die Maulflächen *D* und *E* einer Klemme, die mit den Leitungsdrähten verbunden sind, gesteckt werden. Die oberen Enden der Stifte *A* und *B* einer neuen Kerze sind mittels einer dünnen Graphitplatte oder dergl. in leitende Verbindung gebracht, welche zunächst durch den Strom zerstört wird; sie ist nothwendig, um den Strom in Thätigkeit treten zu lassen.

Die Lichtstärke einer *Jablochkoff'schen* Kerze kann auf etwa 400 Vereinskerzen geschätzt werden; sie erfordert zum Betriebe der Lichtmaschine etwa 1 Pferdestärke. Von diesen Kerzen können 4 bis 5 in denselben Leitungskreis eingeschaltet werden; indess muß man, wie schon angedeutet, Ströme wechselnder Richtung (sog. Wechselströme) in Anwendung bringen.

Der wesentlichste Mangel, woran die *Jablochkoff'schen* Kerzen leiden und der ihrer allgemeinen Einführung hinderlich ist, besteht darin, daß alle Kerzen erlöschen, wenn eine der in demselben Leitungskreis befindlichen ausgeht oder wenn die Geschwindigkeit der treibenden Maschine nur wenig variiert, und daß sie sich dann nicht wieder von selbst anzünden. Die dadurch bedingte Unsicherheit schließt die Anwendung einer solchen Kerzenbeleuchtung für manche Fälle geradezu aus.

In neuerer Zeit gelang es *v. Hefner-Alteneck* (in Firma *Siemens und Halske*), das Problem der Theilung des elektrischen Bogens bei Anwendung von selbstthätigen Regulatoren zu lösen. Es geschieht dies im Wesentlichen dadurch, daß nicht nur, wie bei den früheren elektrischen Lampen, die im gesammten Leitungskreise thätige Stromstärke den Abstand der Kohlenstäbe regulirt, sondern daß durch eine angebrachte Nebenschließung der Leitungswiderstand jedes einzelnen Lichtbogens sich selbstthätig regulirt.

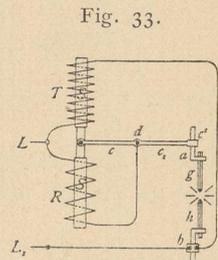
Die sog. Differential-Lampen haben vor den *Jablochkoff'schen* Kerzen den großen Vortheil, daß ein Erlöschen der Lichter des Kreises nicht eintreten kann (außer es tritt ein Bruch der Leitung oder Stillstand der Lichtmaschine ein) und daß die Lampen jederzeit selbstthätig ihr Licht wieder anzünden, so oft die Lichtmaschine in Gang gesetzt wird; auch kann man vorübergehend die eine oder die andere Lampe erlöschen lassen, ohne die übrigen Lichter im gleichen Stromkreise zu schädigen. Endlich sind auch die Kosten der Kohlenstäbe geringer, als jene der Kerzen.

Während bei den älteren Lampen die Regulirung der Länge des Lichtbogens dadurch bewirkt wird, daß der elektrische Strom zu einer Kraftäußerung unter Ueberwindung einer Feder oder eines Gewichtes, in Verbindung mit entsprechenden Mechanismen, verwendet wird, ist bei der neuen, von *v. Hefner-Alteneck* construirten Differential-Lampe an die Stelle der Gewichts- oder Federkraft die Anziehung einer zweiten Spule oder eines Elektromagnetes etc., welcher von einem Zweigstrom durchlaufen wird, gesetzt.

Das Regulierungsprincip dieser neuen Lampe ist durch Fig. 33 veranschaulicht⁸⁾. Die beiden Kohlenhalter sind mit *a*, *b*, die beiden Kohlenstäbe mit *g*, *h* bezeichnet; *cc*₁ ist ein um *d* drehbarer Hebel; bei *c'* ist der Halter *a* mit dem Theile *c*₁ des Hebels so gekuppelt, daß in der tiefsten Stellung des Hebelsarmes *c*₁ die Kuppelung des Hebels ausgelöst wird; in letzterem Falle sinkt der Halter *a* gegen die untere Kohle herab. Die tiefste Stellung des Hebelsarmes *c*₁ tritt jedesmal in der Ruhe ein und wird bei der älteren *Siemens'schen* Lampe durch ein verschiebbares Gegengewicht hervorgebracht.

Tritt ein elektrischer Strom ein, so zieht dieser den Eisenstab *S* in die Spule *R* hinein; das rechte Ende des Hebels *cc*₁ verläßt seine tiefste Stellung, wobei der Halter *a* sofort mit ihm gekuppelt und mit in die Höhe gehoben wird. Hierdurch entsteht der elektrische Lichtbogen bis zu der Länge, in welcher er den elektrischen Strom durch den mit seiner Länge wachsenden Leitungswiderstand so weit schwächt, daß die Anziehung der Spule *R* dem erwähnten entgegenwirkenden Aufgewicht das Gleichgewicht hält.

Das letztgedachte Gegengewicht ist bei der neuen Differentiallampe durch eine zweite, mit feinem Drahte und vielen Umwindungen bewickelte Spule *T* ersetzt, welche auf eine Verschiebung des Stabes *S* in entgegengesetztem Sinne wirkt und welche in eine Abzweigung zwischen den beiden Außenklemmen



35.
Vertheilung
d. elektr.
Lichtes.

36.
Lampe von
*v. Hefner-
Alteneck.*

⁸⁾ Nach: Zeitchr. f. ang. Electricitätslehre 1880, S. 2. — Journ. f. Gasb. u. Waff. 1880, S. 36.

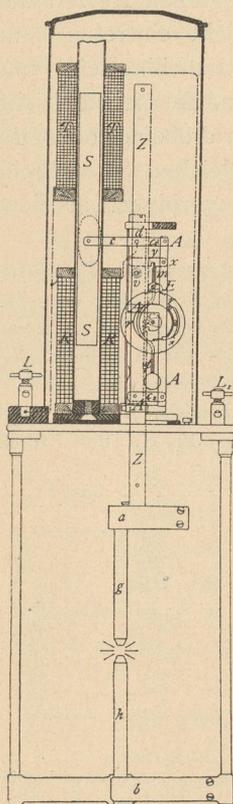
der Lampe eingeschaltet ist. Da das bewegliche System durchaus equilibriert ist, so erfolgt die Regulierung des Lichtbogens durch die alleinige Differentialwirkung der elektrischen Ströme in den beiden Spulen.

Die Wirkungsweise ist die folgende. Angenommen, beim Eintritt des elektrischen Stromes seien die beiden Kohlenstäbe weit getrennt; alsdann hat nur die dünndrähtige Spule T Strom, da der andere durch die dickdrähtige Spule R gehende Zweig an der Trennungsstelle der Kohlenstäbe unterbrochen ist. Die Spule T zieht demnach den Stab S in sich hinein und bringt den Hebelsarm c_1 in seine tiefste Stellung. In dieser Lage löst sich der Kohlenhalter a vom Hebelsarm c_1 los und sinkt langsam herab, bis sich die Kohlen treffen. In diesem Momente wird der Zweig, in welchem sich die dünndrähtige Spule T befindet, fast fromlos, während in den starken Windungen von R der Strom kräftig auftritt.

Durch die Anziehung dieses Stromtheiles in der Spule R wird der Stab nach unten gezogen; hierdurch hebt sich der Hebelsarm c_1 ; im ersten Momente dieser Hebung stellt sich die vorher gelöste Kuppelung zwischen c_1 und a wieder her; die Kohlenstäbe gehen aus einander, und der Lichtbogen wird entzündet. In Folge des im Stromkreise der Spule R hinzutretenden Widerstandes des Lichtbogens (welcher bekanntlich mit der Länge des Lichtbogens zunimmt) wächst wieder der Strom in T , während er in R schwächer wird, bis bei einem bestimmten Widerstande des Bogens sich die von R und T auf den Stab S ausgeübten Anziehungen das Gleichgewicht halten.

Hierauf brennen die Kohlenstäbe langsam ab; allein die gleiche Bogenlänge stellt sich immer wieder her, indem die Gleichgewichtslage bei einer entsprechenden höheren Stellung des Eifenstabes S eintritt. Es steigt sonach der letztere langsam in die Höhe, während der Hebelsarm c_1 mit dem oberen Kohlenhalter sich senkt. Ist der Hebelsarm c_1 in seiner untersten Stellung angelangt, so löst sich die Kuppelung mit dem Kohlenhalter a ; derselbe sinkt langsam herab, jedoch nur sehr wenig; denn die eintretende Verkürzung des Lichtbogens hat wieder das Aufwärtsgehen des Hebelsarmes c_1 zur Folge und stellt dabei die Kuppelung zwischen diesem und dem oberen Kohlenhalter wieder her.

Fig. 34.



Differential-Lampe
von Siemens u. Halske
(v. Hefner-Alteneck).

Der Eifenstab S spielt von nun an nahezu in seiner höchsten, der Hebelsarm c_1 dementsprechend nahezu in seiner tiefsten Stellung nur um ein Geringes auf- und abwärts, in kurzen Intervallen die obere Kohle um so viel nachsinkt, als zum Ausgleiche der Verbrennung der Kohlenstäbe nöthig ist.

In Fig. 34 ist die Differentiallampe im Verticalschnitt dargestellt, unter Weglassung der unwesentlicheren Theile. Man erieht daraus, daß der Kohlenhalter a mit der ihn tragenden Zahnstange Z nicht unmittelbar an den um d drehbaren Hebel c_1 angehängt ist, wie dies im Schema (Fig. 33) angedeutet war; vielmehr hat die Zahnstange Z ihre Führung in dem Theile A , welcher an dem Hebelende c_1 angehängt und durch eine Gelenkstange c_2 an seinem unteren Ende so geführt ist, daß er sich bei den Schwingungen von c_1 nur parallel mit sich auf- und abbewegen kann. Die Zahnstange kann an dem Theile A nur langsam abwärts gleiten, indem sie dabei das Steigrad r und das kleine Echappement in Bewegung und dadurch das Pendel p mit seinem nach oben gehenden Arme m in Schwingung setzen muß, welche Theile sämmtlich am Stücke A gelagert sind und mit ihm auf- und abwärts gehen.

In einer gehobenen Lage des Stückes A ist der Arm m durch eine Kerbe im kleinen Hebel y , welcher bei x gleichfalls an dem Stücke A gelagert ist, festgehalten und damit das Echappement arretirt und die Zahnstange mit dem Stück A gekuppelt. Wenn aber letzteres und damit der Hebel y sich seiner tiefsten Stellung nähert, so wird dieser durch den am Gestell feststehenden Stift v ausgehoben und das Echappement und damit die Zahnstange z vom Stücke A frei, worauf in der bereits vorhin beschriebenen Weise die nöthige Nachschiebung der oberen Kohlen sich bewerkstelligt.

Da jede derartige Lampe, unabhängig von jeder anderen, ihren Lichtbogen auf einen genau gegebenen Widerstand und die dadurch bestimmte Länge und Helligkeit einstellt, ist die Einschaltung von mehreren Lampen in einen Stromkreis ermöglicht und das Problem der fog. Theilung des Lichtes unter Anwendung von Regulatoren praktisch gelöst. Eben so ist durch die Einschaltung von mehreren Lampen in verschiedene von derselben Stromquelle ausgehende Zweigleitungen oder parallel neben einander ermöglicht. Man kann fogar beide Methoden des Einschaltens gleichzeitig für die nämliche Stromquelle in Verwendung bringen.

In Amerika hat *Brush* einen Regulator conftruirt, der das Einschalten mehrerer Lampen in einen Stromkreis gestattet; die Kohlenpitzen sind mit einem dünnen Ueberzug von Kupfer versehen, um ihre Leitungsfähigkeit zu erhöhen.

Für *Fablochhoff'sche* Kerzen, welche durch Wechselstrom-Maschinen von *Siemens* und *Halske* betrieben werden, ist es nicht rathsam, mehr als 4 derselben in einen Stromkreis zu legen. Differential-Lampen können in ungleich größerer Zahl hinter einander eingeschaltet werden; gegenwärtig werden, wie schon erwähnt, 12 und mehr Lampen in einem Stromkreise betrieben. *Brush* betreibt 18 Lampen von je 2000 Kerzenstärken mit einer einzigen Lichtmaschine, die einen Motor von 16 Pferdestärken erfordert.

Beim Glüh- oder Contact-Licht (Incandescenz-Beleuchtung) wird, wie schon erwähnt, in den Schließungsbogen ein Leiter mit sehr großem Widerstand eingesetzt, welcher durch den elektrischen Strom zur heftigsten Weißgluth erhitzt wird und als Lichtquelle dient.

Von den betreffenden Lampen mag hier nur die von *Reynier* (D. R. P. Nr. 4054) kurz beschrieben werden.

Der Kohlenstift *A* (Fig. 35) ist mit dem positiven, die Kohlscheibe *B* mit dem negativen Pol der Leitung verbunden. Indem der Strom von dem unteren Ende des Stiftes *A* nach *B* hinübertritt, erzeugt derselbe ein Weißglühen des unteren Endes von *B*, welches die Lichterscheinung hervorbringt. Die in Folge der Verbrennung der Kohle erforderliche Näherung beider Theile wird durch das Gewicht des Armes *C*, welcher den Stift *A* trägt, bewirkt. Der Arm *C* ist an seinem unteren Ende verzahnt und dadurch befähigt, das Rädchen *D*, dessen Welle und das Rädchen *E* zu drehen. *E* greift in ein auf der Welle der Scheibe *B* befestigtes Rädchen, so daß bei dem Niederfinken von *C* die Scheibe *A* sich verhältnißmäßig rasch dreht. Es treten sonach fortwährend andere Theile des Scheibenumfanges mit dem Stift *B* in Berührung, wodurch die Abnutzung der Scheibe eine gleichartige wird; gleichzeitig wird die entstehende Asche von dem Lichtpunkte entfernt. Die Welle von *B* ist in einem Rahmen *F* gelagert, welcher um zwei am Gestell der Lampe befestigte Stifte schwingt. Die Arme des Rahmens *F* stützen sich auf Rollen, welche auf der Welle der Rädchen *D* und *E* stecken, und erschweren somit das Niederfinken des Armes *C* in größerem oder geringerem Maße, je nachdem der Stift *A* mehr oder weniger auf *B* drückt. Hierdurch soll verhütet werden, daß das untere Ende von *A* durch die Drehung von *B* in zu hohem Maße leidet.

Fontaine berichtet⁹⁾ über mit einer *Reynier'schen* Lampe ange stellte Versuche, welche die folgenden Ergebnisse hatten:

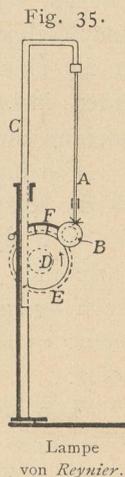
Anzahl der von einem Strom gespeisten Lampen:	5	6	7	10	
Lichtstärke jeder Lampe: 15	13	10	5	<i>bees Carcel</i>
Gesammt-Lichtstärke: 75	78	70	50	» »

Sämmtliche Lampen wurden von einer gemeinschaftlichen *Gramme'schen* Maschine gespeist; die Kohlenstifte waren 2mm dick; die Kohlscheibe hatte 30mm Durchmesser.

Aus dieser kleinen Zusammenstellung geht hervor, was übrigens auch voraussehen ist, daß das Weißgluthlicht sich für geringere Lichtstärken eignet; es wird bisher auch nur für diese verwendet.

Der elektrische Strom kann mittels galvanischer Batterien, so wie mittels magnet- und dynamo-elektrischer Maschinen erzeugt werden. Die Batterien leiden an dem Uebelstande, daß sie eine wechselnde Stromstärke liefern, so daß das Licht, trotz guter Regulatoren, unruhig wird; der Strom, welcher durch magnet- und dynamo-elektrische Maschinen erzeugt wird, ist dagegen, wenn die Geschwindigkeit der Betriebsmaschine gleichförmig ist, ein gleichmäßiger.

37.
Lampen
für Contact-
Licht.



38.
Strom-
erzeuger.

⁹⁾ In: *Revue industr.* 1878, S. 477. — *Rohrleger* 1878, S. 379.

Es ist ferner zu erwähnen, daß die Erzeugung des elektrischen Stromes mittels Batterien eine umständliche und auch kostspielige ist. Deshalb konnte der *Davy-Volta'sche* Bogen für Beleuchtungszwecke in größerem Maße erst dann brauchbar werden, als durch Vervollkommung der magnet-elektrischen Maschinen das Mittel gefunden war, starke elektrische Ströme auf billige und weniger umständliche Weise zu erzeugen, als durch galvanische Batterien.

Im Anfange der sechziger Jahre gelang dies den Physikern *Nollet*, *Berlioz* und *van Malderen*, welche die magnet-elektrischen Maschinen der *Compagnie d'Alliance* in Paris herstellten. Hierauf verbesserten *Siemens* und *Halske*, später *Wilde* (1866) diese Maschinen durch Einführung der Cylindermagnete (*Siemens armature*) und erzeugten elektrische Ströme von bis dahin unbekannter Stärke. 1867 entdeckte *W. Siemens* das Princip der dynamo-elektrischen Maschinen, durch welche die Möglichkeit gegeben war, Arbeitskraft direct — ohne Vermittelung von schwachen und unsicheren Stahlmagneten — in elektrischen Strom und umgekehrt elektrischen Strom in Arbeitskraft umzuwandeln. *Gramme* in Paris stellte 1870 zuerst eine dynamo-elektrische Maschine her, welche zwar im Princip nichts Neues enthielt, aber durch geschickte Ausbildung der Dimensionen und Detailanordnung einen für praktische Beleuchtungszwecke, so weit diese mit ungetheiltem Lichte erreicht werden konnten, durchaus geeigneten Stromerzeuger abgab.

Für den Betrieb der *Fablochhoff'schen* Kerzen konnten, da diese Wechselströme erfordern, Anfangs nur magnet-elektrische Maschinen (jene der *Alliance-Compagnie*) verwendet werden. Doch gelang es bald *Gramme* in Paris, so wie *Siemens* und *Halske* in Berlin, Wechselstrom-Maschinen mit Elektromagneten zu construiren, welche durch dynamo-elektrisch erzeugte Ströme polarisirt werden. Mit Hilfe dieser Maschinen hat die elektrische Beleuchtung durch *Fablochhoff'sche* Kerzen ihre Verbreitung gefunden; insbesondere zeichnet sich die von *v. Hefner-Alteneck* entworfene Wechselstrom-Maschine durch geringen Kraftbedarf, soliden Bau und unerhebliche Erhitzung aus.

Für ihre Differential-Lampen verwenden *Siemens* und *Halske* zur Zeit ausschließlich die letztgedachten, ihrem Etablissement entflammenden Wechselstrom-Maschinen.

Die dynamo-elektrischen Maschinen werden für Beleuchtungszwecke zur Zeit in ziemlich mannigfaltiger Anordnung und Construction hergestellt. Eine Besprechung auch nur der wichtigeren derselben kann an diesem Orte nicht Raum finden; es sei deshalb nur auf die bezüglichen zwei *Schellen'schen* Schriften¹⁰⁾ verwiesen.

Die Lichtmaschinen liefern je nach Größe und Construction für jede Pferdestärke ihres Motors 300 bis 2000 Kerzen Lichtstärke; für neuere mittelgroße Lichtmaschinen pflegt man im großen Durchschnitt pro Pferdestärke 1000 Normalkerzen Lichtmenge zu rechnen.

39.
Motor.

Zum Betriebe der Lichtmaschinen ist stets ein Motor erforderlich. Ist in dem betreffenden Gebäude bereits für andere Zwecke ein solcher, z. B. eine Dampfmaschine oder ein hydraulischer Motor, vorhanden, so wird eine unmittelbare Benutzung desselben in den allermeisten Fällen zulässig sein. Muß für ein neu zu errichtendes Gebäude die Aufstellung eines Motors (für Heizungs- und Lüftungszwecke, für Aufzüge, für die darin vorzunehmenden mechanischen Arbeiten etc.) projectirt werden und ist die Beleuchtung mit elektrischem Licht in Aussicht genommen, so wird der Motor in solcher Stärke zu bemessen und so aufzustellen und einzurichten sein, daß man ihn auch für Beleuchtungszwecke benutzen kann.

Treffen solche Voraussetzungen nicht zu, so ist für die Lichtmaschine ein besonderer Motor aufzustellen; man verwendet alsdann meist Heißluftmaschinen,

¹⁰⁾ Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen, ihre Entwicklung, Construction und praktische Anwendung. Köln 1879. — Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung und der Kraftübertragung. Köln 1880.

Petroleum- und Gasmotoren. Letztere empfehlen sich durch ihre leichte und rasche Inbetriebsetzung ganz besonders für den vorliegenden Zweck.

Zur Herstellung eines ruhigen Lichtes ist erforderlich, daß die Lichtmaschine ganz gleichmäßig sich bewege; deshalb dürfen auch nur ganz regelmässig arbeitende Motoren verwendet werden.

Als näheren Anhaltspunkt für die Leistung der Motoren und Lichtmaschinen mögen die nachstehenden von *Schellen* herrührenden Angaben dienen. Eine gute Dampfmaschine leistet eine Arbeit von 1 Pferdestärke bei 1 kg Kohlenverbrauch pro Stunde; mit diesem Kraftaufwande giebt eine *Gramme'sche* Maschine eine Lichtstärke von 800 Kerzen. Verwendet man dagegen 1 kg Kohle zur Gaserzeugung, so erhält man 0,28 cbm Leuchtgas, dessen Verbrennung in einer Stunde nur eine Lichtstärke von 25 Kerzen hervorbringt. Nimmt man an, daß bei der Gaserzeugung 50 Procent der aufgewandten Kohle als Coke zurückbleiben, so beträgt der Verbrauch an Kohle bei der Gasbereitung, um eine Lichtstärke von 800 Kerzen zu erzielen, 16 kg, während bei der *Gramme'schen* Maschine dieses Licht durch den Aufwand von 1 kg erzeugt wird.

Tresca fand die Lichtstärke einer großen *Gramme'schen* Maschine bei 1000 Touren in der Minute unter Anwendung einer *Serrin'schen* Lampe gleich 1860 *Carcel*-Brennern. *Siemens* und *Halske'sche* große Maschinen liefern 14800 Vereinskerzen, und *Gramme* hat eine Lichtmaschine von 5000 *bees Carcel* gebaut.

Aus einer Reihe von vergleichenden Versuchen, die hauptsächlich in England ausgeführt worden sind, stellte *Schellen*¹¹⁾ die nachstehende Tabelle zusammen.

Name der Lichtmaschine.	Preis.	Dimensionen.			Gewicht.	Kraftverbrauch.	Umdrehungen pro Minute.	Lichtstärke				Querschnitt der Kohlen-spitzen.	Rangnummer.
		Länge.	Breite.	Höhe.				insgesamt		pro 1 Pferdestärke			
								verdichteter Strahl.	zerstreuter Strahl.	verdichteter Strahl.	zerstreuter Strahl.		
<i>Holmes</i>	11000	1499	1321	1575	2607	3,2	400	1523	1523	476	476	9,5 × 9,5	VI
<i>Alliance</i>	9880	1321	1372	1473	1851	3,6	400	1953	1953	543	543	9,5 × 9,5	V
<i>Gramme</i> Nr. 1	6400	787	787	1245	1295	5,3	420	6663	4016	1257	758	12,7 × 12,7	IV
» Nr. 2	6400	787	787	1245	1295	5,7	420	6663	4016	1257	758	12,7 × 12,7	IV
<i>Siemens</i> , große	5300	1143	737	356	592	9,8	480	14818	8932	1512	911	17,5 × 17,5	III
» kleine Nr. 58	2000	660	737	254	191	3,5	850	5539	3339	1582	954	12,7 × 12,7	II
» » Nr. 68	2000	660	737	254	191	3,3	850	6864	4138	2080	1254	12,7 × 12,7	I
	Mark.	Millim.			Kilogr.	Pferdestärken.		englische Normalkerzen.				Millim.	

