



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## Verschiedene Konstruktionen

**Scholtz, Adolf**

**Leipzig, 1900**

§ 71. Prinzipien der Ventilation

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96800](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96800)

- S. John, Buildings ventilation and heating. New-York 1893.  
 Wolffhügel, Die Lehre vom Luftwechsel. München 1893.  
 S. Rietschel, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen. 2. Auflage. Berlin 1894.  
 G. Recknagel, Lüftung des Hauses: Siehe „Handbuch der Hygiene“. 1. Teil, 2. Abt. Leipzig 1894.  
 S. Fischer, Heizung der Theater und Versammlungssäle. Darmstadt 1894.  
 D. Grove, Ausführung von Heizungs- und Lüftungsanlagen. 1895.  
 Karl Schmidt, Heizung und Ventilation. Siehe „Handbuch der Hygiene“. IV. Bd., 2. Lief. Gena 1896.  
 Konrad Hartmann, Heizung und Lüftung der Gebäude. I. Bd., 2. Teil der „Baukunde des Architekten“. Leipzig 1896.  
 J. Denfer, Chauffage et ventilation. Paris 1896.

Zahlreiche Abhandlungen sind endlich in folgenden Fachzeitschriften enthalten:

- Deutsche Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege;  
 Zeitschrift für Biologie;  
 Annalen der Chemie und Pharmacie;  
 Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden;  
 Abhandlungen der naturwissenschaftlich-technischen Kommission der Münchener Akademie der Wissenschaften;  
 Landwirtschaftliche Jahrbücher;  
 Der Gesundheits-Ingenieur. Organ des Vereins für Gesundheitstechnik; endlich die  
 Zeitschriften der Architekten- und Ingenieurvereine zu Hannover und Wien; „Zeitschrift für Bauwesen“ und „Allgemeine Bauzeitung“, Wien; „Centralblatt der Bauverwaltung“;  
 „Zeitschrift für Lüftung und Heizung“, Jahrgang 1895 bis 1898; „Zeitschrift für Heizungs-, Lüftungs- und Wasserleitungstechnik“.

## § 71.

**Notwendigkeit des Luftwechsels.**

Keine atmosphärische Luft ist bekanntlich — wo immer man sie auch untersuchen möge — in der Zusammensetzung fast überall gleich, nämlich ein Gemenge von 21 Proz. Sauerstoff und 79 Proz. Stickstoff, mit einer variablen Quantität Wasserdampf. Außerdem enthält sie stets eine gleichmäßige<sup>1)</sup> Beimischung von Kohlensäure (0,0004 bis 0,0006 vom Volumen der Luft), geringe Quantitäten von Ammoniak, Salpetersäure und

1) Durch Dr. Thomas Walter, Professor Henry und Dr. Heterell wurden dem Kongress der amerikanischen Freistaaten Tabellen überreicht, welche Luftanalysen aus allen Teilen der Erde enthalten, angestellt zu allen Tages- und Jahreszeiten, innerhalb und außerhalb der Häuser. Als Mittel der Schätzung galt (nach Pettenkofer's Vorgang) der Gehalt an Kohlensäure. — Die Luft wurde in der Zusammensetzung gleichmäßig befunden, selbst in Manchester, wo jährlich zwei Millionen Tons Kohlen verbrannt werden, deren Rauch die Luft erfüllt. Hier glaubte daher die Gesundheitskommission den Faktor zu finden, der die Luft verschlechtert. Aber

Spuren von Jod. — Keine Luft enthält auch zuweilen Ozon,<sup>2)</sup> wie es scheint eine Modifikation des durch chemische Aktion erregten Sauerstoffes, welcher eine Rolle in der Zerstörung der Miasmen spielt. Endlich sind in der Luft Myriaden kleiner Organismen, Gärungserreger, sogenannte Vibriolen, enthalten und Bakterien, Pilze, welche bei der Übertragung ansteckender Krankheiten einen wichtigen Einfluß ausüben. Auch die Sumpfluft der Niederungen (Malaria) enthält gewisse krankheits-erregende Ursachen, deren Übertragung sich zur Zeit der Kenntnis entzieht.

Gewöhnlich wird nun angenommen, daß die Zimmerluft um so reiner und atembarer sei, je weniger Kohlensäure sie enthält, weil mit der letzteren im gleichen Verhältnis auch die übrigen Ausatmungsprodukte, d. h. Wasserdampf und organische Bestandteile, welche letztere sich chemisch nicht nachweisen lassen, zunehmen. Diese werden durch Schweiß und Ausdünstung aus dem Körper ausgeschieden und tragen zur Verderbnis der Zimmerluft bei. Dr. med. Karl Munde<sup>3)</sup> in seiner Abhandlung über Zimmerluft sagt darüber etwa folgendes: „Bringen drei Personen acht Stunden in einem gänzlich unventilerten Schlafzimmer zu, so wird die Luft am Morgen 1,25 kg ausgedünstete Auswurfstoffe und 0,5 cbm Kohlensäure enthalten, und solche Luft hat unsere Jugend Tag für Tag in den Schlaf-, Schul- und Wohnzimmern einzuatmen!“ Aber selbst tödlich kann die vergiftete Luft eines kleinen Raumes wirken, wenn viele Personen in ihm zusammengedrängt sind. Außer älteren, bekanten Thatsachen aus dem Kriege der Engländer in Indien und den 300 gefangenen Österreichern nach der Schlacht bei Austerlitz, von denen in einer einzigen Nacht 260 an Luftmangel starben, sei folgende Mitteilung von Henry Lewis<sup>3)</sup> erwähnt.