So große Lichtmengen, wie sie die größeren Lichtmaschinen mit einem einzigen Regulator zu liefern im Stande sind, kommen nur in Frage, wenn man große Räume und Flächen von einem Punkte aus erhellen will. Die ganz großen Lichtmaschinen werden nur in Ausnahmefällen, für Leuchttürme etc., angewendet. In den meisten anderen Fällen geht man gegenwärtig durch Theilung des elektrischen Stromes in der Lichtstärke bedeutend herab und erzeugt jetzt vielfach elektrische Lichter, deren Stärke nicht größer ist, als 400 Vereinskerzen und weniger.

Findet eine Zertheilung des elektrischen Stromes statt, so ist das Licht, welches der ungetheilte Strom erzeugen würde, weit größer, als die Summe der Lichter, welche durch mehrere von ihm gespeiste Lampen hervorgebracht wird. Je weiter die Theilung fortgesetzt wird, um so größer ist der durch sie herbeigeführte Verlust, so daß zur Zeit eine weitere, als etwa 12-fache Theilung für wenig empfehlenswerth gehalten wird.

Die Erzeugung vieler schwachen Ströme ist ebenfalls wenig zu empfehlen, so daß, nach dem heutigen Stande des elektrischen Beleuchtungswesens, Lichter von weniger als 100 Kerzen Größe praktisch nicht zu verwerthen sind, wogegen Lam-

40.
Stärke
der Einzel-
lichter.

11) SCHELLEN, K. Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen. Köln 1879. S. 298.

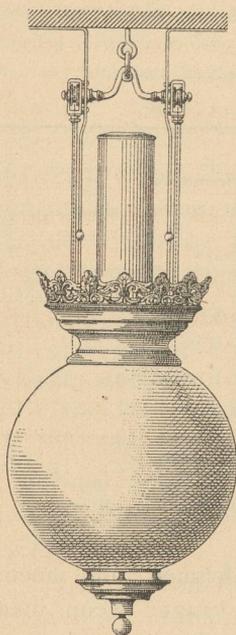
pen, welche eine Lichtstärke von 2000 bis 3000 Kerzen entwickeln, sofern sie überhaupt gut zu verwenden sind, als höchst ökonomisch bezeichnet werden müssen.

41.
Dämpfung
d. elektrischen
Lichtes.

Da das einzelne elektrische Licht regelmässig, selbst bei vertheiltem Strome, eine sehr grosse Helligkeit hat, so muss man dasselbe, sofern es nicht z. B. hoch genug über den zu beleuchtenden Gegenständen angebracht werden kann, durch Vertheilung oder Zerstreuung mildern.

Man umschliesst zu dem Ende den Lichtpunkt mit einer Milch-, Alabafter- oder Opal-Glaskugel, wodurch das Licht so sehr zerstreut wird, dass die Schatten, welche bei freiem, direct wirkenden Licht sehr scharf ausfallen, nur wenig zu bemerken sind. In Fig. 36 ist eine mit der Differential-Lampe von *Siemens und Halske* versehene elektrische Laterne von sehr gebräuchlicher Form dargestellt. Die Glaskugel ist durch über zwei Röllchen geführte Ketten mit einem in der Krone verborgenen Gegengewicht verbunden und lässt sich herabziehen, um neue Kohlenstäbe einlegen zu können. Das Milchglas verschluckt reichliche Mengen des Lichtes (durchschnittlich 40 Procent desselben); das genannte Verfahren ist deshalb nicht sparsam zu nennen und wird vorwiegend angewendet, wenn die Beleuchtung sich durch Eleganz auszeichnen soll.

Fig. 36.



Dasselbe gilt von der Anbringung der Lampe über einer Glasdecke des zu beleuchtenden Raumes. Ueber dieser Glasdecke befindet sich zunächst die elektrische Lampe, welche durch weisses gestrichene oder mit weissem Papier beklebte Schirme so überdeckt ist, dass letztere als Reflectoren wirken.

Sparfamer, aber auch weniger schön ist die Beleuchtung, wenn man das Licht gegen die ebene, weisse Decke oder gegen besonders angebrachte weisse Flächen strahlen lässt, von denen dasselbe weit zerstreut wird.

Man wendet alsdann Lampen an, deren positive Spitze sich unten befindet, damit möglichst viel Licht nach oben geworfen wird, und setzt die Lampen in Kübel mit Krämpfen, so dass das Auge nicht direct von dem Lichte getroffen werden kann. Durch entsprechende Formgebung der oben ebenfalls weiss gestrichenen Kübelkrämpfen und der als Reflectoren wirkenden, über der Lampe angebrachten Flächen ist man im Stande, das Licht genügend gleichmässig in dem zu beleuchtenden Raume zu vertheilen.

Nähere Angaben sind aus den Quellen, welche in dem am Schluss dieses Kapitels angefügten Literaturverzeichniss namhaft gemacht sind, zu entnehmen.

42.
Vorzüge
d. elektrischen
Lichtes.

Unter den Vorzügen des elektrischen Lichtes ist in erster Linie die Farbe desselben zu nennen, wodurch es sich anderem künstlichen Licht gegenüber auszeichnet. Sie ermöglicht die Erkennung der Farben, selbst des zartesten Blaugrün mindestens in demselben Masse, wie das Tageslicht. Das elektrische Licht ist daher für eine Zahl von Fabriken, z. B. Teppich- und Band-Webereien, allein zu empfehlen, und gewährt für Gesellschaftsräume, Strassen etc. eine so glänzende Beleuchtung, dass ein Vergleich mit dem gelblichen Gaslicht kaum stattfinden kann. Die reine Farbe des elektrischen Lichtes dürfte ausschliesslich durch die hohe Temperatur der Kohlenpitzen entstehen. Während man die Temperatur der leuchtenden Kohlenkörperchen

in der Gas- und Petroleum-Flamme zu 1400 bis 1600 Grad schätzt, will *Rofetti*¹²⁾ am negativen Pol einer elektrischen Lampe mindestens 2200 bis 2500 Grad, am positiven Pol derselben mindestens 2400 bis 3900 Grad gefunden haben.

Dieser Hauptvorteil des elektrischen Lichtes wird noch dadurch erhöht, daß das elektrische Licht nicht wie das Gaslicht, die Luft des Raumes, worin es leuchtet, verdirbt. Der elektrische Lichtbogen verändert die Luft in so geringer Weise, daß sich aus diesem Grunde die elektrische Beleuchtung für solche Räume empfiehlt, die von vielen Menschen besucht werden.

Als fernere Vorzüge des elektrischen Lichtes nenne ich das Fehlen jeder Feuersgefahr dieser Beleuchtungsart und die geringe Wärmeentwicklung derselben. Die Bequemlichkeit, mit welcher die Leitungen verlegt werden können, ist für gewisse Fälle ebenfalls von Werth.

Der Preis des elektrischen Lichtes wird, Angesichts der genannten Vorzüge desselben, in vielen Fällen nicht in Frage kommen; in anderen Fällen wird derselbe jedoch eine ausschlaggebende Rolle spielen. Er setzt sich zusammen aus den Zinsen und der Amortisation des Anlagekapitals und den Unterhaltungskosten, und ist je nach den örtlichen Umständen so sehr verschieden, daß genaue Angaben nur auf Grund eines vollständigen Planes gemacht werden können.

Eine große Rolle spielen in den Kosten der elektrischen Beleuchtung die Anlags- und Betriebskosten für die Motoren-Anlage. Je nachdem man einen vorhandenen Motor mitbenutzen kann oder einen besonderen Motor aufstellen muß, werden die Kosten pro Lampe und Brennstunde sehr verschieden. Deshalb schwanken die Gesamtkosten auch innerhalb ziemlich weiter Grenzen; die Lichteinheit des elektrischen Lichtes kostet 0,1 bis 2,0 derjenigen des Gaslichtes.

Das »Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung« hat Anfangs 1880 (S. 16) folgende vergleichende Tabelle für die Kosten der elektrischen Beleuchtung aufgestellt:

	Die gleiche Beleuchtung kostet pro Brennstunde						
	mit elektrischem Licht		mit Gasbeleuchtung				
	bei vorhandener Dampfmaschinen-Anlage.	mit Otto'schem Gasmotor.	bei einem Gaspreise ¹³⁾ pro 1 cbm von				
			16 Pf.	18 Pf.	20 Pf.	22 Pf.	24 Pf.
Bei 1000 jährlichen Brennstunden:							
die Helligkeit einer <i>Serrin'schen</i> Lampe = 30 Gasflammen	96—102	138—142	77	86	94	102	111
die Helligkeit einer <i>Jablochkoff'schen</i> Kerze = 15 Gasflammen	64—66	85—87	39	43	47	51	56
die Helligkeit einer <i>Siemens'schen</i> Differential-Lampe = 20 Gasflammen . . .	51—54	69—74	51	57	63	68	74
bei 500 jährlichen Brennstunden:							
die Helligkeit einer <i>Serrin'schen</i> Lampe = 30 Gasflammen	145—150	211—215	86	95	103	112	120
die Helligkeit einer <i>Jablochkoff'schen</i> Kerze = 15 Gasflammen	88—90	121—123	43	47	52	56	60
die Helligkeit einer <i>Siemens'schen</i> Differential-Lampe = 20 Gasflammen . . .	78—80	105—113	57	63	69	74	80
	Pfennige.		Pfennige.				

Nach der »*Gazette des architectes et du bâtiment*« (1881, S. 40) kostete früher die Beleuchtung des Hippodroms in Paris jeden Abend 1100 bis 1200 Francs; gegenwärtig belaufen sich die Unkosten der viel glänzenderen elektrischen Beleuchtung auf 250 bis 260 Francs pro Abend.

¹²⁾ Berichte d. deutsch.-chem. Gesellschaft 1879, S. 1700.

¹³⁾ Zu diesen Gaspreisen sind in der Berechnung die Kosten für Verzinsung, Amortisation, Bedienung etc. hinzugefchlagen.

44.
Nachtheile
d. elektrischen
Lichtes.

Außer dem Nachtheile, daß die elektrische Beleuchtung in manchen Fällen sehr hohe Kosten verursacht, ist zunächst noch der Uebelstand zu erwähnen, daß Betriebsunterbrechungen am Motor, also auch an der Beleuchtung viel häufiger zu befürchten sind, als bei der Erhellung mit Gaslicht. Ferner gewährt letztere den Vortheil, daß man die Lichtintensität einer Gasflamme von der Maximalstärke an bis auf ein äußerst geringes Maß herabsetzen kann; das elektrische Licht hingegen gestattet eine so einfache und so weit gehende Regulirung nicht.

45.
Anwendung
d. elektrischen
Lichtes.

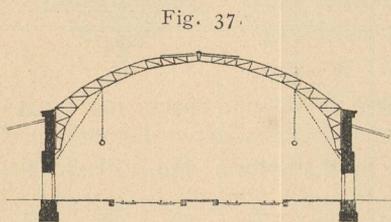
Sind auch die Resultate, welche bislang auf dem Gebiete der elektrischen Straßenbeleuchtung, die nicht in den Rahmen der vorliegenden Betrachtung gehört, noch nicht besonders befriedigende zu nennen, so hat man doch das elektrische Licht mit entschiedenem Erfolge zur Erhellung von geeigneten geschlossenen Räumen, wie großen Sälen und Hallen, Verkaufsläden, Arbeitsräumen und Werkstatlocalitäten etc., eingeführt.

Vorläufig scheinen es die *Fablochhoff'schen* Kerzen nicht zu sein, denen der Vorzug zu geben ist, sondern die Lampen, wie man sie zum Theile schon vor Erfindung jener Kerzen gekannt und angewendet hat. In Frankreich verwendet man z. Z. ziemlich häufig den *Serrin'schen* Regulator, der mittels *Gramme'scher* Lichtmaschinen betrieben wird; in Deutschland dagegen hat die *v. Hefner-Alteneck'sche* Differential-Lampe von *Siemens* und *Halske*, gespeist durch die dynamo-elektrische Wechselstrom-Maschine derselben Firma, die meiste Anerkennung gefunden. In Amerika scheint die Maschine von *Wallace-Farmer* und das System *Brush*, in England das letztere System und die *Siemens'sche* Lampe am meisten Eingang gefunden zu haben.

Nach *Schellen* kann man bei richtiger Aufstellung des Lichtes in einer Spinnerei, einer Buchdruckerei, einer Weberei etc., wo eine größere Helligkeit erforderlich ist, mit einem einzigen Lichte eine Fläche von 250 qm, in einer Maschinenfabrik 500 qm und auf einem offenen Arbeitsplatze 2000 qm gut beleuchten.

46.
Beispiel.

Als Beispiel der Beleuchtung eines größeren Raumes mit elektrischem Licht sei die Personenhalle des Königl. Ostbahnhofes in Berlin herausgegriffen. Diese Halle enthält zwei Haupt- und einen Mittelperron mit dazwischen liegenden Gleisen. Zur Erleuchtung dienen im Ganzen 14 Lampen, welche in zwei Reihen zu je 7 über den Borden der Seitenperrons aufgehängt sind (Fig. 37); es sind Differential-Lampen von *v. Hefner-Alteneck* zur Anwendung gekommen, die durch eine kleine dynamo-elektrische Maschine und eine größere Wechselstrom-Maschine gespeist werden. Die erstere liefert den continuirlichen Strom, der die im ganzen Systeme thätigen Elektromagnete erregt; die größere Maschine entsendet Wechselströme mit ganz außerordentlich rascher Aufeinanderfolge derselben; die Ströme sind in zwei von einander getrennten Stromkreisen durch die Differential-Lampen geleitet.



Personenhalle des Königl. Ostbahnhofes
in Berlin¹⁴⁾. 1/1000 n. Gr.

Je eine Reihe von Lampen, also 7, liegen in einem Stromkreise; der Leitungsdraht ist unmittelbar von einer Lampe zur anderen geführt, und zwar mit so viel Durchhang, daß das Herablassen einer Laterne nicht behindert ist. Hinter der siebenten Lampe jeder Reihe sind beide Stromkreise an das eiserne Dach geführt, welches zur gemeinsamen Rückleitung zur Maschine benutzt ist. Die Laternen hängen an über Rollen gehenden und nach den Wänden geführten Seilen, welche das Herablassen behuf Einfsetzen neuer Stäbe gestatten. Jede Laterne trägt zur Milderung des Lichtglanzes eine Kugel von 50 cm Durchmesser aus Alabafter-Glas.

Die Entfernung der einzelnen Lampen in einer Reihe beträgt im Mittel 23 m und der Abstand der

¹⁴⁾ Nach: Deutsche Bauz. 1879, S. 446 und Zeitschr. f. Bauw. 1870, Taf. 3.

beiden Reihen ebenfalls ca. 23 m. Da die Halle 187,65 m lang und 37,66 m breit ist, so hat jede Lampe eine Grundfläche von rot. 505 qm zu erhellen. Es geschieht dies in solcher Stärke, daß man an allen Stellen der Halle Diamantdruck zu lesen vermag. Die Kohlenstäbe in den Lampen brennen etwa 4 Stunden lang; das Auswechselfen derselben wird im Allgemeinen in den Beleuchtungspausen vorgenommen; es kann aber auch jede einzelne Lampe heruntergelassen und mit neuen Stäben versehen werden, während die übrigen Lampen weiter brennen. Das Entzünden und Verlöfchen der Lampen geht gleichzeitig und selbstthätig vor sich, sobald die Maschine in Gang gesetzt, bzw. angehalten wird. Es ist nicht erforderlich, daß beide Reihen von Flammen gleichzeitig brennen; wohl aber ist es Erforderniß, daß mindestens 7 Flammen einer Reihe gleichzeitig brennen.

Der Betrieb der Beleuchtung wird von der Firma *Siemens und Halske* in Berlin gestellt und nach einem bestimmten Zeitplane ausgeführt. Die Verwaltung vergütet derselben für die Betriebsstunde 7,50 Mark, in welcher Entschädigung etwaige Reparaturkosten für Maschinen etc. einbegriffen sind¹⁵⁾.

Von der architektonischen Ausstattung der Beleuchtungskörper war bereits im Abschnitt über »decorativen Ausbau« (Theil III, Band 3) die Rede.

Literatur

über »Beleuchtung mit elektrischem Licht«¹⁶⁾.

Électricité appliquée à l'éclairage. Revue gén. de l'arch. 1843, S. 479.

Ueber die große elektrische Lichtproduction auf dem alten Museum in Berlin am 22. October 1861. *Polyt. Journ.* Bd. 162, S. 313.

Elektrische Beleuchtung auf dem Carouffelpfad in Paris. *Annales télégr.* Vol. 4, S. 84.

Die elektrische Beleuchtung in Paris. *Mechan. magaz.* Vol. 5, S. 433.

KEISER u. SCHMIDT. Anwendung des elektrischen Lichtes bei der Feier des Truppeneinzuges in Berlin. *Polyt. Journ.* Bd. 200, S. 502. *Polyt. Centrabl.* 1871, S. 1048.

La lumière électrique. Sa production, son prix de revient et ses applications. Revue gén. de l'arch. 1875, S. 114.

Beleuchtung der Warte- und Gepäckfäle vermittelt des elektrischen Lichtes. *Engng. D. A. Polyt. Zeitg.* 1876, S. 166.

Éclairage à la lumière électrique de la gare du Nord. Portefeuille écon. des mach. 1876, S. 45.

Ueber die praktische Anwendung des elektrischen Lichtes. *Maschinenb.* 1876, S. 145.

OECHELHÄUSER, W. Die elektrische Beleuchtung in ihrem Concurrentenverhältniß zum Gas. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1877, S. 433.

The electric light and its application in workshops. Iron, Vol. 9, S. 612. *Scientif. Americ.* Vol. 37, S. 116, 195.

Lumière électrique. Expériences comparatives faites à la station du Midi, Bruxelles. Monit. industr. Belge 1877, S. 591.

Éclairage à l'électricité. Applications industrielles. Gare des marchandises de la Chapelle-Paris. Revue industr. 1877, S. 185.

L'éclairage électrique à Paris. Portefeuille écon. des mach. 1878, S. 100.

OECHELHÄUSER, W. Ueber die Kosten der elektrischen Beleuchtung mit JABLOCHKOFF'schen Kerzen. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1878, S. 614.

SHOOLBRED. *On the present state of electric lighting. Engng.* Vol. 26, S. 362.

CLARK u. BRIGGS. *The lighting of the hall of representatives by the Brush dynamo-electric machine. Engng.* Vol. 26, S. 206, 225.

FERRINI, R. *Technologie der Elektrizität und des Magnetismus.* Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 414.

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.

FONTAINE, H. *Éclairage à l'électricité. Revue industr.* 1878, S. 248.

Machines for the electric light. Journ. of the soc. of arts 1878, Dec. 13.

KILLINGWORTH HEDGES. *Useful information on practical electric lighting.* London u. New-York 1879.

HIGGS, P. *The electric light in its practical application.* London 1879.

¹⁵⁾ Vergl. *Deutsche Bauz.* 1879, S. 446.

¹⁶⁾ So weit dieselbe für den Architekten in Frage kommt.

- Elektrisches Licht für ein Hôtel. Deutsche Bauz. 1879, S. 316.
- Die Erleuchtung der Bahnhof-Halle des Königlichen Ostbahnhofes in Berlin durch elektrisches Licht. Ann. f. Gwb. u. Bauw. Bd. 5, S. 297. Deutsche Bauz. 1879, S. 446. Organ f. d. Fortsch. d. Eisenbahnw. 1880, S. 61.
- FORGES, TH. Ueber die Principien der elektrischen Beleuchtung. Techn. Bl. 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 écon. des mach.* 1879, S. 33.
- HEPWORTH, T. C. *The electric light: its past history and present position.* London 1879.
- Elektrische Lampen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1879, S. 83.
- Revue des progrès des sciences dans leurs rapports avec l'architecture, L'éclairage électrique. Revue gén. de l'arch.* 1879, S. 21, 71.
- L'éclairage électrique. Revue gén. de l'arch.* 1879, S. 126.
- SHOOLBRED, J. N. *Electric lighting and its practical application.* London 1879.
- SCHELLEN, H. Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen, ihre Entwicklung, Construction und praktische Anwendung. Köln 1879.
- FONTAINE, H. *Éclairage à l'électricité. 2e édit.* Paris 1879. Deutsch bearbeitet von F. ROSS. 2. Aufl. Wien 1880.
- SCHELLEN, H. Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung und der Kraftübertragung. Köln 1880.
- BERNSTEIN, A. Die elektrische Beleuchtung. Berlin 1880.
- LEONHARDT, E. Elektrische Beleuchtung des Wiener Südbahnhofes. Wochsch. 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. Masch. Heft 127.
- URQUHART, J. W. *Electric light. Its production and use etc.* London 1880.
- The Fablockhoff electric light at the Palais de l'industrie, Paris. Engng.* Vol. 29, S. 62, 64.
- The electric light at St. Enoch's railway station. Engng.* Vol. 30, S. 76.
- GÉRALDY, F. *Le gaz et l'électricité. Lumière électrique* 1880, No. 20.
- Installations diverses et prix de revient de l'éclairage électrique. Portefeuille écon. des mach.* 1880, S. 124.
- 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. Monit. industr.* 1880, No. 33.
- The electric light in the South Kensington museum. Electrician,* Vol. 5, No. 16.
- OELWEIN, A. Ueber die Anwendung der elektrischen Beleuchtung auf deutschen Bahnhöfen. Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1881, S. 11, 20.
- DUPUY. Ueber die Kosten der elektrischen Beleuchtung. Maschinenb. 1881, S. 6.
- HOSPITALIER, E. *Les principales applications de l'électricité.* Paris 1881.
- Ferner:
- Zeitschrift für angewandte Elektrizitätslehre. Herausg. von PH. CARL. München u. Leipzig. Erscheint seit 1879.
- Elektrotechnische Zeitschrift. Red. von K. E. ZETZSCHE. Berlin. Erscheint seit 1880.
- La lumière électrique.* Red. von E. HOSPITALIER. Paris. Erscheint seit 1879.

B. Heizung und Lüftung der Räume.

VON HERMANN FISCHER.

47.
Zweck
d. Heizung
u. Lüftung.

Das Bestreben, lebende wie leblose Wesen 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- etc. Räume.

Die Wände, Decken etc. 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 Raum eine von dem 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, 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 Mafs und die Art derselben sind von so erheblichem Einflufs auf den Stoffwechsel, dafs 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 gleichförmige 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:

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 Zuführung oder durch Abführung von Wärme.

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 sonstige 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 entsprechendes Maß verdünnt.

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.

48.
Mittel
zur
Erwärmung.

Das einfachste Mittel zum Erwärmen eines geschlossenen Raumes ist das offene Feuer, welches seine Wärmestrahlen 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 Form der fog. Kamine verwendet.

Die Alten, wenigstens die Römer, beheizten ihre Bäder — in den Wohnungen scheint das Bedürfnis einer Heizung selbst zur Zeit der Glanzperiode 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 lothrechten, 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 Fürsprache¹⁷⁾ und trotz einiger Vorzüge, bisher sich nicht einzuführen vermocht, da erhebliche Mängel die Vorzüge dieser Beheizungsart bei Weitem übertreffen.

Das dritte z. Z. allgemein gebräuchliche Mittel besteht in der Erwärmung der Luft, welche die Erwärmung der Wandflächen vermittelt.

Die Luft spielt hierbei die Rolle eines Wärme-Trägers und -Vertheilers; sie entnimmt die Wärme den fog. Heizflächen, welche sich innerhalb oder außerhalb des zu beheizenden Raumes befinden können, und vertheilt sie schließlic an alles in dem betreffenden Raum zu Erwärmende. Vermöge ihrer großen Beweglichkeit vermag sie den angedeuteten Dienst auf größere Entfernungen zu verrichten, und

17) BERGER, J. Moderne und antike Heizungs- und Ventilationsmethoden. Berlin 1870.

ermöglicht damit die Erwärmung eines Raumes und seiner Einschließungsflächen von einer verhältnißmäßigen kleinen Wärmequelle, den Heizflächen aus.

So fern die Heizflächen in dem zu beheizenden Raume untergebracht sind, läßt man die Wärmestraahlen derselben nicht selten unvermittelt in den Raum treten. Diejenigen Wärmestraahlen, welche den Körper eines lebenden Geschöpfes treffen, beeinflussen dieselben einseitig, weshalb sie auf die Dauer höchst lästig werden. 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 abgeprochen werden kann.

Die erste Aufgabe zur Erreichung oben genannter Ziele ist die Bestimmung derjenigen Wärmemenge, welche den Räumen zugeführt, bezw. 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 S. 40 unter 3a. und 3b. angeführten Sätzen vorläufig genügend gekennzeichnet.

Literatur

über »Heizung und Lüftung im Allgemeinen«.

- MEISSNER, P. T. Die Heizung mit erwärmter Luft. 3. Aufl. Wien 1827.
 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.
 TREGGOLD, TH. *Principles of warming and ventilating public buildings*. London 1836. Deutsche Uebersetzung von KÜHN. Leipzig 1837.
 TREGGOLD, TH. *Treatise on warming and ventilating*. London 1842.
 REID, D. B. *Illustrations of the theory and practice of ventilation*. London 1844.
 BERNAN, W. *History of the art of warming and ventilating*. 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. Deutsche Uebersetzung von C. HARTMANN. Leipzig 1851.
 PÉCLET, E. *Nouveaux documents relatifs au chauffage et à la ventilation des établissements publics* etc. Paris 1853. Deutsche Uebersetzung von C. HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1863.
Des appareils de chauffage et de ventilation. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 149, 193, 230; 419.
 Ventilation öffentlicher und Privatgebäude, Fabriken, Werkstätten, Abtritte und öffentlicher Unraths-Depots. Allg. Bauz. 1856, S. 27.
 PETTENKOFER. Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1859.
 Ueber Lüfterneuerung. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1859, S. 72.
 ARTMANN, F. Allgemeine Bemerkungen über Ventilation und die verschiedenen auf die Güte der Luft Einfluß nehmenden Verhältnisse. Prag 1860.
 WOLPERT, A. Principien der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1860.
 SCHINZ, C. Die Heizung und Ventilation in Fabrikgebäuden etc. Stuttgart 1861.
 PÉCLET, E. *Traité de la chaleur considérée dans ses applications. 3^e édit.* Paris 1861. Deutsche Uebersetzung von C. HARTMANN. Neue (Titel-) Ausg. Leipzig 1866.
 WEISS, TH. Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen. Zürich 1862.
 RITCHIE, C. E. *A treatise on ventilation natural and artificial*. London 1862.
 REDTENBACHER, F. Der Maschinenbau. 2. Band. Mannheim 1863.
 RUTTER, H. *Ventilation and warming of buildings*. New-York 1863.
 MORIN, A. *Études sur la ventilation*. Paris 1863.
 DEBO. Ueber Ventilation. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1864, S. 89.

- Ueber Lüftung (Ventilation). HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1864, S. 1, 29, 61.
- VEIT MEYER. Ueber Ventilation und Heizung. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1866, S. 113.
- DYMOND, C. W. *On the ventilation of buildings*. *Builder*, Vol. 24, S. 140.
- HEIDMAN. Studien über die Ventilation von MORIN. Mittheilungen daraus. Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 85 u. 537; 1867, S. 49.
- Ueber die frische Luft in den menschlichen Wohnungen. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1867, S. 74.
- Ueber Ventilation. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1867, S. 311.
- Ventilation*. *Builder*, Vol. 25, S. 676.
- 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.
- Ventilation*. *Builder*, Vol. 26, S. 43.
- TEMPLETON, R. Ventilation. *Builder*, Vol. 26, S. 294.
- WEBER, K. Luft und Licht in menschlichen Wohnungen. Vortrag in der Reihe der von dem »Frauenverein für Krankenpflege« veranstalteten populären Vorlesungen. Darmstadt 1869.
- CASTARÈDE-LABARTHE, P. *Du chauffage et de la ventilation des habitations privées*. Paris 1869.
- On ventilation*. *Builder*, Vol. 27, S. 162.
- The heat emitted from the human body as an element to be regarded in arranging the ventilation and warming of buildings*. *Builder*, Vol. 27, S. 819.
- GROTHE, H. Die Brennmaterialien u. die Feuerungsanlagen f. Fabrik, Gewerbe u. 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.
- PINZGER, L. Beitrag zur Ventilationsfrage. Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 223.
- HAYWARD, J. W. *Practical experiences in ventilation and warming*. *Builder*, Vol. 30, S. 182.
- Recherches sur la ventilation naturelle et sur la ventilation artificielle*. Bruxelles 1873.
- BUTLER, W. F. *Ventilation of buildings*. London 1873.
- POPPER, M. Die Heizung vom Standpunkt der Hygiene. Öft. Zeitschr. für prakt. Heilk. 1873, Nr. 24—27.
- MORIN, A. *Salubrité des habitations. Manuel pratique du chauffage et de la ventilation*. Paris 1874.
- Du minimum de ventilation*. *Encyclopédie d'arch.* 1874, S. 28.
- Ventilation. An A-B-C hint from America*. *Builder*, Vol. 32, S. 28.
- HINE, TH. C. *Warming and ventilation*. *Builder*, Vol. 32, S. 1050.
- GRASHOF, F. Theoretische Maschinenlehre. 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.
- Des différentes modes de chauffage chez les anciens et les modernes*. *Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 45.
- The art of warming*. *Building News*, Vol. 28, S. 120.
- Systems of ventilating*. *Building News*, Vol. 28, S. 616.
- LEEDS, L. W. *A treatise on ventilation. New edit.* Philadelphia 1876.
- BOSC, E. *Nouvelle étude sur le chauffage et la ventilation des édifices*. *Gaz. des arch. et du bât.* 1876, S. 177, 192, 212.
- Air and ventilation*. *Building News*, Vol. 31, S. 197.
- MUNDE, C. Zimmerluft, Heizung und Ventilation etc. 2. Aufl. Leipzig 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. Holzminen 1877.
- HAESECKE, E. Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877. Ventilation geschlossener Räume. Deutsche Bauz. 1871, S. 161, 171, 198, 210, 219; 1872, S. 115; 1876, S. 48; 1877, S. 78.

- Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1877, S. 89, 111, 128.
Ventilation. Builder, Vol. 35, S. 1231.
- CONSTANTINE, J. *The ventilation and warming of public buildings. Building News*, Vol. 32, S. 510.
- C. L. STAEBE's Preisschrift über die zweckmässigsten Ventilations-Systeme. Redigirt, durch Anmerkungen und einen Anhang vervollständigt von A. WOLPERT. Berlin 1878.
- DEGEN, L. Praktisches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung von öffentlichen und Privatgebäuden nach dem System der Aspiration. 2. Aufl. München 1878.
- Ueber Luftwechsel und Heizung. Rohrleger 1878, S. 3.
- Theorie des Luftwechsels. Rohrleger 1878, S. 22.
- Ventilation der Wohnräume. Rohrleger 1878, S. 140.
- PAUL. Ueber Heizungen und Ventilation. Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 87.
- 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.
- STREBEL. Mittheilungen über Heizung und Ventilation auf der Pariser Ausstellung. Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 41.
- Mittheilungen von der Weltausstellung in Paris 1878. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume. Polyt. Journ. Bd. 231.
- MEINERS, H. Das städtische Wohnhaus der Zukunft oder wie sollen wir bauen und auf welche Weise ventiliren und heizen? 2. Aufl. Stuttgart 1880.
- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek. 49. Heft. Die Ventilation der bewohnten Räume. Von AHRENDTS. Leipzig 1880.
- WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. II. Band. 2. Feuerungsanlagen, Heizung und Ventilation. Leipzig. Erscheint seit 1880.
- SCHWATLO, C. Heizung und Ventilation. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1880, S. 365, 386.
- VALÉRIUS, H. *Les applications de la chaleur, avec un exposé des meilleurs systèmes de chauffage et de ventilation.* 3^e édit. Gand 1880.
- PLANAT, P. *Cours de construction civile. 1^{re} partie. Chauffage et ventilation de lieux habités.* Paris 1880.
- HOOD, CH. *Practical treatise on warming buildings by hot water, steam and hot air, on ventilation etc.* 5. édit. London 1880.
- SCHOLTZ, A. Feuerungs- und Ventilations-Anlagen. Carlsruhe 1881.
- NAUMANN, A. Die Heizungsfrage, mit besonderer Rücksicht auf Wassergaserzeugung und Wassergasheizung. Giefsen 1881.

1. Kapitel.

Zu- und abzuführende Wärmemenge.

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

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

Die Wärmeentwicklung in Folge Verbrennung der abgängigen Körpertheile ist außerordentlich 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 Voit¹⁸⁾ liefert der Stoffwechsel eines erwachsenen Menschen in der Stunde durchschnittlich 125 Einheiten, wenn unter einer Wärme-

¹⁸⁾ PETTENKOFER, M. v. Kleidung, Wohnung, Boden. Populäre Vorlesungen. Braunschweig 1872, S. 6.

einheit, wie hier immer, diejenige Wärmemenge verstanden wird, welche 1 kg Wasser um 1 Grad C. zu erwärmen vermag. Diese Wärmemenge wird indessen nicht vollständig zum Erwärmen des betreffenden Raumes benutzt; vielmehr ein erheblicher Theil, zuweilen bis zu $\frac{1}{3}$, 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.

50.
Gas-
beleuchtung.

In Art. 28, S. 21 wurde bereits angegeben, daß 1 cbm Gas je nach seiner Zusammenfassung 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 Zusammenfassung des Gases verschaffen und die Wärmeentwicklung nach dem Verfahren berechnen, welches weiter unten, bei Besprechung der Brennstoffe, angegeben werden wird.

Die übrigen Beleuchtungstoffe, Oel, Erdöl, Stearin etc. liefern, nach Versuchen von *Erismann*, für gleiche Lichtstärke größere Wärmemengen, als Leuchtgas. Eine reiche Beleuchtung wird jedoch durch diese Beleuchtungstoffe nur selten bewirkt werden können, weshalb die entstehende Wärmeentwicklung in der Regel vernachlässigt werden kann.

Beide genannten Quellen können hiernach oft erhebliche Wärmemengen liefern, welche ernsthafte Beachtung verdienen, so fern die Bindung oder Abfuhr derselben in Frage kommt.

b. Wärmestrahlung und Wärmeleitung.

Die Wärmemenge, welche die Fläche eines von der Luft oder einer anderen Flüssigkeit berührten Körpers 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.

51.
Wärme-
strahlung.

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 gemeiniglich, 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.

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

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

worin t die Temperatur der strahlenden, t_2 diejenige der bestrahlten Fläche bedeutet. Die Formel gilt für Temperaturunterschiede bis zu 260 Grad.

Nach *H. Buff*¹⁹⁾ verschluckt die atmosphärische Luft im gewöhnlichen Zustande etwa die Hälfte der Wärmestrahlen, während die andere Hälfte freien Durchlaß findet. Demnach würde der eingeklammerte Werth in zwei Theile zerlegt werden

19) *POGGENDORF'S Annalen*, Bd. 158, S. 177.

müssen; der eine derselben würde die beiden Temperaturen t und t_1 , d. h. diejenigen der strahlenden Fläche und der Luft, die andere die Temperaturen t 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, aus den Wänden der gegenüberliegenden 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_1 eingeschaltet werden. Die auszuführende Anlage zur Erreichung einer von dem Freien unabhängigen Temperatur muss dem größten Wärmeaustausch gewachsen sein, weshalb es zulässig erscheint, in der Regel t_1 für t_2 einzusetzen. Die von einem Heizkörper bestrahlte, jenseits der denselben umgebenden Luft befindliche Fläche ist regelmässig kälter, als die Luft; ihre Temperatur ist jedoch schwer vorab zu bestimmen. Da nun bei Berechnung des Heizkörpers die möglicher Weise eintretende ungünstigste Wärmeabgabe ausschlaggebend ist, so ist es nicht weniger berechtigt, auch für diesen Fall in der Regel t_1 für t_2 einzusetzen.

Das Verschlucken der Wärmestrahlung 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 grösser, als die mittels eines Thermometers gemessene Temperatur. Wenn trotzdem diese Temperatur für diejenige der bestrahlten Lufttheilchen eingesetzt wird, so findet eine Ausgleichung des Fehlers statt, welcher in der Einführung der Grösse t_1 für t_2 liegt.

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

Für die Strahlung einer Fläche, welche von Luft berührt wird, soll deshalb allgemein die Formel 1. in die andere

$$W_s = 125 s (1,0077^t - 1,0077^{t_1}) \dots \dots \dots 2.$$

verwandelt werden, wobei vorbehalten bleiben mag, in besonderen Fällen auf Formel 1. zurückzugreifen.

Für Temperaturunterschiede bis zu 60 Grad liefert die *Péclet'sche* Formel, welche unter 3. angeführt wird, fast genau dieselben Werthe, wie Formel 2., weshalb sie, ihrer Einfachheit halber, für die Wärmestrahlung derjenigen Flächen, welche zwischen der freien Luft und dem in Frage kommenden geschlossenen Raume eintritt, benutzt werden soll. Sie lautet:

$$W_s = s [1 + 0,0056 (t - t_1)] [t - t_1] \dots \dots \dots 3.$$

Was endlich 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 aufmerksam auf die Gegenüberstellung des gewöhnlichen Eisenbleches (mit $s = 2,7$) und des oxydirten Eisenbleches (mit $s = 3,3$). Für den vorliegenden Zweck müssen die Zahlen genügen, weil keine besseren vorhanden sind.

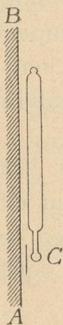
Bezeichnung der Oberfläche:	s	Bezeichnung der Oberfläche:	s
Blankes Kupfer	0,16	Neues Gußeisen	3,2
Zinn	0,22	Oxydirtes Eisenblech	3,3
Zink	0,24	Kohlenstaub	3,1
Messing	0,26	Holz, Gyps, Baufeine, Baumwollen-, Wol-	
Polirtes Eisenblech	0,45	len- und Seiden-Stoffe, Oelfarbenanfrich	3,6
Weißblech	0,65	Papier	3,5
Gewöhnliches Eisenblech	2,7	Rufs	4,0
Glas	2,9	Wasser	5,3

52.
Wärme-
leitung.

Die Wärmeübertragung, welche vermöge der Berührung von Luft und Körperoberfläche stattfindet, ist ihrer Menge nach weit weniger genau festzustellen, als die gestrahlte Wärme. Sie scheint lediglich von dem Temperaturunterschiede 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. 38) 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,

Fig. 38.



welches nothwendig fein 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, so nach deren Temperatur erhöht. Weil die Raumeinheit der so leichten Luft nur geringe Wärmemengen aufzunehmen vermag, so ist die Temperatursteigerung der Luft eine sehr rasche, wenn nicht noch andere Einflüsse sich geltend machen.

In Folge der Temperaturerhöhung wird die den Körper berührende Luftschicht specifisch leichter; 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 Temperaturunterschied vergrößert. Ist AB dagegen wagrecht gelegen und abwärts gerichtet (Fig. 39), 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. 40 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. 39.



Fig. 40.



Auch die Begrenzung der Fläche AB , so wie die Ausdehnung derselben spielt hierbei eine nicht unwichtige Rolle. Würde z. B. AB in dem Falle der Fig. 40 sehr groß, vielleicht auch von lothrechten Wänden umrahmt sein, so würde die kalte Luft ausschließlich von oben nach unten zufließen 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 Einflufs auf die wirkliche Lufttemperatur in unmittelbarer Nähe der Körperoberfläche ist die Bewegung der Luft durch äufsere Einflüsse. In einem stark besetzten Saal kann der Aufenthalt ein unangenehmer dadurch sein, dafs 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 dafs das t unserer Formel 1. 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 etc. den oben genannten Durchschnitt wesentlich überschreitet, mufs deshalb nahezu ausschliesslich durch Leitung an die Luft abgegeben werden. Unsere Damen ergreifen in diesem Fall den Fächer und verursachen hierdurch gröfsere oder geringere Luftwirbel. Die Temperatur der Luft im Raum 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 Saal gemessene ist, an ihre Stelle treten.

Bei Berechnung der Wärmemenge, welche durch Berührung einer festen Fläche mit der Luft übergeleitet 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 Formel

$$W_l = l [1 + 0,0075 (t - t_1)] [t - t_1] \dots \dots \dots 4.$$

ausgedrückt, in welcher l eine von der Art der Luftbewegung abhängige Erfahrungszahl, t die Temperatur der Oberfläche, t_1 diejenige Temperatur der Luft bedeutet, welche in mäfsiger Entfernung von der Oberfläche gemessen wird.

Nach *Grashof*²⁰⁾ ist $l = 3$ bis 6 zu setzen und zwar im Mittel für eingeschlossene Luft $l = 4$, für freie ruhige Luft $l = 5$.

Bei besonders grofser Geschwindigkeit der Luft scheint l erheblich höher zu sein, so dafs für Wind, welcher die Oberfläche der Häuser trifft, mindestens $l = 6$ gesetzt werden mufs.

Die Summe beider Wärmemengen, also $W_s + W_l$, multiplicirt mit der in Frage kommenden Flächengröfse F (in Quadr.-Met.) ist die gesammte, von dieser abgegebene Wärme, welche mit W_1 bezeichnet werden mag, so dafs entsteht:

$$W_1 = F (t - t_1) \left[s \left\{ 1 + 0,0056 (t - t_1) \right\} + l \left\{ 1 + 0,0075 (t - t_1) \right\} \right] \dots \dots \dots 5.$$

Diese Gleichung läfst sich auch wie folgt schreiben:

$$W_1 = \psi F (t - t_1) \dots \dots \dots 6.$$

Die Berechnung von ψ , d. h. desjenigen Ausdruckes, welcher in Gleichung 5. in die []-Klammer eingeschlossen ist, bietet, ausser den schon genannten Unsicherheiten, in so fern Schwierigkeiten, als die Gröfse des Factors $t - t_1$ noch nicht bekannt, auch, wie später erörtert werden wird, zur Zeit nur auf Grund des als bekannt vorauszufetzenden ψ gewonnen werden kann. Für die geringen Temperaturunterschiede, welche bei den Einschließungsflächen der Wohnräume vorkommen, ist indess die genannte Schwierigkeit nicht erheblich, indem die mit $t - t_1$ innerhalb der Klammer verbundenen Factoren sehr klein sind, also $t - t_1$ schätzungsweise bestimmt werden kann.

53.
Gesammte
Wärmemenge.

20) GRASHOF, F. Theoretische Maschinenlehre. Bd. 1. Leipzig 1875, S. 944.

Beispielsweise berechnet sich ψ für die Flächen einer Fenster Scheibe wie folgt. Es sei die Temperatur des Freien = - 20 Grad, diejenige des Zimmerinneren = + 20 Grad. Für $t - t_1$ ist alsdann mit ziemlicher Sicherheit höchstens 20 Grad anzunehmen. Die Außenfläche liefert alsdann ein ψ_a , da $s = 2,9$ und $l = 6$ (wegen möglicher Weise während der Kälte auftretenden Windes), welches ausgedrückt wird durch:

$$\psi_a = 2,9 \left\{ 1 + 0,0056 \cdot 20 \right\} + 6 \left\{ 1 + 0,0075 \cdot 20 \right\} = 2,9 \left\{ 1 + 0,112 \right\} + 6 \left\{ 1 + 0,15 \right\} = \infty 10,1.$$

Die Innenfläche dagegen, wegen $s = 5,3$ (Fensterfchwefels = Waffer) und $l = 4$:

$$\psi_i = 5,3 \left\{ 1 + 0,112 \right\} + 4 \left\{ 1 + 0,15 \right\} = \infty 10,5.$$

Man erfieht aus der gegebenen Rechnung, dafs für den vorliegenden Fall selbst ein erheblicher Irrthum in der Schätzung von $t - t_1$ einen nennenswerthen Einfluss auf das Endergebnifs nicht gehabt haben würde. Das ist offenbar bei dickeren, weniger gut leitenden Einschließungsflächen in noch höherem Grade der Fall, weil bei diesen $t - t_1$ an sich kleiner wird.

c. Wärmeüberführung durch feste Wände (Wärme-Transmission).

Die Ueberleitung der Wärme von einer Wandfläche zur gegenüberliegenden eines festen, gleichartigen Körpers steht im geraden Verhältnifs zum Temperaturunterschied und zur Flächengröße, so wie im umgekehrten Verhältnifs zur Entfernung beider Flächen.

54.
Einfache
Wände.

Fig. 41 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 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 λ diejenige Wärmemenge bezeichnet, welche stündlich durch eine ebene Wand desselben Stoffes, die 1 qm Flächengröße und 1 m Dicke hat, bei 1 Grad Temperaturunterschied geleitet wird (vergl. unten stehende Tabelle), in derselben Zeit eine Wärmemenge W_2 überführen, welche durch die Gleichung auszudrücken ist:

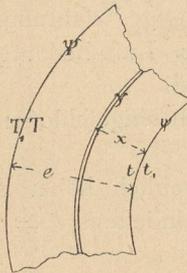


Fig. 41.

$$W_2 = + \lambda f \frac{dy}{dx} \dots \dots \dots 7.$$

Hieraus entsteht sofort:

$$dy = \frac{W_2}{f\lambda} dx \dots \dots \dots 8.$$

Für die Größe λ sind nachstehende Werthe einzuführen:

Wärmemengen λ ,

welche durch 1 qm einer ebenen Wand nachbenannter Art von 1 m Dicke stündlich übergeleitet wird, wenn der Temperaturunterschied der Außenflächen der Wand 1 Grad beträgt:

Ruhende Luft	$\lambda = 0,04$	Tannenholz, gleichlaufend mit der	
(nach Redtenbacher 0,1 ²¹⁾		Fafer	$\lambda = 0,17$
Wolle, Baumwolle, Flaum	$\lambda = 0,04$	Eichenholz	$\lambda = 0,21$
Holzfasche	$\lambda = 0,06$	Gyps, angemacht und hierauf an	
Kreidepulver	$\lambda = 0,09$	der Luft getrocknet	$\lambda = 0,35$ bis $0,5$
Gestofssene gebrannte Erde	$\lambda = 0,15$	Gebrannte Erde	$\lambda = 0,5$ » $0,8$
Zerstoßene Coke	$\lambda = 0,26$	Backsteinmauer	$\lambda = 0,7$
Sand	$\lambda = 0,27$	Glas	$\lambda = 0,75$ » $0,88$
Tannenholz, winkelrecht zur Fafer	$\lambda = 0,1$	Feinkörniger Kalkstein	$\lambda = 1,2$ » $2,0$

21) Der höhere von Redtenbacher angegebene Werth dürfte in so fern berechtigt sein, als in der Praxis vollständig ruhende Luft in Schichten kaum vorkommt.

Marmor	$\lambda = 2,8$ bis $3,4$	Zink	$\lambda = 18$
Dichte Coke	≈ 5	Eisen	≈ 20 bis 28
Blei	≈ 13	Messing	≈ 30 » 45
Zinn	≈ 17	Kupfer	≈ 60 » 70 .