man war enttäuscht: der Kohlensäuregehalt betrug zwar an einigen Stellen 10, 12, sogar 15 Teile auf 10 000, im Durchschnitt aber nur 0,00075 (während reine Luft 0,0004 bis 0,00045 Kohlensäure enthält). Dieser Kohlensäuregehalt der Luft ist äquivalent demjenigen eines Zimmers von 75 cbm Inhalt, in welchem sich eine Familie von fünf Personen und eine Gasflamme während sieben Minuten ohne Lüfterneuerung befinden. Die übrigen Luftanalysen von London, Paris, Madrid, Genf, Washington und vom atlantischen Ozean u. s. w. ergaben den gleichmäßigen Kohlensäuregehalt von 0,0004 bis 0,0006. Als Basis für die Rechnung kann 0,0005 für alle Fälle als ausreichender Mittelwert angesehen werden.

1) Ozon ist ohne Zweifel eine der Hauptursachen der Heilsamkeit der Landluft. Bei Südwestwind enthält die Luft das größte Quantum Ozon.

2) Zimmerluft, Ventilation und Heizung von Dr. Karl Munde. Leipzig 1876.

3) Vergl. H. Lewis, Physiologie des täglichen Lebens. I.

Am 2. Dezember 1848 wurden am Bord des Dampfers Londonderry in einer stürmischen Nacht durch Unwissenheit des Kapitäns 150 Personen in die Kajüte der Hinterdeckpassagiere eingesperrt. Diese Kajüte war nur 18 englische Fuß lang, 11 Fuß breit und 7 Fuß hoch. Der Kapitän ließ die Luken schließen und die unglücklichen Passagiere waren verurteilt, die verdorbene Luft immer aufs Neue zu atmen. Als es endlich vor Tagesanbruch einem der Passagiere gelang, sich mit Gewalt einen Weg auf das Verdeck zu bahnen, um den Steuermann zu alarmieren, waren bereits 72 Passagiere tot, viele im Sterben, ihre Körper krampfhaft gewunden, das Blut war ihnen aus Augen, Nasen und Ohren getreten. Es läßt sich rechnerisch nachweisen, daß bei dem geringen Luftraum von 40 cbm, abzüglich 10 cbm für das gesamte Körpervolumen der 150 Passagiere, auf eine Person nur

$$\frac{30}{150} = 0,2 \text{ cbm Luftraum}$$

entfielen. Nach nebenstehender Tabelle werden erzeugt pro Person stündlich im Mittel 20 l oder 0,02 cbm Kohlen- säure, d. h. es war nach einstündigem Atmen der Gehalt an Kohlen- säure auf

$$\frac{0,02}{0,2} = 0,1 \text{ cbm} = 10 \text{ Proz.}$$

gestiegen, eine Luftmischung, bei welcher der Mensch nicht leben kann.

**Ursachen der Luftverschlechterung bewohnter Räume.**

Die Luft unserer Wohnräume erleidet bekanntlich verschiedene nachteilige Veränderungen; als deren hauptsächlichste Ursachen zu nennen sind:

Der Lebensprozeß der Menschen, die in diesen Räumen wohnen, der Einfluß der künstlichen Beleuchtung, nicht selten auch mangelhaft funktionierender Heizanlagen,

Staubablagerungen aller Art.

Zersetzungsvorgänge in den Mauern und Zwischen- decken, sowie in den Mobilien und sonstigem Hausrat können auch zur Verschlechterung der Luft beitragen.<sup>1)</sup>

**I. Verschlechterung der Luft durch den Lebens- prozeß der Menschen.**

Durch den Lebensprozeß, insbesondere durch die Lun- gen- atmung, zum Teil auch durch die Hauptporen werden aus dem menschlichen Körper Stoffe ausgeschieden, welche die

1) G. Wolffhügel, Archiv für Hygiene, 18. Bd., Seite 3 (1893).

Zusammensetzung der zum Atmen benutzten atmosphärischen Luft nachteilig verändern. So sind enthalten in:

	der atmosphärischen Luft	der ausgeatmeten Luft
	Volumprocente	
Sauerstoff . . . . .	20,96	16,03
Stickstoff . . . . .	79,02	79,02
Kohlen- säure . . . . .	0,03	4,38 (im Mittel).