55.
Sphärische
Wände.

Die Wand sei diejenige einer Hohlkugel, deren Halbmesser r , bez. R bezeichnen; die Fläche f ist alsdann:

$$f = 4 \pi (r + x)^2,$$

so dass, durch Einsetzen dieses Werthes, die Gleichung 8. zu der anderen wird:

$$dy = \frac{W_2}{4 \pi \lambda} \frac{dx}{(r + x)^2},$$

oder

$$y = -\frac{W_2}{4 \pi \lambda} \frac{1}{r+x} + C \dots \dots \dots 9.$$

Für $x = 0$ ist $y = t$; für $x = e$ ist $y = T$, sonach

$$T - t = \frac{W_2}{4 \pi \lambda} \left\{ \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right\} \dots \dots \dots 10.$$

Die durch die Wand geführte Wärmemenge ist offenbar gleich der Wärmemenge

$$W_1 = \psi \cdot 4 r^2 \pi (t - t_1), \dots \dots \dots 6_a.$$

welche die innere Fläche mit der Luft auswechselft, und eben so gleich der Wärmemenge

$$W_3 = \psi 4 R^2 \pi (T_1 - T) \dots \dots \dots 6_b.$$

Durch Einsetzen von W_1 statt W_2 in Gleichung 10. ändert sich diese in

$$T - t = \frac{4 r^2 \pi \psi (t - t_1)}{4 \pi \lambda} \left\{ \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right\}$$

oder

$$t = \frac{T + t_1 r^2 \psi \frac{1}{\lambda} \left\{ \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right\}}{1 + r^2 \psi \frac{1}{\lambda} \left\{ \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right\}} \dots \dots \dots 11.$$

Diesen Werth von t setzt man in Gleichung 6_a. ein und vertauscht gleichzeitig den Werth W_1 derselben mit dem Werth für W_3 aus Gleichung 6_b., so dass

$$\psi \cdot 4 r^2 \pi \left(\frac{T + t_1 r^2 \psi \frac{1}{\lambda} \left\{ \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right\}}{1 + r^2 \psi \frac{1}{\lambda} \left\{ \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right\}} - t_1 \right) = \psi \cdot 4 R^2 \pi (T_1 - T)$$

oder

$$T = \frac{\psi r^2 t_1 + \psi R^2 T_1 + \psi r^2 \psi R^2 \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) T_1}{\psi r^2 + \psi R^2 + \psi r^2 \psi R^2 \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)} \dots \dots \dots 12.$$

Der so gewonnene Werth von T noch in Gleichung 6_b. eingesetzt, ergibt:

$$W_3 = W_k = 4 \pi \frac{T_1 - t_1}{\frac{1}{R^2 \psi} + \frac{1}{r^2 \psi} + \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)}, \dots \dots \dots 13.$$

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 .

56.
Ebene
Wände.

Die Wärmemenge W_e , welche eine ebene Wand überträgt, gewinnt man leichter, wie folgt.

Hier ist in jeder zu einer der Außenflächen gleich laufenden Schicht $f = F$, so daß Gleichung 8. durch Integration die Form

$$W_2 = F \lambda \frac{T - t}{e} \dots \dots \dots 14.$$

erhält. Zunächst setzt man $W_2 = W_3$ oder:

$$F \lambda \frac{T - t}{e} = \Psi F (T_1 - T),$$

sonach

$$T = \frac{\Psi T_1 + \frac{\lambda}{e} t}{\Psi + \frac{\lambda}{e}} \dots \dots \dots 15.$$

Der so gefundene Werth wird in die Gleichung

$$W_3 = \Psi F (T_1 - T)$$

eingefügt und gleichzeitig $W_3 = W_1$ gesetzt, wobei W_1 den Werth hat:

$$W_1 = \psi F (t - t_1).$$

Man erhält hierdurch

$$t = \frac{\Psi T_1 \frac{\lambda}{e} + \psi t_1 \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi t_1}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} \dots \dots \dots 16.$$

Schaltet man diesen Ausdruck für t in die Gleichung für W_1 und bedenkt, daß $W_1 = W_e =$ der Wärmemenge ist, welche durch die ebene Wand geführt wird, so erhält man

$$W_e = F \frac{T_1 - t_1}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}} \dots \dots \dots 17.$$

57.
Trommelförm.
Wände.

Für die Wärmemenge, welche durch eine trommelförmige Wand mit den Halbmessern r und R und der Länge l hindurchgeht, erhält man auf ähnlichem Wege:

$$W_c = 2 \pi l \frac{T_1 - t_1}{\frac{1}{\Psi R} + \frac{1}{\psi r} + \frac{1}{\lambda} \log. \text{ nat. } \frac{r}{R}} \dots \dots \dots 18.$$

Oben wurde vorausgesetzt, daß die Temperaturen T , bzw. T_1 höhere seien, als die Temperaturen t , bzw. t_1 . Dies geschah, um die Richtung der Wärmebewegung bequemer festzuhalten. Aus der Entwicklung und der Form der Endgleichungen geht nun zweifellos hervor, daß es gleichgiltig ist, ob man T , bzw. T_1 oder t , bzw. 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_1 , das ψ als zu t_1 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 13., 17. und 18. gewähren uns die Möglichkeit, in Verbindung mit denjenigen Gleichungen, welche zu ihrer Entwicklung führten, die unbekanntenen Temperaturen T und t zu berechnen. Für die kugelförmige Wand ist die betr. Formel unter 12., für die ebene Wand durch die Formel 16. sogar bereits gegeben.

Die letztere mag beispielsweise für die Berechnung der Oberflächentemperaturen einer Backsteinwand benutzt werden, welche von außen durch ($T =$) -20 Grad kalter Luft lebhaft bepült wird, während die Innenseite mit Tapete bekleidet ist und ein auf ($t_1 =$) $+20$ Grad geheiztes Zimmer begrenzt; die Dicke der Wand sei $0,5$ m.

Alsdann ist Ψ für die Außenfläche, wegen $s = 3,6$, $T_1 - T$ (Schätzungsweise) = 10, $l = 6$,

$$\Psi = 3,6 (1 + 0,056) + 6 (1 + 0,075) = 10,25,$$

und ψ für die Innenfläche, wegen $s = 3,8$ und $l = 4$,

$$\psi = 8,3,$$

folglich nach Gleichung 16.

$$t = \frac{\Psi T_1 \frac{\lambda}{e} + \psi t_1 \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi t_1}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} = \approx 14,8 \text{ Grad}$$

und eben so

$$T = \frac{\Psi T_1 \frac{\lambda}{e} + \psi t_1 \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi T_1}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} = -15,8 \text{ Grad.}$$

Zur Prüfung der Rechnungsergebnisse berechnen wir nach Formel 17. die Wärmemenge, welche stündlich durch 1qm dieser Wand von + 20 Grad warmer in - 20 Grad kalter Luft übergeführt wird. Dieselbe ist:

$$W_e = 1 \cdot \frac{20 - (-20)}{\frac{1}{10,25} + \frac{1}{8,3} + \frac{0,5}{0,7}} = \approx 42,9 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Bei einem Temperaturunterschied von $14,8 + 15,8 = 30,6$ Grad der beiden Oberflächen der Wand muß der Wärmedurchgang, da die Wand nur 0,5m dick ist,

$$30,6 \cdot \frac{0,7}{0,5} = \approx 42,8 \text{ Wärmeeinheiten}$$

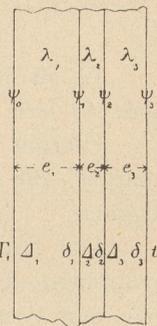
betragen. Beide Ergebnisse stimmen genügend genau mit einander überein.

Zur Berechnung der Wärmeüberführung mehrfacher Wände ist folgender Weg einzuschlagen.

58.
Mehrfache
Wände.

Fig. 42 sei der Durchschnitt einer dreifachen Wand, deren e_1, e_2 und e_3 dicke Theile aus verschiedenen Stoffen bestehen. Die Ueberleitungs-Coefficienten seien $\psi_0, \psi_1, \psi_2, \psi_3$, die Coefficienten der inneren Leitung $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, die Temperaturen der Oberflächen der Wandtheile Δ , bzw. δ mit dem entsprechenden Index, endlich die Temperaturen der die Wand von aussen befühlenden Luft T_1 , bzw. t_1 . Alsdann ist die durch die Wand übertragene Wärme:

Fig. 42.



$$W = F \lambda_1 \frac{\Delta_1 - \delta_1}{e_1} = F \lambda_2 \frac{\Delta_2 - \delta_2}{e_2} = F \lambda_3 \frac{\Delta_3 - \delta_3}{e_3} = \\ = F \psi_0 (T_1 - \Delta_1) = F \psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) = F \psi_2 (\delta_2 - \Delta_3) = F \psi_3 (\delta_3 - t_1) \dots 19.$$

Aus diesen Gleichungen erhält man, indem man allmählich die drei Werthe der oberen Reihe mit denjenigen der zweiten Reihe, welche mit ψ_0, ψ_1 , und ψ_3 behaftet sind, vergleicht:

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \Delta_1 - \frac{\psi_0 (T_1 - \Delta_1) e_1}{\lambda_1} \\ \delta_2 &= \Delta_2 - \frac{\psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) e_2}{\lambda_2} \\ \delta_3 &= \Delta_3 - \frac{\psi_2 (\delta_2 - \Delta_3) e_3}{\lambda_3} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 20.$$

Ferner, wenn man den ersten Ausdruck der zweiten Reihe mit allen übrigen derselben Reihe vergleicht:

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \Delta_2 + \frac{\psi_0}{\psi_1} (T_1 - \Delta_1) \\ \delta_2 &= \Delta_3 + \frac{\psi_0}{\psi_2} (T_1 - \Delta_1) \\ \delta_3 &= t_1 + \frac{\psi_0}{\psi_3} (T_1 - \Delta_1) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 21.$$

Berücksichtigt man nun, dafs nach 19. $\psi_0 (T_1 - \Delta_1) = \psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) = \psi_2 (\delta_2 - \Delta_3)$ ist, und setzt die Werthe δ_1 , δ_2 und δ_3 aus 20. und 21. gleich, so entsteht durch Addition:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_2 + \frac{\psi_0}{\psi_1} (T_1 - \Delta_1) &= \Delta_1 - \frac{\psi_0 (T_1 - \Delta_1) e_1}{\lambda_1} \\ \Delta_3 + \frac{\psi_0}{\psi_2} (T_1 - \Delta_1) &= \Delta_2 - \frac{\psi_0 (T_1 - \Delta_1) e_2}{\lambda_2} \\ t_1 + \frac{\psi_0}{\psi_3} (T_1 - \Delta_1) &= \Delta_3 - \frac{\psi_0 (T_1 - \Delta_1) e_3}{\lambda_3} \end{aligned} \right\} \dots \dots 22.$$

$$t_1 + \psi_0 (T_1 - \Delta_1) \left(\frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} \right) = \Delta_1 - \psi_0 (T_1 - \Delta_1) \left(\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} \right)$$

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

$$\Delta_1 = \frac{t_1 + T_1 \psi_0 \mathfrak{A} + T_1 \psi_0 \mathfrak{B}}{1 + \psi_0 \mathfrak{A} + \psi_0 \mathfrak{B}} \dots \dots \dots 23.$$

Der so gewonnene Ausdruck von Δ_1 wird in den Theil der Gleichung 19. eingesetzt, welcher lautet:

$$W = F \psi_0 (T_1 - \Delta_1),$$

wodurch dann ohne Schwierigkeiten erhalten wird:

$$W = F \frac{T_1 - t_1}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \dots \dots \dots 24.$$

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.

Der Factor, welcher mit der Flächengröße und dem Temperaturunterschied 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 17. und 24.:

$$W = F (T_1 - t_1) k \dots \dots \dots 25.$$

so dafs k bedeutet:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}}, \quad \text{bezw.} \quad k = \frac{1}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \dots \dots \dots 26.$$

Es ist dieses Verfahren um so mehr zulässig, als in dem Ausdruck für ψ (Gleichung 5. auf S. 47) die mit s und l behafteten Theile von $(t - t_1)$ nur eine unbedeutende Rolle spielen, so fern diese Temperaturunterschiede 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.

59.
Wärme-
übertrag.-
Coefficient.

der unter e. (S. 65) zusammengestellten Tabelle aufgeführt. Behuf des Vergleichs habe ich die von *Redtenbacher* angegebenen Zahlen in derselben Tabelle in der Spalte R. mit aufgeführt.

Zu der Tabelle ist noch anzuführen, daß die gebräuchlichen Mauerstärken, vermehrt um die Dicke des Putzes einer Seite, zu Grunde gelegt sind und angenommen wurde, daß Außenwände in Frage kommen. Scheidewände im Inneren der Häuser führen geringere Wärmemengen über, da beiderseitig ein kleineres l im Ausdruck für ψ (vergl. S. 47) in Frage kommt.

Lothrechte, in der Außenwand liegende Fenster haben (vergl. S. 48) 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 17., bezw. 26.:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10,1} + \frac{1}{10,5} + \frac{0,003}{0,8}} = \frac{8484}{840 + 808 + 32}, \text{ oder } k = 5.$$

Aus dem Zahlenbeispiel geht zur Genüge hervor, daß das Glied $\frac{e}{k}$, 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 gleichgültig.

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 (Oberlichter), welche von unten durch wärmere, von oben durch kältere Luft berührt werden, haben große Werthe von ψ , weil (vergl. S. 46) die unten abgekühlte Luft rasch wärmerer, die oben erwärmte Luft rasch kälterer Luft Platz macht. Es dürfte deshalb das l der Formel 5. zu 6 angenommen werden müssen, so daß, da Schweißbildung selten eintritt, $\Psi = \psi = 10,7$ und $k = 5,4$ wird.

Für hölzerne lothrechte Wände, Thüren u. dergl., welche mit Oelfarbe angefrichen sind und einseitig von heftigem Winde bespült werden, erhält man

$$\Psi = 10,25 \text{ und } \psi = 8,1,$$

somit folgende Werthe von k :

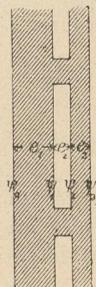
e in Met.	k (für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperaturunterschied.)	
	Eichenholz.	Tannenholz.
0,02	2,92	2,24
0,04	2,2	1,5

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 Constructionen, welche die Räume nach der Seite, nach oben und unten begrenzen, sind meistens aus mehreren Schichten zusammengesetzt. Von zusammengesetzten Wänden, Decken etc. sind namentlich diejenigen bemerkenswerth, welche eine oder mehrere Luftschichten enthalten. Fig. 43.

Die Luftschichten lothrechter Wände erschweren den Wärmedurchgang weniger, als in gewissen, noch zu erörternden Fällen die wagrechten Luftschichten. Fig. 43 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. 51) gesetzt werden kann; ψ_1 und ψ_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 zunehmender 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 ruhend ausfüllte.



60.
Fenster
und
Oberlichter.

61.
Holzwände
u. Thüren.

62.
Hohle
Wände.

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 ψ den kleinsten Werth anzunehmen, so daß $\psi_1 = \psi_2 = 6,6$ wird. Für die an das Zimmer grenzende Fläche war ψ_3 früher (S. 51) 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 $e_2 = \frac{1}{2}$ Stein, so ist die Gesamtdicke der Mauer $\approx 0,64$ m; für eine volle Mauer dieser Dicke ist nach der Tabelle auf S. 65 $k = 0,86$ gefunden. Die Anbringung eines solchen Hohlräumes erschwert fomit den Durchgang der Wärme, wenn auch nicht in hohem Maße.

Doppelte lothrechte Fenster bringen ein noch günstigeres Ergebnis hervor, obgleich auch bei ihnen der Widerstand, welchen die Luftschicht dem Wärmedurchgang entgegensetzt, vernachlässigt werden muß. Es ist dies die Folge der geringeren Temperaturunterschiede zwischen Glasfläche und Luft, die das Verdichten von Wasserdampf an der Oberfläche derselben in der Regel ausschließen. Man erhält für dieselben:

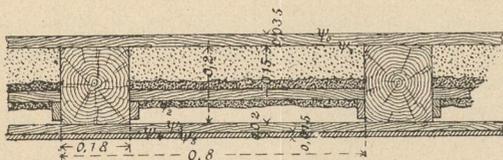
$$\psi_0 = 10,1, \quad \psi_1 = \psi_2 = 6,3, \quad \psi_3 = 7,4, \quad \text{sonach } k = 1,77,$$

statt $k = 5$ für einfache Fenster.

Wagrecht hohle Einschließungs-Constructionen, wie hohle Decken etc., sind wieder in folche zu unterscheiden, welche an ihrer oberen Fläche von kälterer, an ihrer unteren Fläche von wärmerer Luft berührt werden, und in folche, bei denen das Umgekehrte stattfindet.

Der Deckendurchschnitt Fig. 44 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.

Fig. 44.



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 ψ_1 die Zahl 10 als zutreffend zu bezeichnen sein dürfte. So fern geringe Spielräume vorhanden sind, wird Leitung und Strahlung gemeinschaftlich auftreten, wobei ebenfalls $\psi_1 = 10$ entsteht. ψ_2 wird, weil die sich an der Wellerung abkühlende Luft rasch niedersinkt und wärmerer Platz macht, ebenfalls groß ausfallen, wahrscheinlich = 10 sein. ψ_3, ψ_4 und ψ_5 verhalten sich eben so, wie ψ_0, ψ_1 und ψ_2 , so daß, da $\lambda_1 = \lambda_4 = 0,1$ (Tannenholz), $\lambda_2 = 0,27$ (Sand), λ_3 , d. i. die Leitung der Luftschicht, wegen der Strömung derselben 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

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10} 6 + \frac{0,035}{0,1} + \frac{0,15}{0,27} + \frac{0,02}{0,1} + \frac{0,015}{0,5}} = \approx 0,58.$$

Da, wo Balken sich befinden, ist k einfacher

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10} 5 + \frac{0,035}{0,1} + \frac{0,2}{0,1} + \frac{0,02}{0,1} + \frac{0,015}{0,5}} = \approx 0,32;$$

folglich die durchschnittliche Wärmetüberführungszahl für eine derartige Decke

$$k_0 = \frac{0,58 (0,8 - 0,18) + 0,32 0,18}{0,8} = 0,5.$$

Ist dagegen unter der in Fig. 44 abgebildeten Decke die kältere, über derselben die wärmere Luft, dient die Decke z. B. zum Abschluß 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 daß 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, daß Luftschichten in wagrechten Constructionen, 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.

Diejenigen Stellen, an denen sich Balken befinden, haben, da das ψ für die Fußbodenoberfläche und

dasjenige der Deckenunterfläche = 7 gefetzt werden mufs, ein $k = 0,35$. Das durchschnittliche k ist fonach

$$k = \frac{0,3 \cdot 0,62 + 0,35 \cdot 0,18}{0,8} = 0,31.$$

Die Kellerdecke (Fig. 45), welche von unten mit kälterer, von oben mit wärmerer Luft in Berührung steht und welche aus Backteingewölbe, Sandfüttung und tannem Fufsboden besteht, überführt für jeden Grad Temperaturunterschied, jedes Quadratmeter Fläche und jede Stunde

$$k = 0,71 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Nach den gegebenen Beispielen dürften die Wärmemengen, welche anders gearbete Einfchließungsflächen überführen, leicht zu berechnen sein, so lange dieselben beiderseitig von Luft berührt werden.

Es ist jedoch noch darauf hinzuweisen, dafs für Dampf und Wasser erheblich gröfsere Werthe für ψ in Ansatz zu bringen sind, als für Luft. Wasser nimmt, vermöge seiner hohen specifischen Wärme, bei geringer Temperaturerhöhung schon verhältnismäfsig grofse Wärmemengen auf, so dafs der wahre Temperaturunterschied an der Berührungsfläche nur wenig von dem beobachteten abweicht. In Folge der Wärmeabgabe des Dampfes wird dieser zu Wasser verdichtet; vermag dieses rasch abzufliefsen, so bleibt der wahre Temperaturunterschied dem beobachteten fast genau gleich.

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.

Genauere Zahlen sind jedoch für die einzelnen Werthe von ψ 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 e. (S. 66) lediglich die Coefficienten k angegeben.

Die Formel 25. und ihre Vorgängerinnen fetzen unveränderliche Temperaturen T_1 und t_1 voraus. Mit solchen läfst 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

64.
Dampf
u. Wasser.

65.
Veränderliche
Temperatur.

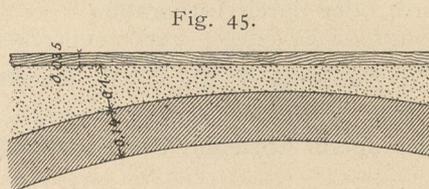


Fig. 46.

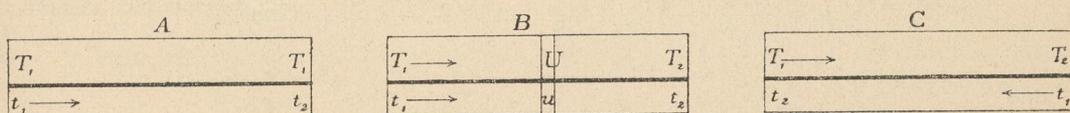


Fig. 46 unter A, B, C angeführten — möglichen Fälle näher betrachtet werden, dafs nämlich:

- die eine Flüssigkeit nur Nebenströmungen unterworfen ist, so dafs sie an der berührten Wand überall gleiche Temperatur besitzt, während die andere Flüssigkeit längs der festen Wand sich fortbewegt;
- beide Flüssigkeiten sich an der festen Wand entlang in gleicher Richtung bewegen (fog. Parallelströmung);
- beide Flüssigkeiten längs der festen Wand fliefsen, jedoch in entgegengesetzter Richtung (fog. Gegenströmung).

Es bezeichnen T_1 , bzw. t_1 die anfänglichen, T_2 , bzw. t_2 die Endtemperaturen der Flüssigkeiten; C , bzw. c die Wärmemengen, welche 1 kg der betr. Flüssigkeit um 1 Grad zu erwärmen vermögen; Q , bzw. 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. 46 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

$$dW = k \cdot dF (U - u) \dots \dots \dots 27.$$

In Folge dieser Wärmeüberführung verliert der U Grad warme Stromtheil diese Wärmemenge, während der gegenüberliegende Stromtheil sie aufnimmt, so daß

$$dW = -QC \cdot dU = qc \cdot du \dots \dots \dots 28.$$

wird, oder durch Integration

$$-QC \cdot U = qcu + \text{Const.} \dots \dots \dots 29.$$

Für $U = T_1$ ist $u = t_1$, sonach:

$$-QC T_1 = qct_1 + \text{Const.} \dots \dots \dots 30.$$

oder durch Abziehen der Gleichung 30. von 29.:

$$QC \{ T_1 - U \} = qc \{ u - t_1 \},$$

woraus ohne Weiteres abzuleiten ist:

$$u = \frac{QC}{qc} \{ T_1 - U \} + t_1 \dots \dots \dots 31.$$

Aus der Gleichsetzung der Werthe von dW in 27. und 28. folgt:

$$k (U - u) dF = -QC \cdot dU \dots \dots \dots 32.$$

Führt man in die letzte Gleichung den Ausdruck für u aus Gleichung 31. ein, so erhält man, nach einigen Umformungen:

$$dF = -\frac{QC}{k} \frac{dU}{\left(1 + \frac{QC}{qc}\right) U - \frac{QC}{qc} T_1 - t_1}, \dots \dots \dots 33.$$

also:

$$F = -\frac{QC}{k} \frac{1}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \left\{ \left(1 + \frac{QC}{qc}\right) U - \frac{QC}{qc} T_1 - t_1 \right\} + \text{Const.} \dots 34.$$

Für $U = T_1$ ist $F = 0$; für $U = T_2$ ist $F = F_B$; sonach:

$$0 = -\frac{1}{k} \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \{ T_1 - t_1 \} + \text{Const.}$$

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 Subtraction der Gleichungen

$$F_B = \frac{1}{k} \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - \frac{QC}{qc} (T_1 - T_2) - t_1} \dots \dots \dots 35.$$

Es ist aber, wie aus 28. abgeleitet werden kann, übrigens ohne Weiteres zu übersehen ist,

$$W = QC \{ T_1 - T_2 \} = qc (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 36.$$

also

$$\frac{QC}{qc} = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2},$$

welche Werthe in 35. eingeführt den Ausdruck für den Parallelstrom liefern:

$$F_B = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}}{\left\{ T_1 - T_2 + (t_2 - t_1) \right\}} \dots \dots \dots 37b.$$

Da in dem Fall *A* die Temperatur der mit den kleinen Buchstaben bezeichneten Flüssigkeit unverändert bleibt, so ist die Gleichung für diesen Fall sofort zu schreiben:

$$F_A = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat. } \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2} \dots \dots \dots 37a.$$

Der dritte Fall, derjenige des sog. Gegenstromes, wird genau so behandelt, wie der zweite, unter Berücksichtigung der anderen Richtung. Man gelangt indeffen zu demselben Ergebnisse, wenn man bedenkt, daß beim Gegenstrom T_1 dem t_2 und T_2 dem t_1 gegenübersteht. Es ist die betreffende Gleichung:

$$F_C = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat. } \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_1 - t_2)} \dots \dots \dots 37c.$$

Die Gleichung für den Werth des log. nat. ist nun:

$$\log. \text{ nat. } x = 2 \left(\frac{x-1}{x+1} + \frac{1}{3} \left[\frac{x-1}{x+1} \right]^3 + \frac{1}{5} \left[\frac{x-1}{x+1} \right]^5 + \dots \dots \right)$$

Verwendet man von dieser Reihe zur Umwandlung der Gleichungen 37. nur das erste Glied, was für kleine Werthe von x zulässig ist, so erhält man:

$$F_A = F_B = F_C = \frac{W}{k} \frac{1}{\frac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}} = F \dots \dots 38.$$

oder

$$W = F \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2} \right) k; \dots \dots \dots 39.$$

d. h. die Wärmeüberführung ist proportional dem Unterschiede der mittleren Temperaturen.