Der Stickstoffgehalt bleibt also unverändert, während die Kohlen- säure um mehr als das Hundertfache zunimmt und der Sauerstoff um 1/5 vermindert wird.

Die Menge Kohlen- säure, welche die Individuen aus- atmen, wechselt je nach der Individualität, dem Alter, der Thätigkeit und der Art der Ernährung. Prof. v. Petten- koffer und Voit<sup>1)</sup> konstatierten eine größere stündliche Kohlen- säureauscheidung bei Tage als bei Nacht und höhere Ausgabe bei stattfindender Muskelarbeit und zwar in folgen- den Verhältnissen:

	bei Arbeit	bei Ruhe	des Nachts
	36,3 l	22,6 l	16,7 l

Aus Scharlings<sup>1)</sup> Beobachtungen ergaben sich folgende Zahlen:

Individuen	Alter Jahre	Körper- gewicht kg	Stündliche Kohlen- säure- abgabe l
Knabe . . . . .	9 1/4	22,00	10,3
Mädchen . . . . .	10	23,00	9,7
Jüngling . . . . .	16	57,75	17,4
Jungfrau . . . . .	17	55,75	12,9
Mann . . . . .	28	82,00	18,6
Frau . . . . .	35	65,50	17,0

Breiting<sup>2)</sup> fand gelegentlich seiner Untersuchungen der Luft in Schulzimmern folgende stündliche Kohlen- säure- ausgabe:

Bei Mädchen von 7—8 Jahren	10,5 Proz. während des Schulunterrichts,
" " " 8—9 "	12,0 " " " "
" " " 7—9 "	16,7 " " " der Singstunde,
" Knaben " 12—13 "	13,0 " " " des Schulunterrichts,
" " " 12—13 "	17,0 " " " der Singstunde.

Auch der Einfluß, den die Krankheiten auf den Atmungsprozeß ausüben, ist hier zu erwähnen, denn er steht in direktem Verhältnis zu der Luftmenge, welche in Krankenhäusern pro Kopf und Stunde verlangt wird. Leyden und Lieb ermeister konstatierten, daß alle Fieber- zustände eine stärkere Kohlen- säureentwicklung hervorrufen, deren Quantität sich zu derjenigen des gesunden Menschen verhält wie 1,5 : 1.

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. II, S. 546.

2) G. Lang, über natürliche Ventilation, S. 27.

Im allgemeinen ist also die Größe der Kohlenstoffausscheidung durch vorstehende Zahlenangaben festgestellt. Um sicher zu gehen, wird man aber nach C. Lang gut thun, in Lehranstalten schon für Schüler von 13 Jahren die Kohlenstoffausscheidung Erwachsener anzunehmen und für Lokale, in denen Personen von verschiedenem Alter und Geschlecht sich aufhalten, die Zahlen zu benutzen, welche sich nach v. Pettenkofer und Voit für kräftige Männer ergaben (22,6 l), weil ein auf diese Rechnung basierter, mäßiger Überschuß stets willkommen sein wird. Für Turnhallen, Fechtböden und Tanzsäle ist die Ausscheidung kräftiger Männer bei starker Muskelarbeit = 36,3 l anzunehmen.<sup>1)</sup>

Man ist zwar durch Erfahrung bestätigt, daß man sich ohne Störung des Wohlbefindens einige Stunden in einer Luft aufhalten kann, welche 10% an Kohlenstoff enthält. Die Kohlenstoff ist also kein Bedenken erregendes Moment an sich, aber mit ihr im gleichen Verhältnis nehmen auch die übrigen Ausatmungsprodukte, nämlich der Wasserdampf und gewisse andere, noch nicht näher bekannte Stoffe, die man als Atengift (Anthropotoxin) bezeichnet, zu. Diese letzteren scheinen es aber gerade zu sein,<sup>2)</sup> welche — wenn sie sich zersetzen — das Wohlbefinden der Menschen stören, denn lange ehe der Kohlenstoffgehalt eine bedenkliche Höhe erreicht, bemerkt man durch die Geruchsorgane, daß die Luft verunreinigt ist. Für jeden Raum, der gesund erhalten werden soll, muß daher die durch die Atmung und Ausdünstung resp. Beleuchtung verdirbene Luft ersetzt werden.

Alle diese Veränderungen vollziehen sich proportional zur Zahl der im Raume atmenden Menschen und — in ungelüfteten Räumen — auch proportional zur Stundenzahl, während welcher die Personen im Raume eingeschlossen sind.