Das zweite Glied der logarithmischen Reihe läßt jedoch Abweichungen erkennen; es beträgt

$$\text{für } A: \frac{1}{3} \frac{W}{k} \frac{1}{T_1 - T_2} \left\{ \frac{T_1 - T_2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} \right\}^3 \dots \dots \dots 40a.$$

$$\text{für } B: \frac{1}{3} \frac{W}{k} \frac{1}{(T_1 - T_2) + (t_2 - t_1)} \left\{ \frac{(T_1 - T_2) - (t_1 - t_2)}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} \right\}^3 \dots \dots \dots 40b.$$

$$\text{für } C: \frac{1}{3} \frac{W}{k} \frac{1}{(T_1 - T_2) + (t_2 - t_1)} \left\{ \frac{(T_1 - T_2) + (t_1 - t_2)}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} \right\}^3 \dots \dots \dots 40c.$$

Man sieht, daß die vor den großen Klammern stehenden Ausdrücke einander gleich sind. Dasselbe ist der Fall mit den Nennern innerhalb der großen Klammern; ein Unterschied ist nur bezüglich der Zähler vorhanden. Der Ausdruck $t_1 - t_2$ ist nun immer negativ; folglich muß der Zähler, zu welchem derselbe addirt wird, kleiner, derjenige aber, von welchem er subtrahirt wird, größer werden, und endlich derjenige, in welchem der Ausdruck $t_1 - t_2$ gar nicht vorkommt, seiner Größe nach mitten zwischen beiden ersteren liegen. Bei gleichem W und k , so wie T_1 , T_2 , t_1 und t_2 wird sonach F_C am kleinsten, F_B am größten, während F_A den Mittelwerth besitzt. Man macht hiervon Gebrauch bei Bestimmung der Heizflächen, so fern $t_1 - t_2$ groß ist.

Die Ausdrücke 40a., 40b., und 40c. gewähren auch einen sichereren Ueberblick über die Zulässigkeit der Anwendung der Formeln 38. und 39. Benutzt man diese, so vernachlässigt man das zweite Glied und alle folgenden Glieder. Da in den folgenden Gliedern nur der Exponent der großen Klammer sich ändert, so

ist mit Hilfe von 40_a , bezw. 40_b , oder 40_c , in jedem einzelnen Falle der Fehler, dessen man sich durch Gebrauch von 38., bezw. 39. schuldig macht, genau zu bestimmen.

Im Allgemeinen ist dieser Fehler am grössten bei dem Fall B , am kleinsten bei C ; A liegt auch in dieser Beziehung zwischen jenen beiden. Ferner wächst der in Rede stehende Fehler, wenn auch nicht im geraden Verhältniss, mit der Differenz $T_1 - T_2$ und der Summe $t_1 + t_2$.

66.
Uebene
Wände.

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 festzustellender Zuschlag zu dem berechneten k erforderlich werden.

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 Wärmeabführung zu bestimmen, reichlicher greifen, um sicher zu sein, dass nicht zu wenig in Rechnung gestellt wurde.

67.
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 hinter derjenigen des freien Feldes zurückzubleiben, weil die von den Häusern abgegebene Wärme die Strassen gleichsam heizt.

Die Temperatur der geschlossenen Räume benennt man gemeiniglich nach derjenigen, welche in Kopfhöhe herrschen soll. Auf S. 66 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 betr. Raum mittels solcher Flächen, welche in dem 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 abgekehrt 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 abgesaugt wird, sei es zu abermaliger Erwärmung, sei es zur Beseitigung 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 können für den Beharrungszustand berechnet werden, so fern man vorher die Wärmemengen bestimmt hat, welche für 1 Grad Temperaturunterschied 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. 47 und 48 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 bestimmt werden. Annähernd kann dieselbe bestimmt werden durch die Temperatur der einströmenden warmen Luft, da die durchschnittliche Temperatur unter der Decke etwas niedriger sein muß, als diejenige der Heizluft. Man 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 befühlenden 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 Luftzuführungsöffnung zu beachten. So fern die Heizluft in einiger Entfernung von der Decke oder gar unmittelbar über dem Fußboden zu der 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-Ausfrömmungs-, so wie Abfrömmungsöffnungen ist fogar die Temperatur der Luft an der Decke oft wesentlich niedriger, als am Fußboden.

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 Luftzuführungsöffnung zu beachten. So fern die Heizluft in einiger Entfernung von der Decke oder gar unmittelbar über dem Fußboden zu der 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-Ausfrömmungs-, so wie Abfrömmungsöffnungen ist fogar die Temperatur der Luft an der Decke oft wesentlich niedriger, als am Fußboden.

Berechnet man die durchschnittliche Innentemperatur der lothrechten Wand (Fig. 48), indem man annimmt, daß die Begrenzungscurve ihre Richtung bis an die Decke und den Fußboden beibehält und zwischen zwei benachbarten Punkten gerade ist, so entsteht:

$$\frac{43,5 + 41}{2} 0,27 + \frac{41 + 25}{2} 1,8 + \frac{25 + 19}{2} 0,9 + \frac{19 + 15,2}{2} 1,4 + \frac{15,2 + 15}{2} 0,1 = 26 \text{ Grad.}$$

Sonach ist die durchschnittliche Temperatur nicht unbedeutend höher, als diejenige in Kopfhöhe, welche etwa 20 Grad war. 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

Fig. 47.

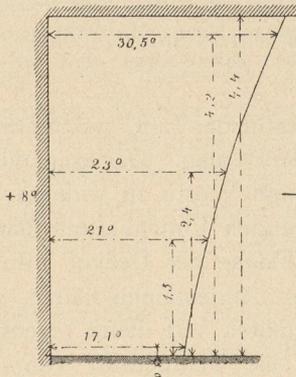
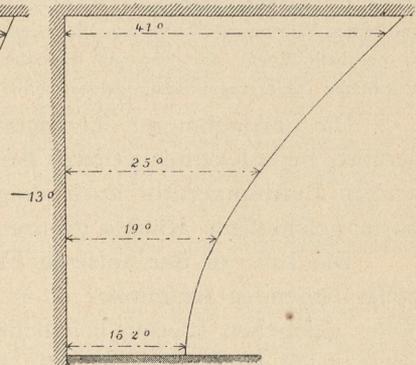


Fig. 48.



immer von dem 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.

Endlich ist zu beachten, daß der Unterschied der Temperaturen in verschiedenen hohen Schichten mit der Temperatur der Heizluft wächst. Man wird daher eine um so gleichmäßigere Temperatur erzielen, je niedriger die Temperatur der Heizluft ist.

Ich erwähnte schon, daß man im Stande ist, die Curve durch Rechnung festzustellen; in der Regel begnügt man sich jedoch mit einem Zuschlag, welcher bei 3^m Zimmerhöhe = 0, für jedes überschiefsende Meter derselben 5 bis 15 Procent beträgt.

Bei Zusammenstellung der Einzelbeobachtungen zu der in Fig. 48 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.

Die anzunehmende Temperatur der Luft, welche die Außenwände eines Hauses berührt, bedarf keiner weiteren Erörterung. Dagegen dürfte es 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 dem höher gelegenen Raume 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. Der Temperatur des Freien ist die in Rede stehende Lufttemperatur niemals gleich zu setzen, 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 so für die einzelnen Zimmer gefundenen Wärmerefordernisse einfach zu addiren, um die Wärmemenge, 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 Räume aufzufassen.

In den vorliegenden Erörterungen ist meistens nur der regelmäßige Fall ins 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. Bisher sind über die künstliche Kühlung noch so wenige Erfahrungen gemacht, daß bezügliche Zahlenwerthe nur durch Speculation gewonnen werden können. Ich enthalte mich deshalb der Angabe solcher Zahlen.

d. Wärmespeicherung in Wänden und anderen Körpern.

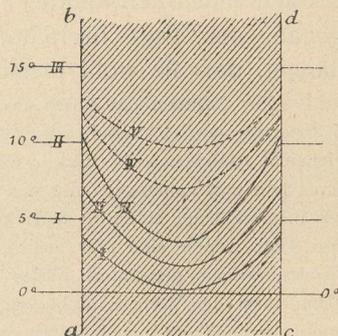
Die bisherigen Besprechungen des Wärmeaustausches durch Wände bezogen sich ausschließlich auf den Beharrungszustand des Heizens. Dieser Beharrungszustand ist zunächst zu schaffen, sodann die Temperatur der Wände zu derjenigen zu machen, welche die früher (S. 50) gegebenen Rechnungen lieferten. Man wird 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 Raum 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 specifische Wärme der Körper und deren Gewicht bekannt ist. Indessen hat die Kenntniß dieser Wärmemengen nur geringen Werth, so fern unbekannt ist, innerhalb welcher Zeit und nach welchem Gesetze der Wärmeaustausch stattfindet.

Fig. 49 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 umgiebt, 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 entsteht ein Temperaturunterschied 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 Curve I wiedergegeben werden. In derselben Weise gehört die Curve II zu der Lufttemperatur 10 Grad etc. 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 verhältnißmäßig rascher fortschreitet, in dem Sinne, welchen die Curven IV und V an-

68.
Wärme-
aufspeicherung

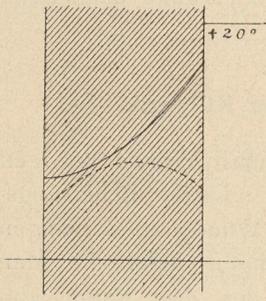
69.
Frei-
stützen.

Fig. 49.



deuten. Die Geschwindigkeit der Erwärmung nimmt mit den Temperaturunterschieden ab, so daß genau genommen erst nach unendlich langer Zeit die Temperatur

Fig. 50.



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 allmählich bewegt sich, des Leitungswiderstandes halber, die Wärme des Stützeninneren nach außen, so daß dieselben Curven entstehen, welche Fig. 49 erkennen läßt, nur in umgekehrter Lage. Beispielsweise würden in einer Wand, in welcher die Temperaturvertheilung des Heizungs-Beharrungszustandes durch die

ausgezogene Linie der Fig. 50 dargestellt ist, nach längerer Einstellung des Heizens die Temperaturen durch die punktirte Linie sich wiedergeben lassen.

70.
Bestimmung
der aus-
getauschten
Wärmemengen.

Aus dem fortwährenden Wechsel der äußeren Temperaturen geht nun hervor, daß der Beharrungszustand selbst bei ununterbrochener 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 ausgetauschten Wärmemengen niemals vom Beharrungszustande ausgehen, sondern diejenigen Vorgänge zu Grunde legen, welche soeben kurz besprochen wurden. Indes ist bisher noch keine wirklich brauchbare analytische Form für die in Rede stehenden Vorgänge gefunden²²⁾; 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 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 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 Wechseln frei 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 ansammeln, 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?

²²⁾ 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.

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 Ueberschufs zur Erwärmung der Massen dienen, also ein Anheizen, ein allmähliches Nähern zum gedachten Beharrungszustande stattfinden. Die Luft giebt hierbei mehr Wärme an Wände, Freistützen, Möbel etc. ab, als jener Ueberschufs beträgt; sie wird deshalb längere Zeit eine niedrigere, als die gewünschte Temperatur besitzen; dieselbe steigt aber regelmäfsig 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 Cubikmeter etwa 0,29 Einheiten — so kann die hierfür erforderliche Wärme vernachlässigt werden. Es handelt sich sonach nur um diejenige Wärme, welche in die Oberflächen der Wände eintritt. Aus dem Früheren ist bekannt, dafs der Ausdruck ψ (Art. 53, S. 47) diejenige Wärmemenge bezeichnet, welche für 1 Grad Temperaturunterschied zwischen Wandfläche und Luft stündlich von diesen ausgetauscht wird. Ist somit die Oberflächentemperatur ermittelt, so ist die Berechnung der in Rede stehenden Wärme sehr einfach. Das letztere Rechnungsverfahren liefert einen gröfseren 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.

Um Fehlschlüssen vorzubeugen, mufs ich nochmals auf die Wärmevertheilung aufmerksam machen, welche schon in Art. 67, S. 58 besprochen wurde.

In Folge der grofsen Wärmeaufnahmefähigkeit der Wände ist diejenige Wärmemenge, welche der Luft auf dem Wege zwischen der Decke und dem Fußboden entzogen wird, somit auch der Temperaturunterschied zwischen den höher und den tiefer gelegenen Punkten eines Raumes verhältnismäfsig gröfser. Je rascher man anzuheizen bestrebt ist, um so gröfser 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 Füfsen haben, als während des Beharrungszustandes. Je mehr Wasser die Wände aufzufaugen vermögen, um so empfindlicher wird der genannte Uebelstand sein. Daher ist ein allmähliches Anheizen für die Behaglichkeit eines Raumes unbedingtes Erfordernifs, obgleich dasselbe mehr Wärme erfordert, als plötzliches Anheizen, da der Raum bis zu Erreichung der gewünschten Lufttemperatur als unbenutzbar bezeichnet werden mufs und trotzdem bis zu dieser Zeit eine gewisse Wärmemenge an das Freie abführt.

Unter Berücksichtigung der genannten Umstände pflegt man für Räume, welche ununterbrochen beheizt werden, lediglich die Wärmemengen in Ansatz zu bringen, welche oben 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 gröfseren Unterbrechungen des Heizens wohl auf 50 Procent gesteigert wird.

71.
Grenzen
des
Wärmebedarfs.

72.
Wärmebedarf.

Die für die Beheizung (christlicher) Kirchen erforderliche Wärme sollte nicht auf diesem Wege bestimmt werden. Diese werden in der Regel nur Sonntags beheizt, so daß das Beheizen vorwiegend in dem Anheizen besteht. Ich habe früher zahlreiche Kirchenheizungen auszuführen gehabt, wobei das folgende Verfahren der Wärmeberechnung zufriedenstellende Ergebnisse lieferte.

Zunächst berechnet man, in der früher besprochenen Weise, diejenige Wärmemenge, welche im Beharrungszustande durch die Wandungen des Raumes abgeführt werden würden, und macht einen Zuschlag von etwa 50 Procent. Alsdann nimmt man an, daß eine Schicht derselben von gewisser Dicke — ich habe 12 bis 15 cm gewählt — innerhalb der geplanten Anheizdauer (6 bis 10 Stunden) auf die volle Temperatur der Luft gebracht werde, während der Rest der Wände, auch der Freistützen, überhaupt nicht erwärmt werde, vertheilt die berechnete Wärmemenge auf die Stunden des Anheizens und zählt die von Fenstern und Thüren überführte Wärme hinzu. Das gröfsere Ergebnis, welches diese beiden Rechnungen liefern, betrachtet man als maßgebend.

Die folgende Tabelle enthält einige Angaben über die Wärme, welche 1 kg des betr. Stoffes für 1 Grad Temperatursteigerung verlangt, das Eigengewicht des Stoffes und endlich die Wärmemenge, welche 1 cbm des Stoffes für 1 Grad Temperaturerhöhung verlangt, in abgerundeten Zahlen.

Stoffe.	Eigengewicht pro 1 cbm des Stoffes.	Wärmemenge, welche für 1 Grad Temperaturerhöhung erforderlich ist,	
		pro 1 kg	pro 1 cbm 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 Thatfache hervor, daß zwar die spezifische Wärme der Backsteine und diejenige der Kalksteine fast gleich sind, so fern dieselbe auf die Gewichtseinheit bezogen wird, dagegen letztere für gleichen Raum bei Weitem mehr Wärme für eine gleiche Temperaturerhöhung beanspruchen, als erstere. Aus dem Schwanken der einzelnen Werthe folgt ferner, daß für eine Zahl von Stoffen eine genaue Rechnung erst dann möglich ist, wenn man die spezifische Wärme des gerade in Frage kommenden Stoffes vorher bestimmt.

Diejenige Wärmemenge, welche während des Anheizens zur Erwärmung der Wände etc. 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 bei dem 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 Wärmeeuffpeicherungsvermögen der Wände für das Anordnen von Heizungsanlagen Schwierigkeiten bietet, gewährt dasselbe in anderer Richtung nicht unwesentliche Erleichterungen. Ich erwähne hier nur, dass bei Berechnung der Heizanlage für gut ausgeführte Steingebäude wegen des Wärmeeuffpeicherungsvermögens der Massen nicht die niedrigste der vorkommenden Wintertemperaturen, sondern höchstens die Durchschnittstemperatur des kältesten Tages in Ansatz zu bringen sind. Hierdurch vermindert sich der Temperaturunterschied ($T_1 - t_1$) oft erheblich.

e) Durchschnittliche Zahlenwerthe

zur Berechnung des Wärmeeustausches durch Wände, Decken etc.

I. Coefficienten k (in Wärmeeinheiten für 1 qm Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperaturunterschied) für die Wärmeüberführung lothrechter Wände.

1. Gemauerte, dem Freien zugekehrte Wände.
(Vergl. Art. 59, S. 52.)

Wandstärke in Met.	k			
	Backsteinmauern.		Bruchsteinmauern.	
	F. *	R. *	F. *	R. *
0,14	2,31	—	—	—
0,27	1,66	—	—	—
0,30	—	1,80	2,45	2,00
0,40	1,27	1,37	2,12	1,63
0,50	—	1,17	1,87	1,36
0,53	1,03	—	—	—
0,60	—	1,00	1,68	1,16
0,66	0,86	—	—	—
0,70	—	0,87	1,52	1,01
0,79	0,74	—	—	—
0,80	—	0,77	1,39	0,90
0,90	—	0,70	1,28	0,81
0,92	0,66	—	—	—
1,00	—	0,63	1,18	0,73
1,05	0,59	—	—	—

2. Gemauerte Scheidewände.

Wandstärke in Met.	k	
	Backsteinmauern.	Bruchsteinmauern.
0,14	2,20	—
0,27	1,62	2,14
0,40	1,23	1,74

3. Beiderseitig geputzte Holz-
Scheidewände.

Einfache Bretterwand $k = 1,5$.
Doppelte hohle Holz wand $k = 0,9$.

4. Dem Freien zugekehrte Thüren.

Dicke der Thüren in Centim.	k	
	Eichenholz.	Tannenholz.
2	2,92	2,24
4	2,2	1,5

5. Dem Freien zugekehrte Fenster.

Einfache Fenster $k = 5$.

Doppelfenster $k = 1,77$.

II. Coefficienten k (in Wärmeeinheiten für 1 qm Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperaturunterschied) für die Wärmeüberführung von Decken und Oberlichtern.

Einfache ungeputzte Bretterdecken, unter denselben die wärmere Luft $k = 2$

Decken nach Art der Fig. 44 (S. 54), unter denselben die wärmere Luft $k = 0,5$

Decken nach Art der Fig. 44 (S. 54), über denselben die wärmere Luft $k = 0,3$

Decken nach Art der Fig. 45 (S. 55), unter denselben die kältere Luft $k = 0,71$

Einfache wagrechte Fenster (Oberlichter), unter denselben die wärmere Luft $k = 5,4$

Doppelfenster, desgl. $k = 2,6$.

* Vergl. Art. 59, S. 52.

III. Gebräuchliche Temperaturen.

Für Treibhäuser	$T_1 = 20$ bis 25 Grad.
» Wohnräume, Warmhäuser, Sitzungsfäle, Hörfäle, Zeichenfäle etc.	$T_1 = 17$ » 20 »
» Tanzfäle	$T_1 = 15$ bis 18 Grad.
» Kirchen und Kalthäuser	$T_1 = 10$ » 15 »
» Synagogen	$T_1 = 15$ » 20 »

Für die Temperatur des Freien ist in Ansatz zu bringen:

Bei Treibhäusern, Warmhäusern und ähnlichen Bauwerken, in deren Wänden etc. nur wenig Wärme gesammelt wird: die niedrigste der vorkommenden Wintertemperaturen = t_1 .

Bei kräftigen Steinbauten: die mittlere Temperatur des kältesten Tages = t_1 .

IV. Zuschläge zu den Temperaturunterschieden ($T_1 - t_1$), wenn die Räume erwärmt werden sollen.

1. Ueber der Decke befindet sich ein ungeheizter Raum, dessen niedrigste Temperatur zu 0 Grad angenommen wird: Zuschlag = + 20 Grad.
2. Der Raum über der Decke wird regelmäsig geheizt: Zuschlag = + 25 Grad.
3. Der Raum unter der Decke wird nicht geheizt: Zuschlag = 0 Grad.
4. Der Raum unter der Decke wird regelmäsig geheizt: Zuschlag = - 20 Grad.
5. Für lothrechte Wände, so fern die Zimmerhöhe 3m nicht übersteigt: Zuschlag = 0 Grad.
6. Für lothrechte Wände der Zimmer, welche höher sind, als 3m: Zuschlag = 0,5 bis 0,15 ($T_1 - t_1$) für jedes überschießende Meter Zimmerhöhe.
7. Für das Anheizen: Zuschlag = 0,1 bis 0,25 ($T_1 - t_1$).

V. Einige andere mittlere Werthe von k .

Stündliche Wärmeüberführung für 1 Grad Temperaturunterschied und 1qm 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 Isherwood
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 .	

f) Wärmemenge, welche der frischen Luft zuzuführen oder zu entziehen ist.

Wie weiter unten angegeben werden wird, führt man in einzelnen Fällen die frische Luft mit denjenigen Temperaturen in die Zimmer, welche in diesen herrschen. Alsdann steht der Luftwechsel aufser aller Beziehung zu dem Wärmebedarf. Besondere Heiz- oder Kühlflächen sorgen für Hervorbringung der entsprechenden Lufttemperatur; sie haben einen Wärmeaustausch zu vermitteln, der, wenn die Temperatur des betr. Raumes mit T_1 , diejenige der freien Luft mit t_1 und die stündlich zugeführte Luftmenge (in Kilogr.) mit \mathcal{Q} bezeichnet wird, nach der Formel:

$$W_{\mathcal{Q}} = \mathcal{Q} \cdot 0,24 (T_1 - t_1) \dots \dots \dots 41.$$

zu berechnen ist.

Weit häufiger wird der zugeführten frischen Luft eine solche Temperatur gegeben, das sie gleichzeitig die erforderliche Wärmezufuhr, bezw. Wärmeabfuhr allein

73.
Ermittlung
der Wärme-
menge.

zu vermitteln hat. Alsdann ist der früher berechneten Wärmemenge die durch Formel 41. ausgedrückte hinzu zu zählen, und zwar nach Umständen im positiven oder negativen Sinne, um diejenige Wärmemenge zu gewinnen, welche von den betreffenden Heiz- oder Kühlflächen auszuwechselfn ist.

Endlich ist der Fall zu erwähnen, daß der frischen Luft zwar an besonderen Flächen eine höhere oder niedrigere Temperatur, als diejenige des Freien gegeben wird, nicht aber eine solche, die in dem betreffenden Raume herrschen soll, dessen Wärmeaustausch durch eigene Heiz- oder Kühlflächen vermittelt wird. Das in diesem Falle anzuwendende Rechnungsverfahren ist so leicht zu übersehen, daß ich für überflüssig halte, dasselbe hier weiter zu erörtern.

2. Kapitel.

Luftverunreinigung und Unschädlichmachen derselben.

a) Quellen der Luftverunreinigung.

In Art. 47, S. 40 wurde schon auf die Quellen der Luftverunreinigung hingewiesen, und zwar zunächst auf die Gasentwicklungen, welche der thierische Stoffwechsel im Gefolge hat. Die Gas-, bezw. Dampfentwicklungen sind sehr verschiedener Art, indem sowohl der Athmungsvorgang, als die Ausdünstung der Haut und auch andere Ausscheidungen des thierischen Körpers der umgebenden Luft nicht unbedeutende 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.

74.
Quellen.

Die den genannten beiden Quellen entstammenden Gas- und Dampfmen gen lassen sich zum Theil 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 übelriechender, zum Theil nicht athembarer Gase. Die dem Freien zu entnehmende frische Luft ist häufig mit erheblichen Staubmengen behaftet, welche organischen — herftammend von den Excrementen der Pferde etc. — oder unorganischen Ursprungs sind. Häufig wird es nothwendig, immer aber wünschenswerth sein, diese Staubtheile von der Luft zu trennen, bevor dieselbe 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 Gasausscheidungen der Lungen bestehen der Hauptfache nach aus Kohlen säure und Wasserdampf; diejenigen der Oberfläche des thierischen Körpers sind zu-

75.
Menschlicher
Stoffwechsel.

fammengesetzterer Natur; sie bestehen vorwiegend aus Wasserdampf, enthalten aber nicht selten die Zersetzungsergebnisse 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 Maß der Luftverunreinigung anzunehmen, unter der allerdings nicht immer zutreffenden Voraussetzung, daß die übrigen Verunreinigungen im geraden Verhältniß 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.

76.
Kohlenäure-
Entwicklung.

Nach den Versuchen und Angaben von *Pettenkofer* und *Voit*²³⁾, so wie *Scharling* und *Breiting*²⁴⁾ darf man im Durchschnitt auf folgende stündlich entwickelte Kohlenäuremengen rechnen:

für einen erwachsenen Mann	40 Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling	34 »
» eine Jungfrau (<i>approximat.?</i>)	28 »
» ein Kind	22 »

Diese Zahlen entsprechen, wie schon angegeben, Durchschnittswerthen und werden vielfach über- und unterschritten, je nach den Ernährungs- und Bewegungsverhältnissen des Menschen.

77.
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 Feuchtigkeitsmengen 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 Hautoberfläche bedeckt. Wie bereits oben bemerkt, steht hiermit die Art der Entwärmung des menschlichen Körpers in unmittelbarer Beziehung, indem demselben 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 Feuchtigkeitsgehalte der Luft genannt werden können. Sie dürften stündlich betragen:

für einen erwachsenen Mann	100 Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling	80 »
» » Jungfrau	65 »
» ein Kind	50 »

78.
Gas-
beleuchtung.

Die Kohlenäuremengen, welche die Gasbeleuchtung liefert, wurden schon unter A. Kap. 1: Gasbeleuchtung (Art. 28, S. 20) genannt. Im Durchschnitt dürfte dieselbe für 1 cbm verbrannten Leuchtgases mit 1,3 kg in Rechnung gesetzt werden müssen.

²³⁾ Zeitfchr. f. Biologie. Bd. 2, S. 546.

²⁴⁾ LEHMANN, C. G. Handbuch der physikalischen Chemie. Leipzig 1854. Bd. 3, S. 320.

Gleichzeitig wird durch die Verbrennung des Leuchtgases Wasserdampf entwickelt 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 Allgemeinen gleich zu setzen ²⁵⁾.

Wenn man auch, als dem Bedürfnisse entsprechend, sich begnügt, lediglich die Kohlen säuremengen, die dem Stoffwechsel entstammen, zum Maßstabe der gesammten Luftverunreinigung anzunehmen, so dürfte es doch nicht gerechtfertigt sein, die von der künstlichen Beleuchtung herstammende Kohlen säure eben so zu behandeln. Dieselbe ist zwar auch von Gasen begleitet, welche die Luft verunreinigen, indessen keineswegs in demselben Verhältniss, als die dem Stoffwechsel entstammende Kohlen säure. Meiner Ansicht nach sollte man deshalb die Kohlen säure der künstlichen Beleuchtung nur zum Theil in Rechnung ziehen.

Die vielfältigen Gase und der Staub, den die Vermoderung von Möbeln, Kleidern etc. und die Benutzung derselben erzeugen, können nicht in Zahlen genannt werden. Man berücksichtigt dieselben gleichsam, indem man annimmt, dass sie im geraden Verhältniss zu derjenigen Luftverunreinigung stehen, welche dem menschlichen Körper entstammen.

Die Kohlen säure selbst ist für den Menschen nicht schädlich, so fern nicht sehr große Mengen derselben der Luft beigemischt sind; man hält vielmehr die sie begleitenden, 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 Kohlen säure als Maßstab der Luftverunreinigung zu benutzen. In diesem Sinne verlangt *v. Pettenkofer*, dass 1 cbm Luft höchstens 1^l, möglichst aber nur 0,7^l Kohlen säure 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* ²⁶⁾ auf die Einseitigkeit aufmerksam, welche zur Begründung jener Zahlenangaben geführt hat. Indem derselbe zugiebt, dass mit zunehmendem Kohlen säuregehalt die Athembarkeit 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 Kohlen säuregehalt 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 Verhält-

79.
Sonstige
Verunrei-
nungen.

80.
Zulässiger
Kohlen säure-
gehalt.

²⁵⁾ Vergl. ERISMANN. Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung etc. Zeitschr. f. Biologie 1876, S. 315.

²⁶⁾ Vergl. Civiing. 1877, S. 355.

niffe 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, ihre absolute Richtigkeit aber zu bestritten. (Vergl. S. 1 und 2, so wie Art. 87, S. 74.)

b) Messen der Luftbeimischungen.

81.
Messen
der
Kohlenäure.

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 etc. einzugehen, zumal dasselbe, um zuverlässig zu sein, von der Hand eines geübten Chemikers ausgeführt werden muß. Hierzu kommt noch die Thatsache, daß man die Gasbeimischungen nur in besonderen Fällen zu bestimmen hat, so daß ich mich begnüge, auf die unten genannte Quelle hinzuweisen²⁷⁾.

82.
Messen
des
Wasserdampfes.

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 wurde, sind Meßeinrichtungen 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, bezw. 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 aufnehmen 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 Thaupunkttemperatur; 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 befreit 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 an Ort derselben eine Abkühlung erfolgt, die sich um so mehr fühlbar macht, je größere Wärmemengen gebunden werden, bezw. 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 Gesagten kaum hervorgehoben zu werden, daß nur unter bestimmten Voraussetzungen, die schwer zu erfüllen sind, gleichartige Ergebnisse gewonnen werden können.

²⁷⁾ FISCHER, F. Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880. S. 180.

Das auf dem angeführten Gedanken beruhende, 1829 von *August* erfundene, Pfychrometer genannte Geräth muß in Folge dessen für die Zwecke der Heizung und Lüftung ebenfalls als unbrauchbar bezeichnet werden.

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 zu dem 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 oben ausgesprochenen Gedanken begründeten Apparates, welcher in der unten angegebenen Quelle ²⁸⁾ beschrieben ist. •

Endlich sind die hygroskopischen Eigenschaften organischer Körper, 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 Strohfäden etc. Das Verhalten der in Rede stehenden organischen Körper 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 Hygroskope keine zuverlässige Auskunft über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu geben vermögen.

Am empfehlenswertheften dürfte das von *Kopp* verbesserte *Saussure'sche* Hygroskop ²⁹⁾ sein, und zwar deshalb, weil dasselbe auch von einem Laien eingestellt und angenähert geprüft werden kann.

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.

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 Filtriren 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, sonach ein genaues Messen der Staubmengen keinen besonderen Werth hat.

83.
Messen
staubförmiger
Beimengungen.

Literatur

über »Luftverunreinigung« und »Messen der Luftbeimischungen«.

- BREITING, C. Die Luft in Schulzimmern. Deutsche Vierteljahrschr. f. öff. Gesundheitspflege 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.
JANES, C. H. Ueber die Beschaffenheit der Luft in Schulen und Arbeitsräumen. *Sanitarian.* Vol. 1, S. 35.
OIDTMANN, H. Untersuchungen der Luft in geschlossenen Räumen. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öffentl. Gesundheitspf. 1873, S. 211.

²⁸⁾ Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilations-Anlagen der städtischen Schulgebäude Berlins. Berlin 1879. S. 52.

²⁹⁾ Dasselbe wird später mit dem *Rietchel'schen* Luftanfeuchter beschrieben werden.

- Refultate der am 26. Mai 1874 im Marinelazareth zu Kiel ausgeführten Unterfuchungen auf den Kohlenfäuregehalt 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. Refultate der Unterfuchung der Luft in verschiedenen Claffen der Nordhäuser Schulen. Thüring. ärztl. Corr.-Bl. 1875, S. 4.
- LUNGE, G. Zur Frage der Ventilation mit Befchreibung des minimetrischen Apparates zur Bestimmung der Luftverunreinigung. Zürich 1876.
- HUDELO. Ueber die Veränderungen der Zimmerluft durch Leuchtgasheizung. *Annales d'hyg.* 1876, S. 528.
- ERISMANN, F. Unterfuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung und über die Vertheilung der Kohlenfäure in gefchlossenen Räumen. Zeitschr. f. Biologie 1876, S. 315.
- HESSE. Zur Bestimmung der Kohlenfäure in der Luft. Zeitschr. f. Biologie 1877, S. 395; 1878, S. 29.
- VOGLER. Ueber Luftverderbnifs und deren Ermittlung. Schaffhaufen 1878.
- Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den städtischen Schulgebäuden in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magiftrats zu Berlin. Berlin 1879.
- SCHOTTKY, A. Luftunterfuchungen in Schulzimmern. Zeitschr. f. Biologie 1879, S. 505.
- WALLIS, C. Ueber die verschiedenen Methoden der Kohlenfäurebestimmung in der Luft für hygienische Zwecke. Hygiea 1879, S. 585.
- HESSE, W. Anleitung zur Bestimmung der Kohlenfäure in der Luft, nebst einer Befchreibung des hierzu nöthigen Apparates. Vierteljahrschr. f. ger. Medicin 1879, S. 357.
- REMSEN. Vorläufiger Bericht über die Unterfuchungen betr. der besten Methode, um die Menge der organischen Stoffe in der Luft zu bestimmen. *Nat. board of health bull.* Vol. 1, S. 233.
- Unterfuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden zu Darmstadt. Darmstadt 1880.
- WERNICH, A. Ueber verdorbene Luft in Krankenhäusern. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 77.

c) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen.

84.
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 Nafenöffnung mit genetzten Tüchern oder Aehnlichem bedeckt; man beseitigt die schädlichen Gase und Dämpfe, bevor dieselben der zu athmenden Luft sich beifischen; man verdünnt dieselben in dem Masse mit reiner Luft, dafs sie nicht mehr schädlich einwirken können.

Die erstgenannten 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 beifischen.

85.
Anwendbarkeit
dieses
Verfahrens.

Von diesem Verfahren, welches an sich als das zweckmäfsigste und wirksamste bezeichnet werden muß, wird vielfach Gebrauch gemacht. Eine grofse 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 etc. in dicht verschlossenen Gefäfsen oder Räumen, die mit einem geeigneten Abzugsrohr versehen sind, sich entwickeln, während besondere Einrichtungen die Beobachtung des betreffenden Vorganges gestatten, ohne dafs ein Mensch in den fraglichen Raum einzutreten hat. Ist ein solches Verfahren nicht zulässig, so werden Gase, Dämpfe und Staub abgesaugt, indem unter einem Rauch-, Qualm- oder Dampf-fang oder einem ähnlichen Gebilde, oft in Umhüllungen, welche nur kleine Arbeits-

und Beobachtungsöffnungen haben, die Luft in dem Maße verdünnt wird, daß 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 Lebensvorgänge entspringenden Gase und Dämpfe frei in den Raum ausfließen müssen, wenn man die Beweglichkeit der Menschen nicht auf das Empfindlichste beeinträchtigen will. Selbst bei Kranken dürfte die Anbringung von Abfugeschirmen — die vorgeschlagen sind — in solchem Maße beengend und beunruhigend wirken, daß diese die Genesung mehr hemmen als fördern würden.

Die Verunreinigungen, welche durch die Beleuchtungsflammen entstehen, lassen sich indeffen in den meisten Fällen vermeiden, indem die betreffenden Gase sofort nach ihrer Entstehung in geeigneten Rohren abgeleitet werden. Da diese Gase eine hohe Temperatur besitzen, so bedarf es nur einer zweckmäßigen Anlage der genannten Rohre, 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. 1: Gasbeleuchtung (Art. 28, S. 20) sind bereits einschlägige Angaben gemacht und hierher gehörige Constructionen beschrieben worden; in Betreff der Berechnung der erforderlichen Maße, so wie in Betreff der besonderen Einrichtungen an Sonnenbrennern etc. verweise ich auf das weiter unten (Kap. 6) 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 Theile Sauerstoff und Wasserdunst — zusammengesetzt, sondern enthält zahlreiche andere Gase beigemischt, welche mehr oder weniger als Verunreinigungen der Luft aufgefaßt werden müssen. Sie rühren her von den Vorgängen, welche Gas 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 Atmosphäre 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 Raum vertheilt, demgemäß 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 statt vermöge der Wirbelbewegungen derselben. Der Staub ist daher mehr örtlicher Natur, als die oben genannten Gase. Staubtheile pflanzlichen Ursprungs werden je-

$$Q_d = Q \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} = Q_2 \frac{S_1}{S_1 + S_2} \dots \dots \dots 45.$$

Auf Grund der Gleichungen 43., 44. und 45. find 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 Queckfilberfüle angenommen. Die Spannung S_2 des Wasserdampfes, so wie das Gewicht Q_2 desselben ist für die hier in Frage kommenden Temperaturen in der folgenden Tabelle enthalten. Das Gewicht der trockenen atmosphärischen Luft berechnet sich, da dieselbe bei 0 Grad und 760 mm Barometerstand 1,293187 kg wiegt und dieselbe sich für jeden Grad der Temperaturerhöhung um $\alpha = 0,003665$ des Raumes ausdehnt, zu

$$Q_1 = \frac{1,293187}{1 + 0,003665 t} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}, \dots \dots \dots 46.$$

wenn t die Temperatur derselben bezeichnet. Die bereits angezogene Tabelle enthält das Gewicht Q_d des in 1 cbm gefättigter Luft enthaltenen Wasserdampfes in abgerundeten Zahlen.

Temperatur t	1 cbm trockene Luft wiegt bei 760 mm Spannung $= \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}$	Spannung des Wasser- dampfes	1 cbm Wasser- dampf wiegt	1 cbm mit Wasserdampf gefättigter Luft		
				enthält		wiegt
				Luft	Wasserdampf	
-20	1,399	0,93	1,06	1397,3	1,059	1398,359
-15	1,372	1,40	1,39	1369,5	1,387	1370,9
-10	1,346	2,09	2,30	1345,5	2,29	1347,3
-5	1,321	3,11	3,36	1315,6	3,35	1318,9
0	1,297	4,60	4,89	1289	4,36	1294
3	1,284	5,69	5,98	1274	5,93	1280
5	1,274	6,53	6,31	1263	6,75	1270
7	1,265	7,49	7,77	1253	7,69	1260
9	1,256	8,57	8,82	1242	8,72	1251
10	1,252	9,16	9,38	1237	9,27	1246
11	1,247	9,79	9,99	1231	9,86	1241
12	1,243	10,46	10,62	1226	10,48	1236
13	1,238	11,16	11,31	1220	11,14	1231
14	1,234	11,91	12,03	1215	11,84	1227
15	1,229	12,70	12,80	1209	12,59	1221
16	1,225	13,15	13,58	1204	13,34	1217
17	1,221	14,42	14,42	1198	14,15	1212
18	1,217	15,36	15,13	1193	14,83	1208
19	1,212	16,35	16,25	1186	15,91	1202
20	1,208	17,39	17,22	1181	16,33	1198
21	1,204	18,49	18,25	1175	17,31	1193
22	1,200	19,66	19,36	1170	18,57	1189
23	1,196	20,89	20,49	1164	19,94	1184
24	1,192	22,18	21,58	1158	20,96	1179
25	1,188	23,55	22,94	1152	22,25	1174

Grad C.

Kilogr.

Millim.

Gramm.

Temperatur t	1 cbm trockene Luft wiegt bei 760 mm Spannung $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}$	Spannung des Wasser- dampfes	1 cbm Wasser- dampf wiegt	1 cbm mit Wasserdampf gefättigter Luft		
				enthält		wiegt
				Luft	Wasserdampf	
26	1,184	24,99	24,25	1146	23,47	1170
27	1,180	26,50	25,67	1140	24,80	1165
28	1,176	28,10	27,08	1134	26,11	1160
29	1,172	29,78	28,61	1128	27,53	1155
30	1,168	31,55	30,21	1121	29,01	1150
32	1,161	35,36	33,64	1109	32,14	1141
34	1,153	39,56	37,40	1096	35,55	1131
36	1,146	44,20	41,53	1083	39,25	1122
38	1,138	49,30	46,00	1069	43,20	1112
40	1,131	54,91	50,92	1055	47,49	1102
45	1,114	71,39	65,21	1018	59,61	1078
50	1,096	91,98	82,66	978	73,73	1052
60	1,063	148,79	129,71	889	108,75	998
Grad C.	Kilogr.	Millim.		Gramm.		

89.
Zweckmäsigster
Feuchtigkeits-
gehalt.

Was die Frage über den zweckmäsigsten Feuchtigkeitsgehalt betrifft, so ist dieselbe keineswegs als genügend geklärt anzusehen.

Thatfache ist, das 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 nachgewiesen³⁰⁾. Wir wissen dagegen, das eine reichlich mit Wasserdampf gefättigte Luft (Gewitterluft, diejenige schlecht gelüfteter, stark besetzter Versammlungssäle, Theater etc.) für uns unbehaglich ist. Das ist aber die Gesamtheit dessen, was wir in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft wirklich wissen. Vielleicht ist die Mangelhaftigkeit unserer Feuchtigkeitsmesser die Ursache für diese Unsicherheit³¹⁾. Aus der Vielseitigkeit der Ansichten vermag man nur zu entnehmen, das der Feuchtigkeitsgehalt nicht unter 25 Procent und nicht über 75 Procent betragen soll.

90.
Ermittelung
d. erforderl.
Luftwechsels.

β) Gröfse des Luftwechsels. Wenn festgestellt ist, welcher Kohlenäuregehalt zugelassen werden soll und welche Kohlenäuremengen in dem betr. Raume entwickelt werden, so kann man auf folgendem Wege rechnungsmäsig den erforderlichen Luftwechsel bestimmen.

Es sei:

³⁰⁾ *Lafus* erwähnt in seinem lefenswerthen Schriftchen: »Warmflutheizung mit continuirlicher Feuerung«, das in dem namentlich für Lungenkranke heilsamen Luftkurort Davos der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur 25 Procent betrage, und das in seinem Haufe, dessen Luft während des Winters felten mehr als 35 Procent Feuchtigkeit enthielt, sich eine kranke Dame wohler fühlt, »als in der früher geathmeten feuchteren Luft.«

Im Gebäude der technischen Hochschule zu Hannover, welche sehr stark gelüftet wird, so das — 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.

³¹⁾ In meinem Arbeitszimmer befinden sich 4 Stück sorgfältig gepflegter Hygrometer, nämlich je eines von *Kopp* und von *Rietchel* (nach *Saussure*), von *Klinkerfues* und von *Wolpert*. Das eine derselben will mir beweisen, das der Feuchtigkeitsgehalt meiner Zimmerluft 59,6 Procent, das andere behauptet dagegen, das derselbe nur 40,4 Procent betrage; die beiden anderen geben Mittelwerthe, die jedoch nicht unter einander gleich find.

L die Luftmenge (in Cub.-Met.), welche stündlich aus dem Freien zugeführt werden muß,

\mathcal{F} der Inhalt des in Frage stehenden Raumes (in Cub.-Met.),

Z die Zeit (in Stunden) und zwar Z_1 die Zeit des Anfangs, Z_2 diejenige des Endes des in Frage kommenden Vorganges,

σ der Kohlenfäuregehalt der Luft, und zwar σ_1 und σ_2 derjenige zu Anfang, bezw. am Ende des Vorganges im Raume vorhandene, σ_0 derjenige der freien Luft,

C die Kohlenfäuremenge (in Cub.-Met.), welche stündlich im Raume entwickelt wird.

Es ist alsdann die Aenderung des Kohlenfäuregehaltes in der Zeit dZ gleich $d\sigma$, und die Zu- oder Abnahme der Kohlenfäuremenge gleich $\mathcal{F} d\sigma$. Sie wird hervorgebracht durch die Entwicklung, bezw. Zuführung von $L\sigma_0 \cdot dZ + C \cdot dZ$ Cubik-Meter und die Abführung von $L \cdot dZ + C \cdot dZ$ Cubik-Meter Luft, welche enthält $\sigma(L+C) dZ$ Cubik-Meter Kohlenfäure.