Es ist nun die Frage, ob nicht die Analyse der Luft des geschlossenen Raumes ein Maß für die Luftverschlechterung abzugeben vermag. Da aber eine quantitative Bestimmung der obengenannten Gase, die das Atengift bilden, zur Zeit nicht ausführbar ist und der Wasserdampf kein sicheres Zeichen für die Verunreinigung ist, so begnügt man sich mit einer partiellen Luftanalyse und benutzt — nach Pettenkofer's Vorschlag — die im Raume enthaltene Kohlenstoff als Maßstab der Luftverschlechterung, da diese sich am leichtesten genau bestimmen läßt und die Annahme berechtigt ist, daß die Stoffe, welche die Luft eines Raumes ekel-

erregend machen, im gleichen Verhältnis mit der  $\text{CO}_2$  zunehmen.

v. Pettenkofer erklärte jede Luft als schlecht für dauernden Aufenthalt, welche — infolge von Atmung und Ausdünstung — mehr als 1 Proz. Kohlenstoff enthält; gute Zimmerluft hat nach seinen Angaben<sup>1)</sup> höchstens 0,7 Proz. Kohlenstoffgehalt! Da aber die Kohlenstoffproduktion je nach Alter und Geschlecht verschieden ausfällt, so gilt daselbe auch für den Lüftungsbedarf. Um dieses Luftquantum theoretisch zu ermitteln, bezeichnen wir mit:

C den stündlichen Ventilationsbedarf pro Kopf; ferner sei:  
l die stündliche Kohlenstoffproduktion,  
p der Grenzwert der Verunreinigung der Luft,  
a der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlenstoff, dann ist:

$$C = \frac{l}{p-a}$$

Ausgeatmete Luft enthält nach Vierordt 43,34% Kohlenstoff, sie muß also mit so viel frischer Luft gemischt werden, daß die Kohlenstoff nach der Mischung höchstens den Grenzwert (0,007) erreicht. Die atmosphärische Luft kann daher, um gut zu bleiben, nur 0,0002, höchstens 0,0005 an Kohlenstoff aufnehmen, d. h. man bedarf für jedes Volumen ausgeatmeter Luft nach umstehender Formel

$$\frac{43,34}{0,7-0,5} = \frac{43,34}{0,2} = 216,7$$

Volumina frischer Luft.

Die stündlich pro Kopf ausgeatmete Luftmenge beträgt bei 1050 Atemzügen à 0,05 l zusammen = 525 l, mithin die theoretische Luftzufuhr pro Kopf und Stunde:

$$525 \times 216,7 = 113,8 \text{ cbm.}$$

Beispiel. Ein erwachsener Schüler erzeugt stündlich 19,3 l Kohlenstoff (nach Voit und v. Pettenkofer).

1) für den Grenzwert  $p = 0,0007$  ist

$$C = \frac{0,0193}{0,0007 - 0,0005} = 95,5 \text{ cbm,}$$

2) für  $p = 0,001$  ist dagegen

$$C = \frac{0,019}{0,001 - 0,0005} = 38,6 \text{ cbm,}$$

und zwar ohne Rücksicht auf die durch Flammen hervorgerufene Verunreinigung.

II. Einfluß der Beleuchtung auf die Verschlechterung der Zimmerluft. Der Grenzwert  $p$  ist nach v. Pettenkofer auch für größere Räume 0,0007 bis 0,0010. Für beleuchtete Räume ist ein sicherer Grenz-

1) Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung. Zeitschrift für Biologie, Bd. XII.

2) Vergl. die Untersuchungen von Lang und Wolffhügel im „Archiv f. Hygiene“, 18. Bd. 1893.

Brehmann, Bauphysik. IV. Vierte Auflage.

1) Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858.

wert noch nicht festgestellt;<sup>1)</sup> es bleibt also kein anderer Ausweg, als die Kohlenäureproduktion der gegebenen Anzahl Flammen von bestimmter Lichtstärke zu berechnen und diesen Betrag mit dem durch die Bewohner erzeugten Grenzwert in Verbindung zu bringen. Um in der Praxis einen Überschlag zu machen, kann nachstehende, aus den Versuchen von Erismann herrührende Tabelle dienen:

Tabelle I. Über die Entwicklung von Kohlenäure durch verschiedene Beleuchtungsmaterialien (nach Erismann).

Beleuchtungsmodus	Materialverbrauch für eine Stunde	Kohlenäureproduktion per Stunde in Litern
Petroleumspaltbrenner . . . . .	35,5 g = 0,045 l	56,8
Petroleumrundbrenner . . . . .	5,05 g = 0,064 l	61,6
Öllampe . . . . .	22,4 g = 0,025 l	31,2
Kerze . . . . .	20,7 g	11,3
Steinkohlengaslichtbrenner . . . . .	140 l	92,8
Steinkohlengasflachbrenner . . . . .	127 l	86,0

Ein Gaslichtbrenner, der stündlich 140 l Gas verbraucht, erzeugt also in dieser Zeit 92,8 l Kohlenäure, d. h. etwa so viel als vier erwachsene Personen.

Der Kohlenäuregehalt a der zuströmenden Luft kann nach Lang und Wolffhügel in Städten zu 0,0005 angenommen werden, wodurch sich der Ventilationsbedarf bei Aufstellung des Programmes eher zu groß als zu klein ergibt.