Sonach ist:

$$\mathcal{F} d\sigma = L\sigma_0 \cdot dZ + C \cdot dZ - \sigma(L+C) dZ$$

$$\mathcal{F} d\sigma = -[\sigma(L+C) - L\sigma_0 - C] dZ \quad \dots \quad 47.$$

und

$$\int_{\sigma_2}^{\sigma_1} \frac{d\sigma}{\sigma(L+C) - L\sigma_0 - C} = - \int_{Z_2}^{Z_1} \frac{dZ}{\mathcal{F}} \quad \dots \quad 48.$$

$$Z_2 - Z_1 = \frac{1}{L+C} \left[\log. \text{nat.} \left\{ \sigma_1(L+C) - L\sigma_0 - C \right\} - \log. \text{nat.} \left\{ \sigma_2(L+C) - L\sigma_0 - C \right\} \right] \mathcal{F}$$

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{F} \frac{1}{L+C} \log. \text{nat.} \frac{\sigma_1(L+C) - L\sigma_0 - C}{\sigma_2(L+C) - L\sigma_0 - C} \quad (\text{Formel von Seidel}) \quad \dots \quad 49.$$

Dieselbe läßt sich ohne Weiteres zur Bestimmung von $Z_2 - Z_1$, bezw. L benutzen, wenn $C = 0$ ist, wenn also keine Kohlenfäure entwickelt, mit anderen Worten der betreffende Raum nicht benutzt, aber doch gelüftet wird. Es ist sodann

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{F} \frac{1}{L} \log. \text{nat.} \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0}, \quad \dots \quad 50.$$

d. h. man findet die Anzahl Stunden, innerhalb welcher bei Anwendung einer Lüftungsmenge L der Kohlenfäuregehalt von σ_1 zu σ_2 verändert wird. Eben so erhält man die Luftmenge L , welche in einer bestimmten Zeit $Z_2 - Z_1$ die entsprechende Wirkung hervorbringt, zu

$$L = \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{nat.} \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0} \quad \dots \quad 51.$$

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

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{F} \frac{1}{L} 2 \frac{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C - \sigma_2 L + \sigma_0 L + C}{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C + \sigma_2 L - \sigma_0 L - C}$$

$$Z_2 - Z_1 = 2 \frac{\mathcal{F}}{L} \frac{L(\sigma_1 - \sigma_2)}{(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\sigma_0)L - 2C}$$

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{F} \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0\right)L - C}$$

$$\text{und } \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0 \right) L - C = \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\sigma_1 - \sigma_2), \text{ fönach}$$

$$L = \frac{\frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\sigma_1 - \sigma_2) + C}{\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0} \text{ (Formel von Kohlräufch) . . . 52.}$$

Für den befonderen, aber meistens vorliegenden Fall, daß der Kohlenfäuregehalt der Luft im gelüfteten Raume unverändert bleiben, fönach $\sigma_1 = \sigma_2 =$ kurzweg σ fein foll, vereinfacht fich die Formel in

$$L = \frac{\frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \sigma + C}{\sigma - \sigma_0} \text{ oder}$$

$$L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0} \text{ 53.}$$

Denfelben Ausdruck gewinnt man auf geradem Wege, indem man bedenkt, daß im Beharrungszustande der Kohlenfäuregehalt σ gleich fein 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} , alfo der Cubikinhalte des zu lüftenden Raumes ift hienach ohne Einfluß auf die erforderliche Luftmenge, fobald der Beharrungszustand eingetreten ift. Bezeichnet man mit \mathcal{Q} die ftündlich erforderliche Luftmenge (in Kilogr.), mit A die ftündlich im Raum frei werdende Kohlenfäuremenge (in Kilogr.) und mit η , bezw. η_0, η_1, η_2 den Kohlenfäuregehalt der Luft (dem Gewicht nach), endlich $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}$ das Gewicht von 1 cbm Luft des Raumes \mathcal{F} bei der Temperatur t derfelben (in Kilogr.), fo werden die Formeln 50., 51., 52. und 53. zu den anderen:

$$Z_2 - Z_1 = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{Q}} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \text{ 50a.}$$

$$\mathcal{Q} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \text{ 51a.}$$

$$\mathcal{Q} = \frac{\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + A}{\frac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0}, \text{ 52a.}$$

$$\mathcal{Q} = \frac{A}{\eta - \eta_0} \text{ 53a.}$$

Man hat geglaubt, auf Grund diefer Formeln den thatfächlich stattfindenden Luftwechfel meffen zu können, indem man z. B. die beobachteten $z_2, z_1, \sigma_0, \sigma_1, \sigma_2$ und C , bezw. η_0, η_1, η_2 und A in die Formeln 36., bezw. 36a. einsetzte. Diese Meinung ift jedoch nur in befchränktem Mafse richtig, indem die Einfchließungsflächen der von Menfchen benutzten Räume nicht dicht find, in Folge weffen fich gröfsere oder geringere Mengen der verfchiedenen Gafe, je nach ihrer Art und ihrem Auftreten, in den Poren der Wandflächen verdichten. Die Formeln 51., 51a., 52., 52a. laffen fich dagegen verwenden, um annähernd die Luftmengen zu beftimmen, welche zur Verdünnung der Verunreinigungen erforderlich find, fo fern während der Benutzung des Raumes nicht gelüftet werden foll, was gerechtfertigt fein kann, fobald der betreffende Raum nur zeitweife, und dann nur für kurze Dauer Menfchen aufzunehmen hat, bezw. andere luftverunreinigende Vorgänge in ihnen stattfinden. Ein folches Verfahren des Lüftens ift um fo mehr in einzelnen Fällen verftändig, als, wie bereits erwähnt, in den Wänden, in den Möbeln etc.

sich erhebliche Mengen verunreinigender, übelriechender Gase zu verdichten vermögen, die nachträglich durch frische Luft gleichsam ausgepült 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 53., bzw. 53_a. zur Bestimmung der zuzuführenden Luftmengen benutzen. Soll z. B. die Zunahme des Kohlenäuregehaltes (vergl. Art. 87, S. 74) höchstens 0,6 Gewichtstheile auf 1000 Theile Luft betragen, so nach $\eta - \eta_0 = \frac{0,6}{1000}$ fein, so wird für einen erwachsenen Menschen, da derselbe (vergl. Art. 76, S. 68) im Durchschnitt stündlich 40 g = 0,04 kg Kohlenäure entwickelt, eine Luftmenge:

$$Q = \frac{0,04}{\frac{0,6}{1000}} = 66,6 \text{ Kilogr.}$$

oder, bei einer Temperatur von 20 Grad, so das 1 cbm = 1,2 kg wiegt,

$$L = \frac{66,6}{1,2} = 55,5 \text{ Cub.-Met.}$$

erforderlich.

In Anbetracht jedoch, das der Kohlenäuregehalt lediglich ein Mafstab fein soll für die Verunreinigungen, welche die Luft enthält, in Erwägung, das dieser Mafstab nur unter gleichen Umständen in geradem Verhältnisse zu den eigentlich verunreinigenden Gasen steht, dürfte es zweckmäfsig fein, die Luftmengen für jede einzelne Person, bzw. andere Quelle der Luftverunreinigung anzunehmen, die vorhin angeführte Rechnung also zu unterlassen, dieselbe vielmehr nur in so weit zu verwenden, als die vier Formeln 51., 51_a., 52. und 52_a. hierzu in bereits erwähnter Weise Veranlassung geben.

Ein solches Verfahren ist eben so genau, als das auf die Formeln 53., bzw. 53_a. begründete, da es die Berücksichtigung der Umstände, unter welchen die Gasausscheidungs-Quellen auftreten, in eben demselben Mafse gestattet; es ist aber weit übersichtlicher und führt deshalb rascher zum Ziele. Man wird, aus schon ange deuteten 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, bzw. die Fenster öffnet, sobald der Raum nicht benutzt wird — bei kürzerer Dauer der Benutzung.

Da die uns unbekanntem Gase und Dünste am unheimlichsten erscheinen, indem dieselben am wenigsten Vertrauen verdienen, sobald sie von einem Kranken ausgestofsen 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, das von jeder Person überhaupt grössere Mengen gefährlicher oder doch unangenehmer Gase frei werden. Auf der anderen Seite ist zu beachten, das durch Wachsen der Luftgeschwindigkeit die schädlichen Einflüsse des »Zuges« wachsen. Unter denselben Umständen wird aber die Luftgeschwindigkeit um so grösser fein, je kleiner die für jeden Kopf vorhandene Grundfläche des betreffenden Raumes ist; so nach 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 zusammengestellt, welche die stündlich erforderliche Luftmenge nennt. Für in dieser Tabelle nicht genannte Fälle (wie z. B. für Wohnräume etc.) wird man, unter Berücksichtigung der sie begleitenden Umstände, ohne Schwierigkeit auf Grund der früheren Erörterungen und der Tabelle zutreffende Zahlenwerthe gewinnen können.

91.
Bestimmung
der
zuzuführenden
Luftmenge.

92.
Erforderl.
Luftmenge.

Benennung der Quellen.	Stündlich erforderliche Luftmenge ℔.
Für jeden gewöhnlichen Kranken	60 bis 80
» » Verwundeten oder jede Wöchnerin	80 » 120
» » Kranken bei Epidemien	120 » 180
» » Gefangenen	25 » 50
» » Kopf in Werkstätten, Cafernen, Schauspielhäusern, Versammlungsräumen, Hörfälen	25 » 50
» » Schüler oder jede Schülerin der höheren Classen	20 » 40
» » jüngeren Schüler oder jede jüngere Schülerin	15 » 30
» » Reifenden im Eifenbahnwagen	20 » 40
» « stündlich 100 ^l Gas verbrauchenden Gasbrenner	5 » 10
	Kilogr.

93.
Wasserdampf-
gehalt.

γ) Einfluss der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft. In dem man die in Rede stehenden Luftmengen durch den betreffenden Raum führt, beeinflusst man nicht allein den Kohlen säuregehalt, so wie den Gehalt an solchen Gasen, welche sich mit der Kohlen säure in gleichem Masse entwickeln sollen, sondern auch den Gehalt an Wasserdampf. Man kann zur Verfolgung des betreffenden Vorganges die Formeln 50_{a.}, 51_{a.}, 52_{a.} und 53_{a.} benutzen, wenn bedacht wird, dass der Dampfgehalt niemals grösser werden kann, als der Sättigung (vergl. Art. 88, S. 74) entspricht und dass die die Luft sättigende Dampfmenge mit der Temperatur sich ändert.

Nach Früherem (Art. 77 u. 78, S. 68 u. 69) wird der Zimmerluft von den Gasflammen und von den in dem Zimmer sich aufhaltenden Menschen fortwährend Wasserdampf zugeführt.

Es heisse das Gewicht (in Kilogr.) des Wasserdampfes, welches auf diesem Wege stündlich geliefert wird, w und bezeichne η_0 , η_1 und η_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 übersättigt werden kann, ohne Weiteres:

$$Z_2 - Z_1 = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{Q}} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \dots \dots \dots 50_b.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \dots \dots \dots 51_b.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + w \frac{\eta_1 - \eta_2}{2 - \eta_0}, \dots \dots \dots 52_b.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{w}{\eta - \eta_0}, \dots \dots \dots 53_b.$$

aus welchen Gleichungen die Zustandsänderung des Wassergehaltes abgeleitet werden kann.

Für den Beharrungszustand entsteht aus 53_{b.}:

$$\eta = \frac{w}{\mathcal{Q}} + \eta_0, \dots \dots \dots 54.$$

ein Ausdruck, welcher besagt, dass der Dampfgehalt der Luft im geschlossenen

Raume gleich ist desjenigen 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; g sei für jede Person zu 40 kg bestimmt, während jede Person 100 g Wasser verdunstet. Es ist alsdann:

$$w = 0,1; g = 40; \gamma_0 = 0,0007; \text{sonach } \gamma = 0,0032 \text{ kg.}$$

Die Luft von $+20$ Grad vermag 0,0168 kg Wasserdampf zu enthalten; folglich ist die vorliegende nur mit 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 35 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 die volle Sättigung erreicht, ja zur Ausscheidung von Wasser führt. Es entsteht, wenn Flächen vorhanden sind, die eine geringere Temperatur, als diejenige der Luft ist, haben, 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 meistens 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 versucht worden; in dem Folgenden mögen einige der hierher gehörenden Einrichtungen besprochen werden.

δ) 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 (Kap. 6, unter d.) 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 Luftleitungscanäle und auch in den Zimmern auf. Erstere Anordnung hat den Vortheil, daß verhältnismäsig kleine Wasserflächen eine reichliche Verdunstung zu vermitteln vermögen, indem das Wasser durch den Heizkörper erwärmt wird und mit der relativ trockensten Luft in Berührung kommt. In den Mündungen der Luftleitungscanäle 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 relativ trockener ist, als die Zimmerluft. Im Zimmer selbst angebrachte Wasserflächen müssen sehr umfangreich sein, um eine nennenswerthe Verdunstung zu veranlassen.

94.
Schwitzen
der
Wände etc.

95.
Be- und Ent-
feuchten
d. Luft.

96.
Befeuchten
der Luft.

97.
Regelung d.
Luftanfeuchtungs-

Eine Regel über die zweckmäßige Gröfse solcher Schalen ist nicht bekannt; thatsfächlich erhalten sie von den verschiedenen Constructeuren nicht allein an sich, sondern namentlich auch in so fern äufserst verschiedene Ausdehnungen, als ihr Platz in Frage kommt, so dafs es z. Z. unmöglich sein dürfte, auch nur annähernd zutreffende Angaben zu machen. Man hat nun, abgesehen von der grössten Leistung, nach dem früher Erörterten Rücksicht zu nehmen auf sehr verschiedene Verdampfungsmengen, je nachdem die Temperatur des Freien eine niedrigere oder höhere, der Feuchtigkeitsgehalt der Luft geringer oder gröfser und die Dampfung im geschlossenen Raume mehr oder weniger entschieden auftritt; es ist somit eine Regelung des Verdampfens erforderlich.

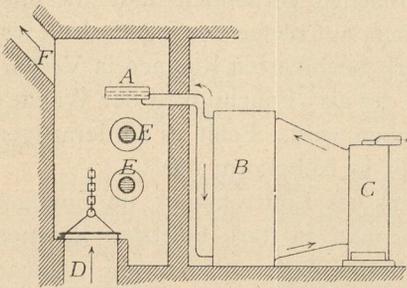
Die meisten Anlagen der vorliegenden Art sind ohne Rücksicht auf eine derartige Regelung ausgeführt; Seitens einzelner Heiztechniker ist jedoch an dieselbe gedacht worden.

98.
Luft-
anfeuchtungs-
Apparate.

Im Jahre 1876 stellte die »Anonyme Gesellschaft für Metallfabrikation zu St. Petersburg« in Brüssel eine Anordnung (in Abbildung) aus³²⁾, welche durch Fig. 51 ihrem Grundgedanken nach wiedergegeben ist.

Es bezeichnet *A* die flache, theilweise mit Wasser gefüllte Schale, die über den Heizrohren *E*, *E* aufgestellt ist. Letztere haben nur den Zweck, die frische, durch *D* zugeführte, durch *F* zu dem betreffenden Raum gelangende frische Luft zu erwärmen.

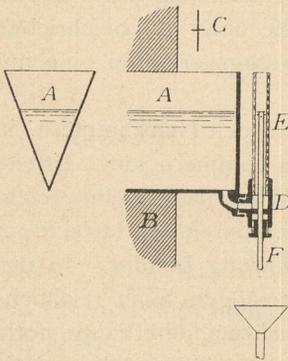
Fig. 51.



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 Verdunstungschale ebenfalls durch besondere Feuerung erwärmt wird. Ein kleiner, ausserhalb der Heizkammer aufgestellter Kessel, der mittels Umlaufrohren mit den Verdunstungschalen in Verbindung steht, wird durch Gas geheizt, so dafs die betreffende Wärmeentwicklung bequem geregelt werden kann.

Fig. 52.



Luftanfeuchtungs-Apparat von
Hermann Fischer.

Endlich ist noch einer Einrichtung zu gedenken, welche — meines Wissens — zuerst (1868) von mir ausgeführt wurde.

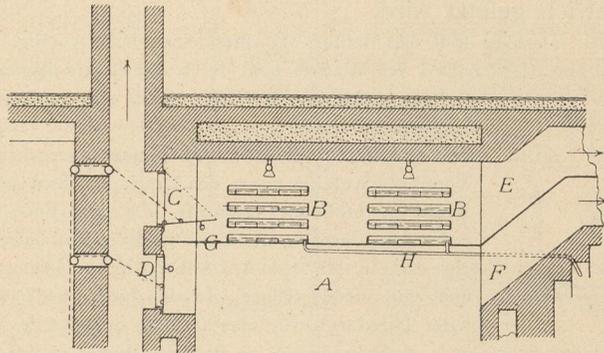
Die Schale *A* (Fig. 52) hat einen keilförmigen Querschnitt; sie ragt um so viel aus der Heizkammerwand *B* hervor, dafs der an einem Ausläufer der Wasserleitung angebrachte Hahn *C* der Schale *A* das nöthige Wasser zuzuführen vermag. Am Kopfende der Schale *A* befindet sich eine Fassung *D*, welche ein Glasrohr *E* zur Beobachtung des Wasserstandes und ein Ueberlaufrohr *F* trägt. Letzteres ist in der unten befindlichen Stopfbüchse der Fassung *D* verschiebbar, so dafs 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.

³²⁾ 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.

Fischer und Stiehl in Essen stellen ihre Verdunstungschalen in einem besonderen, über der Heizkammer befindlichen Raum auf, wie die Fig. 53 erkennen läßt.

Es ist von der Gesamthöhe 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 große³³⁾; das betreffende Wasser soll nicht besonders erwärmt werden. Die oberen Schalen erhalten das Wasser zugeführt und speisen die unteren Schalen vermöge der sehr weiten Ueberlaufrohre; das zu viel herangeflossene Wasser fließt durch eine Rohrleitung *H* ab. Die Querschnitte der erwähnten weiten Ueberlaufrohre sind gleich der Summe der Querschnitte der zugehörigen Luftcanäle, so daß die gefammte frische Luft durch diese Ueberlaufrohre zu strömen vermag. Je nach der Stellung der Klappen *C* und *D*, bzw. solcher in den Canälen *E* und *F* vermag man hiernach sämtliche Luft ohne Weiteres aus der Heiz-

Fig. 53.

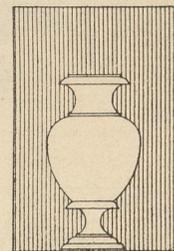
Luftanfeuchtungs-Apparat von *Fischer und Stiehl* in Essen.

kammer, also relativ 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.

Auch durch feuchte Flächen hat man die Verdunstung vermittelt. *Wolpert* in Kaiserslautern benutzt die Haarröhrchenkraft dochtartiger Gewebe, die einerseits in Wasser tauchen, andererseits ihre Flächen der zu feuchtenden Luft darbieten³⁴⁾. 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. 54 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.

Fig. 54.



Als letzte Art der Luftbefeuchtungsvorrichtungen sind diejenigen zu nennen, welche das Wasser fein zertheilt in die Luft spritzen lassen. Man verwendet zu dem Ende Brausen, welche feststehen oder mit ihrem Rohr, nach Art des *Segner'schen* Rades, sich drehen.

Wolpert läßt die aus sehr leichtem Blech gefertigten Flügel eines vor der Luftzufröhmungsöffnung 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,

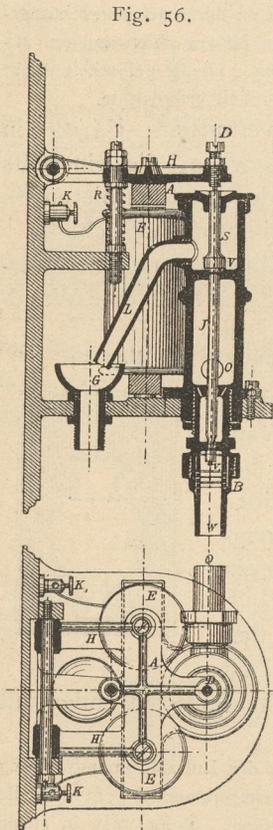
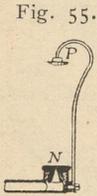
³³⁾ Die Constructeure geben an, daß bei 46 Grad Lufttemperatur jedes Quadratmeter Wasseroberfläche stündlich 1,4 kg Wasser verdunstet; ich füge die Angabe hier an mit dem Bemerkten, daß die Verdunstung, wie schon erwähnt, von dem Feuchtigkeitsgrade der das Wasser bespülenden Luft und der Temperatur des Wassers abhängig ist.

³⁴⁾ WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. 2. Aufl. Braunschweig 1880. S. 913.

fo 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.

Rietschel in Dresden hat eine eigenartige Vorrichtung patentirt erhalten, vermöge welcher die Zerstäubungsbrause je nach Bedarf selbstthätig in oder ausser Betrieb gesetzt wird.

Derfelbe läßt das Wasser aus einer feinen Düse *N* (Fig. 55) ausströmen und an einer Platte *P* verspritzen. Der Zufluß des Wassers wird durch das elektro-magnetische Ventil (Fig. 56) geregelt. Von der Leitung gelangt das Wasser durch das Ansatzstück *W* zunächst zu dem Filter *B*, welches beigemischte Unreinigkeiten, die sowohl die Thätigkeit des Ventiles, als auch die Wirkbarkeit der Düse beeinträchtigen könnten, zurückzuhalten hat. Das Wasser tritt nun zu dem Ventil *v*₁, welches durch den Druck desselben verschlossen gehalten bleibt, bis eine äußere Kraft die Oeffnung veranlaßt. Zu dem Ende ist die Ventiltange bis zu der Spitze der Schraube *D* verlängert. Diese steckt in dem äußeren Ende eines einarmigen Hebels *H*, welcher etwa in der Mitte den Anker *A* trägt. Dieser liegt über den beiden Elektromagneten *E*, *E* und wird niedergezogen, sobald durch die Drahtwindungen derselben ein Strom geleitet wird. Hierdurch wird aber auch die Stange *S* des Ventiles *v*₁, unter Vermittelung des Hebels *H* und der Schraube *D*, niedergedrückt, so daß das Wasser in den Hohlraum *Ÿ* zu treten vermag. Gleichzeitig ist auch der weiter oben an der Stange *S* befestigte Ventilkugel *V* gegen seinen Sitz gedrückt und in Folge



Selbstregulirender Luftanfeuchtungs-
Apparat von *Rietschel*.

dessen dem Wasser nur ein Ausweg, nämlich der durch das Rohr *o*, zu dem Zerstäuber frei gelassen. Nach Unterbrechung des elektrischen Stromes schwindet der Magnetismus der Elektromagnete *E*, *E*; der Hebel *H* mit Zubehör hebt sich vermöge der Feder *R*, die Ventiltange mit den Ventilen in Folge des Wasserdruckes; es ist also der Apparat in den Ruhezustand versetzt. Das Ventil *V* hat sich gleichzeitig geöffnet, um sowohl das in *Ÿ* zu viel eingedrungene Wasser, als auch dasjenige durch das Rohr *L* in den Trichter *G* abfließen zu lassen, welches eine etwaige Undichtheit des Ventiles *v*₁ nach *Ÿ* entchlüpfen liefs. *K* und *K*₁ bezeichnen die Klemmschrauben zum Anschluß der Leitungsdrähte. Die rechtzeitige Unterbrechung und der Schluß des elektrischen Stromes wird nun durch den »hygrokopischen Schlüssel« (Fig. 57) hervorgebracht.

Zwei Hebel *h* und *h*₁ drehen sich um am Böckchen *a* befestigte Zäpfchen; ihre Gewichte sind so angeordnet, daß *h* links und *h*₁ rechts sinkt, wenn sie nicht durch die Haare *i* und *i*₁ hieran gehindert werden. Die Haare *i* und *i*₁ sind doppelt; in ihren unten hängenden Schleifen ruhen die Röllchen *g* und *g*₁, die mittels eines Stängelchens unter einander verbunden sind. Das Gewicht desselben nebst denjenigen der beiden Röllchen ist groß genug, um mit Hilfe der Haare *i* und *i*₁ das Uebergewicht der Hebel *h* und *h*₁ in dem Maße zu überwinden, daß die Enden *t* und *t*₁ der Hebel *h* und *h*₁ sich berühren. Hierdurch entsteht die Schließung des Stromes einer Leitung, in welche der hygrokopische Schlüssel mit Hilfe der Klemmschrauben *b*, *b* eingeschaltet ist. Hebt man nun das Gewicht *g*, *g*₁, so entfernen sich die Berührungsenden *t* und *t*₁ von einander, so daß der beregte Strom unterbrochen wird. Die dem vorliegenden Apparat gestellte Aufgabe wird somit erfüllt, wenn man die Haare *i* und *i*₁ belafet oder anfannt, sobald die Luft angefeuchtet werden soll, und entlafet, wenn keine Anfeuchtung verlangt wird. Dieses Be- und Entlafen erfolgt nun durch die hygrokopischen Eigenschaften der Haare *i* und *i*₁ einerseits und durch eine Stützfläche, welche die Röllchen *g* und *g*₁ unter Vermittelung des gemeinsamen Stängelchens zu tragen vermag. Bei dem Wachsen des Feuchtigkeitsgrades der Luft verlängern sich die Haare; durch trockene Luft werden sie verkürzt. Hat man somit die erwähnte Stützfläche in solcher Höhe angebracht, daß das Stängelchen auf derselben ruht, sobald der gewünschte

Feuchtigkeitsgrad der Luft vorhanden ist, so wird die verringerte Spannung der Haare *i* und *i*₂ die Entfernung der Berührungspitzen *t* und *t*₁ gestatten, somit der elektrische Strom unterbrochen werden. Sobald

zunehmend der Feuchtigkeitsgrad der Luft entsprechend sinkt, verkürzen sich die Haare in dem Masse, daß g und g_1 wieder an ihnen hängen, die Spitzen t und t_1 sich berühren, der Strom geschlossen wird, also das in die Leitung eingeschaltete elektro-magnetische Ventil Wasser zum Zerstäuber gelangen läßt.

Die mehrgenannte Stützfläche ist nun hier in Form einer um eine festgelagerte Achse drehbaren un-runden Scheibe d vorhanden; an neueren Apparaten drückt diese unrunde Scheibe gegen einen in loth-rechten Bahnen gleitenden Körper, dessen obere Fläche so-dann die Stützung des Stängelchens bewirkt. An der Achse der un-runden Scheibe ist der Zeiger n befestigt, welcher die Skala s bestreicht. Durch Drehen des Zeigers ist so-nach die Stützfläche in eine gröfsere oder geringere Höhe zu bringen, so daß man den Feuchtigkeitsgrad der Luft nach der Skala s zu regeln vermag.