Bei Berechnung von C aus der Formel  $C = \frac{1}{p-a}$  ist nun nach obiger Anleitung zu verfahren. Als Beispiel für derartige Berechnungen diene folgender Fall:<sup>2)</sup>

Ein Zimmer, welches durch zwei Gaslichtbrenner beleuchtet ist, wird bewohnt von einem Manne, zwei Frauen, einem Jüngling, 16 Jahre alt, einem Mädchen von 9 Jahren. Es ist die stündliche Kohlenäureabgabe bei sitzender Thätigkeit und daraus der Ventilationsbedarf zu bestimmen.

Es beträgt die stündliche Kohlenäureabgabe

des Mannes . . . . .	22,6 l
der zwei Frauen à 17 l . . . . .	34,0 l
des Jünglings . . . . .	17,4 l
des Mädchens . . . . .	12,0 l
zusammen	86,0 l

1) Nach v. Pettenkofer ist es zulässig, einen Zuschlag zum Grenzwert p in der Formel einzuführen, welcher bis 1 Proz. betragen darf.

2) C. Lang, über natürliche Ventilation. S. 31 u. 32.

Dazu die Kohlenäureproduktion von zwei Schnittbrennern à 92,8 l . . . . . 185,6 l.

Die gesamte im Raume bei Gaslicht erzeugte Kohlenäuremenge beträgt daher . . . . . 271,6 l = 0,2716 cbm.

I. Um bei dieser Kohlenäureproduktion die Luft völlig rein zu erhalten, d. h. den Grenzwert a = 0,0007 nicht zu überschreiten, braucht man stündlich bei Gaslicht

$$\frac{0,2716}{0,0007 - 0,0005} = 1385 \text{ cbm frische Luft;}$$

wenn man aber die Zahl a = 0,0010 als Grenzwert dulden will, sind nur erforderlich:

$$\frac{0,2716}{0,0010 - 0,0005} = 543 \text{ cbm;}$$

II. Der Lüftungsbedarf bei Tage für den Grenzwert a = 0,0007 beträgt dagegen nur:

$$\frac{0,0860}{0,0007 - 0,0005} = 430 \text{ cbm;}$$

und für den Grenzwert 1,0 pro Wille = 0,001 sogar nur

$$\frac{0,0860}{0,0010 - 0,0005} = 172 \text{ cbm.}$$

Anstatt wie oben, die durch Leuchtstoffe erzeugte Kohlenäure wirklich zu bestimmen, kann man in der Formel auch einen Zuschlag zum Grenzwert einführen, welcher nach v. Pettenkofer 1 Proz., nach Erismann 0,7 Proz. betragen soll. Dadurch findet man für den kleineren Grenzwert:

nach v. Pettenkofer

$$\frac{0,2716}{0,0017 - 0,0005} = 226,3 \text{ cbm;}$$

nach Erismann

$$\frac{0,2716}{0,0014 - 0,0005} = 301,8 \text{ cbm;}$$

und wenn der Grenzwert a = 0,001 geduldet wird:

nach v. Pettenkofer

$$\frac{0,2716}{0,0020 - 0,0005} = 181,1 \text{ cbm;}$$

nach Erismann

$$\frac{0,2716}{0,0017 - 0,0005} = 226,3 \text{ cbm.}$$

Rechnet man aber getrennt mit dem v. Pettenkofer'schen Grenzwerte, so erfordern die fünf Personen ohne Rücksicht auf Beleuchtung für den Grenzwert p = 001 . . . . . 172 cbm, und für die Beleuchtung allein:

$$\frac{0,186}{0,0020 - 0,0005} = \dots \dots \dots 120 \text{ „}$$

zusammen 292 cbm.

Die für verschiedene Beleuchtungsarten stündlich erforderlichen Luftmengen stellen sich nun wie folgt:

1) Für Kerzenbeleuchtung. Eine Stearinkerze, welche stündlich 11 g konsumiert und nach umstehender Tabelle 15 l Kohlenäure entwickelt, bedarf, wenn der Grenzwert 1 pro Mille nicht überschritten werden soll, eine stündliche Zufuhr von

$$\frac{0,015}{0,001 - 0,0005} = 30 \text{ cbm Luft.}$$

Ein Kilogramm Stearinsäure erzeugt aber bei der Verbrennung 9715 Wärmeinheiten und daher werden bei 11 g Konsum pro Stunde entwickelt: 106,5 Wärmeinheiten.

Diese 106 Wärmeinheiten genügen, um das stündlich erforderliche Lüftungsquantum von 30 cbm um

$$\frac{106}{30 \times 1,2 \times 0,237} = 12,4 \text{ Grad}$$

zu erwärmen, wobei der Faktor 0,237 die spezifische Wärme der Luft und 1,2 das Gewicht eines Kubikmeter Luft bei 20° bezeichnet.

2) Für Gasbeleuchtung. Ein Steinkohlengasflackbrenner von zwölf Meterkerzen Lichtstärke absorbiert stündlich 127 l Gas und erzeugt stündlich 86 l Kohlenäure (vergl. die Tabelle S. 194). Diese 86 l erfordern, wenn der Grenzwert  $p=1$  pro Mille nicht überschritten werden soll, eine Zuführung pro Stunde von

$$\frac{0,086}{0,0005} = 172 \text{ cbm Luft.}$$

Bei der Verbrennung von 1 cbm Leuchtgas werden erzeugt 6814 Wärmeinheiten (ohne Kondensation); durch einen Schnittbrenner, der stündlich 127 l Gas konsumiert, werden daher stündlich 865 Wärmeinheiten entwickelt, welche die einzuführende Luftmenge erwärmen um:

$$\frac{865}{172 \times 0,237 \times 1,2} = 17,9 \text{ Grad.}$$

3) Für elektrische Beleuchtung. Nach den Versuchen des Ingenieur Fontaine<sup>1)</sup> giebt eine elektrische Lampe ein gleichmäßiges Licht von der Stärke von 100 Schnittbrennern, wobei stündlich 5 cm Kohlenstäbe von 1 qcm Querschnitt verbrannt werden. Die Dichtigkeit der Kohle ist ungefähr 2,35, man verbraucht aber stündlich im Maximum 12 g Kohle, welche 44 g oder nahezu 22 l Kohlenäure erzeugen.

Um die Kohlenäure auf das zulässige Maß zu reduzieren, sind stündlich nötig nur

$$\frac{0,022}{0,0005} = 44 \text{ cbm Luft}$$

für 100 Flammen Lichtstärke! Vergleicht man dies geringe zur Verbrennung erforderliche Luftvolumen mit dem

für gewöhnliches Leuchtgas zu beschaffenden, welches sich auf 172 cbm pro Flamme berechnet, also für 100 Flammen = 17200 cbm beträgt, so ergibt sich: daß die Gasbeleuchtung ein Luftvolumen verlangt, welches  $\frac{17200}{44} = 380$ mal so beträchtlich ist, als das zur elektrischen Beleuchtung erforderliche.

Diese Zahlenresultate führen uns mit Notwendigkeit dahin, im Sinne der Zimmerhygiene nach Möglichkeit die elektrische Beleuchtung an Stelle der Gasbeleuchtung zu setzen.

Aus nachstehender Tabelle, welche F. Fischer in den „Jahresberichten der chemischen Technologie“ veröffentlicht hat, ist das Maß der Luftverschlechterung durch verschiedene Beleuchtungskörper übersichtlich zusammengestellt:

Art der Beleuchtung	Stündlicher Verbrauch an Sauerstoff	Produzierte Kohlenäure pro Stunde u. cbm bei 0° C.
Leuchtgas, Argandbrenner . . .	0,8cbm (bis 2)	0,46
„ Zweisloßbrenner . . .	2,0 „ („ 8)	1,14
Petroleum, großer Rundbrenner . . .	0,28 kg	0,44
„ kleiner Flachbrenner . . .	0,60 „	0,95
Wachs . . . . .	0,77 „	1,18
Stearin . . . . .	0,92 „	1,30
Elektrisches Boglicht . . . . .	Spuren	Spuren
„ Glühlicht . . . . .	Nichts	Nichts

### III. Die Überhitzung der Luft durch Wärme- produktion der Menschen.

Der Atmungsprozeß ist nichts anderes, als die langsame Verbrennung (Oxydation) des kohlenstoffreichen, venösen Blutes in den Lungen, wobei eine, im Verhältnis zu seiner Intensität gesteigerte Wärmemenge frei wird. Diese Wärmemenge beträgt nach Gavaret's Versuchen 2,3 Wärmeinheiten pro Kilogramm Körpergewicht und pro Stunde, und da das Gewicht des Menschen im Mittel 65 kg beträgt, so resultiert daraus eine mittlere Wärmeproduktion von 169,5 Wärmeinheiten. Hirn<sup>1)</sup> fand die mittlere stündliche Wärmeproduktion nach direkten Versuchen:

bei einem sitzenden Manne = . . .	170 Wärmeinh.
„ starker Muskelarbeit = . . . . .	255 „
ein Fieberkranker von 65 kg Körpergewicht verlor . . . . .	308 „

Bei sitzendem, ruhigen Verhalten werden aber nach dem früheren 60 g Wasserdampf erzeugt, zu deren Verdampfung 37 Wärmeinheiten erforderlich sind. Zieht man davon die durch Abkühlung des Dampfes von 37° auf 20° frei gewordene Wärme ab mit  $17° \times 0,47 = \text{rot. } 8$  Wärmeinheiten,

1) G. N. Hirn, Théorie mécanique de la chaleur, III. édit. Paris.

1) Eclairage à l'électricité, pag. 63.

so findet man die gesamte, von einem sitzenden Manne produzierte Wärme  $170 - 37 + 8 = 141$  oder rot. 140 Wärmeeinheiten.