Behuf Prüfung der richtigen Wirksamkeit des Appa-rates ist mit dem »hygrokopischen Schlüssel« ein gewöhn-liches *Sauffure's*ches Hygrometer verbunden. An dem Bol-zen g ist ein drittes Haar i_2 befestigt, welches weiter unten um das Röllchen gelegt ist, das mit dem Zeiger n_1 der Skala s_1 in fester Verbindung steht. Ein kleines Gegen-gewicht, dessen Faden sich umgekehrt als das Haar i_2 auf eine mit dem Röllchen des letzteren verbundene Rolle wickelt, erhält das Haar i_2 in regelmäfsiger Spannung, bezw. dreht den Zeiger in einer Richtung; verkürzt sich das Haar in Folge Austrocknung, so wird der Zeiger in der entgegengesetzten Richtung gedreht. Auf der Skala s_1 ist somit der thatfächliche Feuchtigkeitsgrad abzulesen.

Die *Rietschel's*che Einrichtung ist sehr sinn-reich; jedoch beansprucht dieselbe augenschein-lich sorgfältige Bedienung, so daß man erst abzuwarten haben wird, in welchem Masse letztere die Verwendbarkeit der Einrich-tung erschwert³⁵⁾.

Endlich ist ein einfaches, sich selbst regelndes Mittel zur Regelung der Luft-anfeuchtung zu nennen, welches darin besteht, daß man die Luft bei entsprechend niedriger Temperatur vollständig sättigt, so daß der gewünschte Feuchtigkeitsgrad nach Eintreten derjenigen Temperatur entsteht, welche für den in Frage kommen-den Raum bestimmt ist.

Es sei beispielsweise diese Temperatur 20 Grad; dann hat die Luft bei 50 Procent der Sättigung pro 1 kg 8,4 g Wasserdampf zu enthalten. Nach der Tabelle auf S. 75 enthält gesättigte Luft von 9 Grad diese Dampfmenge, so-nach muß die Sättigung der Luft bei dieser Temperatur erfolgen, wenn dieselbe bei 20 Grad zu 50 Procent mit Wasserdampf geschwängert sein soll und zwar ohne weiteren Zuflufs von Dampf. Würde dagegen für je 40 kg zugeführter frischer Luft die Dampfentwicklung eines erwachsenen Menschen berücksichtigt werden müssen, so würde nach Formel 54.

$$\eta_0 = \eta - \frac{w}{Q}, \dots \dots \dots 55.$$

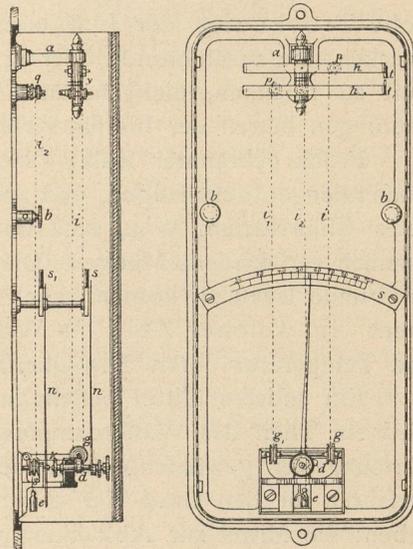
also

$$\eta_0 = 0,0084 - \frac{0,1}{40} = 0,0084 - 0,0025 = 0,0059$$

sein. Es muß daher jedes Kilogramm der zugeführten Luft 5,9 g Wasserdampf enthalten, oder dieselbe, im gesättigten Zustande (vergl. Tabelle auf S. 75) + 3 Grad warm sein.

Das in Rede stehende Verfahren ist offenbar nur dann anzuwenden, wenn die Luft zweimal erwärmt wird, nämlich einmal bis zu der Temperatur, bei welcher

Fig. 57.



Hygrokopischer Schlüssel.

³⁵⁾ Ueber RIETSCHEL's selbstregulirenden Luftbefeuchtungsapparat siehe auch: Polyt. Journ. Bd. 235, S. 113. — Rohr-leger 1879, S. 133. — Elektrotechn. Zeitchr. 1880, S. 65.

die Sättigung der Luft stattfinden soll und hierauf bis zu der Temperatur, welche man der Luft überhaupt geben will³⁶⁾.

100.
Trocknen
der Luft.

ε) Mittel zum Trocknen der Luft. Fast Alle, welche über Lüftung schreiben oder sprechen, betonen die Nothwendigkeit einer künstlichen Luftanfeuchtung; von Niemand habe ich bisher — so weit die Lüftung solcher Räume in Frage kommt, in welchen Menschen sich aufhalten — das viel Wichtigere: die künstliche Trocknung der Luft hervorheben hören. Da Ausführungen, welche bezwecken, die zuzuführende oder in den von Menschen benutzten Räumen vorhandene Luft zu trocknen, nicht bekannt sind, so will ich mich an diesem Orte auf Andeutungen betreff der hierfür verfügbaren Mittel beschränken.

Frisch gebrannter Kalk, Chlorcalcium und Schwefelsäure vermögen erhebliche Wassermengen aufzufaugen, und zwar pro 1 kg der Kalk $\frac{1}{3}$ kg, bei 200 Grad getrocknetes Chlorcalcium $\frac{1}{2}$ kg, wasserfreies Chlorcalcium 1 kg, Schwefelsäure je nach ihrer Reinheit verschiedene Mengen. Diese Zahlen bedürfen, um dieselben einer Ausführung zu Grunde legen zu können, noch einer Ergänzung. Es ist nämlich noch nicht bekannt, in welcher Zeit 1 kg Wasserdampf aus Luft von gegebener Feuchtigkeit und Temperatur durch 1 qm Oberfläche jener Körper aufgesaugt zu werden vermag.

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 Grad der erforderlichen Abkühlung ist bereits auf S. 85 angegeben; die Mittel zur Abkühlung werden weiter unten (Kap. 9) besprochen.

d) Verfahren des Zuführens frischer und des Abführens verunreinigter Luft.

101.
Zug.

Bewegte Luft bewirkt einen lebhafteren Wärmeaustausch an der Oberfläche des Körpers als ruhende, aus Gründen, welche in Art. 52, S. 47 näher erörtert wurden. Dieser Wärmeaustausch ist besonders fühlbar an den unbedeckten Körpertheilen und unter diesen an denjenigen Theilen, welche zeitweise bedeckt sind. Das dem erwähnten Wärmeaustausch entsprechende Gefühl wird gemeinlich »Zug« genannt; man denkt vielleicht, daß das Aufstoßen 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 Ab-

³⁶⁾ Siehe auch: WOLPERT, A. Ueber Lufttrockenheit und Luftbefeuchtung. Zeitschr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 75. — WOLPERT. Ueber Messung und Vermehrung der Luftfeuchtigkeit in Wohnungen. Deutsche Bauz. 1880, S. 265.

kühlung statt, dafs 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 festzustellen, 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 Versuchsobjecte 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 Kenntnifs der der Zugwirkung zu Grunde liegenden Vorgänge einige allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen.

Zunächst kann die Frage in so fern vereinfacht werden, als benutzte Hautoberflächen und nasse Kleider nicht beachtet zu werden brauchen, indem dieselben innerhalb geschlossener Räume feltener vorkommen und daher, wenn sie vorkommen, besonderer Schutz angewendet werden kann.

Dann ist zu beachten, dafs 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, dafs 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 grofs genug ist, um gröfsere 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 Einflufs. 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.

Der Zug ist auch in Räumen zu empfinden, welche ohne Lüftungseinrichtungen 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 dem Luftstrom berührt werden, welcher von dem ungeheizten Zimmer nach dem geheizten gerichtet ist. Man begeben sich (namentlich bei grofser 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 hoher Räume, welche nur selten geheizt werden, so dafs sie durch das Heizen nicht nennenswerth erwärmt werden, bringen einen solchen kalten Luftstrom hervor.

Solche Luftströmungen veranlassen die Anbringung besonderer Vorrichtungen, welche die Geschwindigkeit der Luft zu brechen bestimmt sind. Auch im Interesse dieser würde eine genauere Kenntnifs der Grenzen der zulässigen Luftbewegung erwünscht sein.

Bis zur Erlangung dieser Kenntnifs wird man sich begnügen müssen mit der allgemeinen Regel: Je weiter die Temperatur der bewegten Luft unter derjenigen des Blutes ist, um so geringer mufs 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 sehr wenig abweicht; ich bemerke jedoch hierzu sofort, dafs 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 Stoffe³⁷⁾, aus denen unsere Gebäude hergestellt werden, sind meistens mit kleinen Hohlräumen durchzogen, welche theilweise so im Zusammenhange stehen, das 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, so fern eine bewegende Kraft vorhanden ist. Eben so sind die Undichtheiten der Fenster, Thüren etc. zur Beförderung des Luftwechsels geeignet.

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, das durch dieselbe eine nennenswerthe Wirkung hervorgebracht zu werden vermag, ist dieselbe als unathembar zu bezeichnen.

Besser wirkt die bewegende Kraft, welche von dem Temperaturunterschied 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 Wandobertheils der wärmeren Luft des Zimmers den Austritt gewähren. Grössere Temperaturunterschiede können in dieser Weise recht günstig wirken; mit der Abnahme des Temperaturunterschiedes schwindet jedoch auch die bewegende Kraft, also auch der Luftwechsel.

Am entschiedensten wirkt der Wind. Bei starkem Wind kann der durch denselben hervorgebrachte Druck 50 kg und mehr auf 1 qm Wandfläche betragen, so das 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 das 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.

Zu der Wirksamkeit dieses Luftwechsels ist nun zunächst erforderlich, das überhaupt ein entsprechend lebhafter Wind weht, ferner, das die Aussenwand des zu lüftenden Zimmers von dem Winde getroffen wird, endlich, das die Canälchen in der erforderlichen Zahl und Grösse vorhanden sind.

Zunächst darf ich hier einschalten, das in seltenen Fällen diese drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind, so das die Lüftung nur hin und wieder stattfindet; ferner, das jedes Mittel fehlt, die Lüftungsmenge zu regeln, welche sonach, unbekümmert um den Bedarf, sich lediglich nach der veränderlichen Stärke und

³⁷⁾ Vergl. Theil I, Bd. 1: Die Technik der wichtigeren Baustoffe (Art. 28, S. 88—90) dieses »Handbuches«.

Richtung des Windes richtet. Die durch Wind hervorgebrachte Lüftung hat somit einen geringen Werth; sie kann fogar eine sonst vorhandene künstliche Lüftung in erheblichem Mafse beeinträchtigen und macht — wenn man ihr nicht entsprechend Rechnung getragen hat — oft fogar die Beheizung von Räumen unmöglich.

Aus letzterem Grunde mufs ich hier noch einige Worte über die Luftdurchlässigkeit der Wände anfügen. Ueber die Durchlässigkeit einer Zahl von Baustoffen liegen Versuchsergebnisse vor³⁸⁾, 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 derselben ersehen, daß die Durchlässigkeit im geraden Verhältnifs zur Wanddicke abnimmt, und daß die Durchlässigkeit der einzelnen Stoffe etwa folgende Reihe³⁹⁾ bildet, wobei die durchlässigsten zuerst aufgeführt sind:

Kalktuffstein, künstlicher Stein aus zerkleinerten Schlacken und Mörtel, Fichtenholz in der Längsrichtung, Kalkmörtel, Beton, Backstein, Portland-Cement, unglafirter Klinker, Grünandstein, 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 porös; Wasserglasanstrich soll bei einigem Alter undurchlässig sein. Tapeten hindern das Durchströmen wesentlich durch den Kleister, welcher sie festhält. Sog. Isolirungen (Asphaltanstriche, Asphaltpapier, Metallblätter etc.) hindern natürlich die Luft erheblich an ihrem Austritt, bezw. verchliesen ihr jeden Weg. Durchnäßte Stoffe sind gleichfalls mehr oder weniger undurchlässig.

Wenn hierdurch noch mehr Gründe geschaffen sind gegen ein Vertrauen auf zufällige Lüftung, so giebt die 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.

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.

Die einfachste Art des künstlichen Lüftens besteht in der Freilegung 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 Temperaturunterschied veranlassende 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

107.
Zufällige
Lüftung.

108.
Künstliche
Lüftung.

109.
Freilegung
von
Luftöffnungen.

³⁸⁾ Die Porosität der Mauern und ihre Bedeutung für die Ventilation. *Baugwks.-Ztg.* 1870, S. 254.

MÄRCKER. 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.

SCHULZE u. MÄRCKER. Ueber den Kohlenfäuregehalt der Stall-Luft und der Luftwechsel in Stallungen. *Landwirthschaftl. Jahrbücher* 1876.

LANG, C. Ueber natürliche Ventilation und Porosität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

BALTES und FINKLER. Ueber die Behinderung der Mauerventilation durch Oelanstrich des Hauses. *Deutsche milit.-ärztl. Zeitschr.* 1877, S. 51.

OERTMANN. Ueber die Größe der Mauerventilation bei Oelanstrich des Hauses. *Deutsche milit.-ärztl. Zeitschr.* 1877, S. 557.

WEISS. Ueber natürliche Ventilation und die Porosität von Baumaterialien. *Civiling.* 1878, S. 205.

³⁹⁾ Vergl. auch die Angaben über die Porositätsgrade der Bausteine in Theil I, Bd. 1, S. 89 dieses »Handbuches«.

treten beide gleichzeitig auf, so dienen die »künstlichen« Einrichtungen zur Abschwächung der Wirkung, bezw. zum Unterbrechen der Lüftung.

110.
Benutzung
der
Fenster.

Sehr häufig fehlt zu diesem Zweck 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 fog. Luftscheiben aus, d. h. mit kleinen Flügeln, welche meistens nur die Größe einer Fenster Scheibe 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 Zugtange mit ihm so in Verbindung bringt, daß man dem Fenstertheil 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 Fenstertheils entstehenden Oeffnungen gegen das Eindringen der Regentropfen geschützt, während die untere Oeffnung von der nach außen gekehrten Hälfte des Fenstertheils überragt wird. Auch dreht man ähnliche Fenstertheile um Achsen, die an dem einen oder anderen der wagrechten Ränder sich befinden etc. (Vergl. auch das im vorhergehenden Bande über »Construction der Fenster« Gefagte.)

Derselbe Gedanke hat zur Construction fog. Jalousien geführt, 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 Fenster Scheibe 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 Wirkksamkeit entfalten können, sei auf die unten stehenden Quellen verwiesen⁴⁰⁾.

111.
Besondere
Luftöffnungen.

In höherem Maße verdienen diejenigen Lüftungseinrichtungen den Namen »künstliche«, welche mit besonders gestalteten Luftzu- und Luftabfuhrwegen, 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-, bezw. -Abfuhrung, bezw. die Lage und Form der Mündungen. Der Ueberblicklichkeit halber mögen die verschiedenen Aufgaben der Lüftungsanlagen einzeln behandelt werden.

40) 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, Vol. 32, S. 103.
Neue Glas-Jalousie. Deutsche Bauz. 1880, S. 188.

a) 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 hereinströmende Luft nicht gegen die Körper der in dem betreffenden Raum 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, als unten die Zimmerluft abgeführt wird, bezw. fernere warme Luft zuströmt. Die Strömungen der eingeführten Luft finden sonach in dem Raume über den Köpfen der Menschen statt, können also nicht stören. Mehr Aufmerksamkeit erheischt die Lage und Anordnung der Abströmungsöffnung. Daß dieselbe möglichst nahe über dem Fußboden liegen muß, ist selbstverständlich, indem sie die kälteste, also die auf dem Fußboden liegende Luft abführen soll. Es muß aber auch dafür gesorgt werden, daß die am Boden liegende Luft zu der Abströmungsöffnung 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 Abzugsöffnungen vertheilt werden, um eine zu große Geschwindigkeit in der Nähe der Personen zu verhüten.

112.
Einführung
warmer
Luft.

β) Die einzuführende Luft soll kälter sein, als diejenige des zu lüftenden Zimmers. 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 Gesamststrom selbstthätig sich einreihen.

113.
Einführung
kalter Luft
von unten.

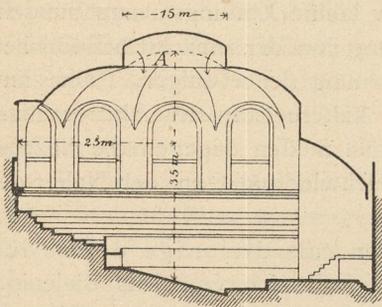
Viele Lüftungsanlagen, welche (außer ihrem eigentlichen Zweck) auch die Aufgabe haben, die betreffenden Räume zu kühlen, sind dementsprechend eingerichtet. Jedoch verbietet sich in den meisten Fällen die Einführung der frischen Luft von den Wandflächen aus, indem die nöthige Luftgeschwindigkeit in Verbindung 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 gelangt, der aufwärts gerichtete Strom in diesem deshalb von vornherein den ganzen Querschnitt des Raumes, abzüglich des von Menschen und Möbeln beanspruchten, ausfüllt und damit die Geschwindigkeit der Luft auf das denkbar geringste Maß beschränkt wird. 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.

114.
Einführung
kalter Luft
von oben.

Die Einführung kälterer Luft in dem oberen Theil des Raumes hat vielfache und erhebliche Bedenken. Die kalte Luft sinkt, ungeschickt zugeführt, in Form eines Stromes nieder und belästigt die Personen, auf welche sie trifft, auf die unangenehmste Weise. Bei zweckmäßiger Zuführung und nicht zu großem Temperaturunterschied ist es jedoch möglich, die Luftzuführung von oben nach unten stattfinden zu lassen, ohne hierdurch nennenswerthe Unannehmlichkeiten für die Personen, welche in dem Raum 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 ist es möglich, von einer Stelle aus die gesammte Luft einzuführen, indem diese Oeffnung so vergittert wird, daß die Luft in vielen dünnen, divergirenden Strahlen in den Raum gelangt. In dem Festsaal des Trocadero-Palastes zu Paris findet die Lufteinführung in dieser Weise statt⁴¹⁾.

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. 58) von etwa

Fig. 58.



Festsaal des Trocadero-Palastes in Paris.
1/1200 n. 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 so getroffen, wie die Fig. 59 und 60 erkennen lassen. Zwischen den Rückenlehnen der Sessel sind aufrechte Rohre *a* angebracht, welche mit den unter dem Fußboden liegenden Sammelrohren in Verbindung stehen. Die Rohre *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 Musik-

aufführungen, welche gelegentlich der 1878-ger Weltausstellung in dem fraglichen Saale stattfanden, beigewohnt, und hierbei einen lothrecht unter der Lufteintrittsöffnung befindlichen Platz benutzt; trotz sorgfältiger Beobachtung vermochte ich keine Belästigung durch Zug zu bemerken. Die

Fig. 59.

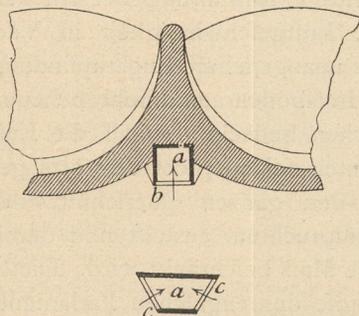
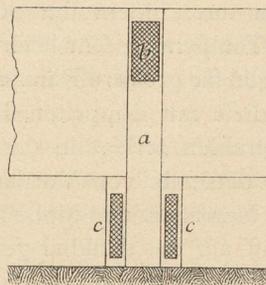


Fig. 60.



Entfernung der einzelnen Lufteinströmungsöffnungen von den Köpfen der Menschen ist hier 30 m und mehr, so daß, außer der Zerlegung des Luftstromes, 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 Besucher anbelangt, sich eben so bewährt hat, findet sich in dem

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.

⁴¹⁾ Vergl. *Le palais du Trocadero*. Paris 1878. — Eisenb. Bd. 8, S. 127. — *Nouv. annales de la const.* 1878, S. 78 u. 99. — *Annales industr.* 1879, S. 595. — *Rohrleger* 1878, S. 136. — *Polyt. Journ.* Bd. 231, S. 387.

Man kann eine ähnliche Wirkung hervorbringen, indem man die kalte Luft durch nach der Decke gerichtete, freistehende Rohre 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. Die Höhe der Lufteinführungsrohre kann, wenn für die entsprechende Luftgeschwindigkeit geforgt wird, eine geringe sein.

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 Thatfache, 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 Thatfache 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 derselbe 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 gegenüberliegenden, 8,5 m von der Eintrittsstelle entfernten Wand eine sehr unangenehme, nach unten gerichtete Strömung. In der hannoverschen Hochschule wird häufig beobachtet, daß die lothrechten Flächen des Gebäudes in ähnlicher Weise die kältere Luft niederwerfen. Deshalb dürfte es nothwendig sein, die Einströmungsgeschwindigkeit (durch Erweitern der Einströmungsöffnungen und Zerlegen des Stromes in denselben) möglichst zu vermindern, jedenfalls nicht größer als 0,5 m werden zu lassen.

Diese Zerfreuung kann stattfinden durch Leitbleche, wie der wagrechte Schnitt Fig. 61 erkennen läßt, oder durch einfache Vergitterungen, welche an die Erweiterungen der Canäle sich anschließen. Fig. 62 zeigt eine derartige Anordnung. *A* bezeichnet den lothrechten Luftzuführschacht; derselbe erweitert sich bei *B* nach beiden Seiten und mündet mittels zahlreicher Oeffnungen des Wandgesimses. Außer den verschiedenartigsten Gittern kann die Zerfreuung erfolgen durch poröse Wände und Gewebe, wie von *Scharrath*⁴²⁾ vorgeschlagen wurde.

Immer ist großer Werth zu legen auf eine entsprechende Höhenlage der Einströmungsöffnungen über den Köpfen derjenigen Personen, welche den betreffenden

Fig. 61.

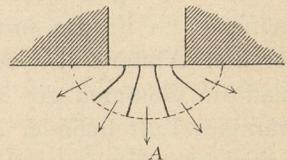
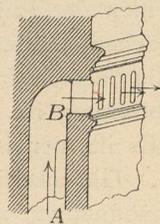


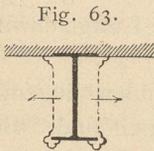
Fig. 62.



42) Siehe: SCHARRATH. Bekanntmachung der Vorzüge einer neuen Erfindung zur Erhöhung der Gesundheits- 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. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1870, S. 128.

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

Der grofse Sitzungsfaal des Reichstagsgebäudes in Berlin hat, bei einer Tiefe von 22 m, derartige einander gegenüberliegende Oeffnungen, welche etwa 9 m über den höchsten Sitzen der Abgeordneten sich befinden; die Abfaugung der Luft findet durch Oeffnungen statt, welche in den lothrechten Theilen des aufsteigenden Fußbodens sich befinden. Man sagte mir, dafs eine Belästigung durch Zug nicht stattfindet, selbst wenn die einströmende Luft 3 bis 4 Grad kälter sei, als diejenige des Saales⁴³⁾.



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

116.
Lage der
Abströmungs-
öffnungen.

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

117.
Winter-
u. Sommer-
lüftung.

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

Es ist hier immer die Rede von der Abführung der Luft am Fußboden gewesen. Gleichzeitig wurde erwähnt, dafs man für eine geeignete Vertheilung der Abzugsöffnungen zu sorgen habe. Hieraus kann man ohne Weiteres schliessen, dafs z. B. die Logen und Galerien der Theater, die Tribünen der Versammlungssäle etc. in der Nähe ihrer Fußböden besondere Abzugsöffnungen haben müssen; ich halte es für nothwendig, hierauf besonders aufmerksam zu machen⁴⁴⁾.

3) Entnahmestellen für die frische Luft.

118.
Entnahme
der Luft.

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

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

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