Durch diese 140 Wärmeeinheiten werden per Stunde 40 cbm Ventilationsluft um

$$\frac{140}{40 \times 1,2 \times 0,237} = 12,3^{\circ} \text{C.}$$

in der Temperatur erhöht.

Aus diesen numerischen Resultaten ersieht man, daß trotz ausreichender Lüftung die abgeführte Luft eine ansehnliche Temperaturzunahme erleidet und daß die Temperatur des Zimmers unerträglich werden müßte, wenn man die Ventilation unterbrechen oder einstellen wollte.

So ist es auch erklärlich, daß in gefüllten Theatern und Versammlungsräumen Temperaturen bis zu  $30^{\circ} \text{C.}$  festgestellt worden sind. Selbstverständlich haben dann auch die Beleuchtungs- und Heizapparate zur Temperaturerhöhung wesentlich beigetragen.

Oben wurde nachgewiesen, daß unter allen künstlichen Beleuchtungsarten das elektrische Licht die geringste Wärme-Produktion hervorruft. Ihm nahe steht das Auer'sche Gasglühlicht, während die älteren Formen der Leuchtgasbrenner die größte Wärme-Produktion aufweisen. Bei den Regenerativbrennern von Siemens, bei denen die heißen Verbrennungsprodukte teilweise abgeführt werden, ist die Temperaturerhöhung der Zimmerluft gleichwohl bedeutend genug, wie aus nachstehender Tabelle hervorgeht, welche auf den Untersuchungen von Dicke und Renk<sup>1)</sup> beruht.

Art der Beleuchtung	Entwickelte Wärmeeinheiten pro Meter, Kerze u. Stunde
1) Leuchtgas.	
a) Zweiloch- und Schnittbrenner . . .	50
b) Argandbrenner . . . . .	44
c) Siemens Regenerativbrenner . . .	23
d) Auer's Gasglühlicht . . . . .	10,6
2) Petroleumröndbrenner . . . . .	20
3) Elektrisches Glühlicht von 16 Kerzen Stärke	3

#### IV. Ausscheidung von Wasserdampf durch den Lebensprozeß der Menschen.

Wasserdampf als Produkt der Respiration und Perspiration ist in erheblicher Beimischung in der Zimmerluft enthalten: v. Pettenkofer und Voit fanden mit Hilfe ihres Experimentierkabinetts: daß ein junger, kräftiger Mann bei ruhigem Verhalten stündlich im Mittel 58 g Wasserdampf erzeugt, wofür als Maximum 60 g zu setzen sind. Während der Arbeit steigerte sich die Zahl auf das Doppelte.

1) Renk, Pharmac. Centralhalle 1893, Nr. 25.

Wird der stündliche Bedarf von frischer Luft für einen Mann bei ruhigem Verhalten zu 40 cbm angenommen, so hat jedes Kubikmeter aufzunehmen nur  $\frac{60}{40 \text{ cbm}} = 1,5 \text{ g}$  Wasserdampf, während die Sättigungskapazität bei  $+ 20^{\circ} \text{C.}$   $17,2 \text{ g}$  beträgt.

Im allgemeinen ist anzunehmen, daß trockene Luft weniger nachteilig für die Gesundheit ist, als zu feuchte Luft. Bei vollem Lüftungsbetriebe wird man gut thun, Vorfrage zu treffen, daß im Winter ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von 50 höchstens 60 Proz. der absoluten Sättigung erreicht wird, da nach Annahme der Physiologen eine auf 17 bis  $20^{\circ}$  erwärmte und zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigte Luft der Gesundheit am zuträglichsten ist. Diese Temperatur und relative Feuchtigkeit (50 bis 60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit) findet man auch an schattigen Orten im Freien an schönen Sommertagen.

#### V. Verderbnis der Luft durch die Bauart des Gebäudes.

In neu errichteten Gebäuden, namentlich solchen, die vor vollständiger Austrocknung der Mauern, Deckenkonstruktionen u. s. w. bezogen werden, wird beim Betreten der Räume häufig ein modriger Geruch wahrgenommen. Hier ist die Verschlechterung der Luft auf den Einfluß der einschließenden Mauern, Fußböden und Decken, welche noch Baufeuchtigkeit enthalten, zurückzuführen. Es finden alsdann Zersetzungsvorgänge in den Mauern und Zwischendecken statt, derart, daß die aus den Mörtelfugen austretende Feuchtigkeit das Bindemittel zersetzt, mit welchem die Tapeten an die Mauer befestigt sind. Es entstehen dann pilzähnliche Wucherungen, die nur durch kräftiges Lüften, Entfernen der Tapeten, Reinigen der Wände und Tränken derselben mit antiseptischen Stoffen zu beseitigen sind.

Wo die Herstellung der Zwischendecken nicht mit Sorgfalt ausgeführt und zum Schütten unreines, mit organischen Stoffen beladenes Füllmaterial verwendet worden ist, da finden in den Zwischendecken — unter Abschluß von Luft und Licht — noch schwerer wiegende Zersetzungsvorgänge der Holzsubstanz statt, die man als „Trockenfäule“ und als „Hauschwamm“ (merulins lacrimans) bezeichnet. Die hierdurch entstehenden, widerlichen Gerüche teilen sich ebenfalls der Binnenluft der Wohnräume mit und sind definitiv nur durch rationelle Ausrottung der Schwammwucherungen und Entfernen des infizierten, modrigen Füllmaterials der Decken zu beseitigen.

Daß die Luft der unteren Stockwerke in die oberen Geschosse aufsteigt, wird verständlich, wenn man die leichte Konstruktion unserer Zwischendecken kennt. Da nun die Temperatur der Innenluft in der Regel höher ist, als die

der Außenluft, so sind die Umschließungsmauern einem Schlot vergleichbar, welcher die Luft der unteren Geschosse und des Kellers ansaugt. Daß aber die Erreger gewisser epidemischer Krankheiten (wie Pocken, Typhus u. s. w.) durch die angesaugte Luft in höhere Stockwerke übertragen würden, ist nach den neueren Theorien zu bezweifeln.<sup>1)</sup>

VI. Verderbnis der Luft durch Staub.<sup>2)</sup>

Der Staub bewohnter Räume ist entweder anorganischer Natur oder besteht aus niederen Organismen, welche als „Bakterien“ bezeichnet werden. Die erstgenannten Staubteile gelangen mit der Atemluft in den Körper, reizen und verwunden die Schleimhäute und machen dieselben zur Aufnahme krankheitsregender Keime geeignet. Dies gilt namentlich von Kohlenstaub, dessen Aufnahme die Entstehung gewisser Formen von Lungenaffektion verursacht (vergl. Allgemeine und spezielle Gewerbehygiene). Von krankheitsregenden Bakterien sind im Zimmerstaub enthalten: Erreger der Wundkrankheit (Eitererreger), Erreger der Lungenentzündung und der Tuberkulose.

Wollte man den angesammelten Staub aus den Räumen durch kräftige Lüftung herausbefördern, so würde, wie Stern<sup>3)</sup> gezeigt hat, selbst bei dreimaligem Luftwechsel in der Stunde, die Luft nicht schneller keimfrei werden, als durch bloßes Absezen des Staubes. Man bekämpft den Staub also nicht durch Lüftung, sondern durch Reinlichkeit, durch Haarbesen und Scheuertuch! Für den Heiztechniker aber ergibt sich die Lehre: bei Herstellung neuer Lüftungsanlagen dafür Sorge zu tragen, daß die zur Ventilation benutzte Außenluft möglichst „staubfrei“ in die Innenräume gelangt. Hierüber ist bereits in § 49 „Luftfilteranlagen“ das nötige gesagt.

Die Temperatur als Maß der Luftverschlechterung.

Es mag noch Erwähnung finden, daß Rietchel (vergl. „Leitfaden zur Berechnung von Lüftungs- und Heizungsanlagen“, 2. Auflage, 1. Bd., S. 9) vorgeschlagen hat, auch die Temperaturerhöhung, welche sich in bewohnten Räumen einstellt, als Maß der Luftverschlechterung zu benutzen. Nun fühlt sich in unserem Klima der Mensch, wenn er nicht besondere körperliche Arbeit verrichtet, im Winter am wohlsten bei einer Raumtemperatur von 18 bis 20° C.

In der sogenannten Beleuchtungszone der Theater, Konzertsäle, Fortbildungsschulen mit Abendunterricht u. s. w. werden aber — wie schon bemerkt — viel höhere Temperaturen

beobachtet und sind, da der Aufenthalt doch nur vorübergehend ist, auch Temperaturen bis zu 23° C. zulässig. Es muß jedoch stets Sorge getragen werden, daß in der höheren Temperatur der Beleuchtungszone sich Menschen nicht aufzuhalten haben; ist letzteres der Fall, so können auch höhere Temperaturen daselbst gestattet werden.

Die Wärmemenge W, welche stündlich durch die Lüftungsanlage zu beseitigen ist, läßt sich — nach Rietchel — ausdrücken durch die Formel:

$$W = W_1 + W_2 \mp W_3$$

Hierin bezeichnet W<sub>1</sub> die Wärmemenge, welche stündlich durch die Anwesenden, W<sub>2</sub> diejenige, welche durch die Beleuchtung, W<sub>3</sub> diejenige, welche stündlich durch die Wände, Decken, Fußböden u. s. w. im Winter nach außen transmittiert, im Sommer nach innen übergeführt wird. Für die Heizmonate Oktober bis April gilt das — Vorzeichen, für den Sommer das + Vorzeichen.

Bezeichnet:

t<sup>1</sup> die Temperatur der eingeführten kühleren Ventilationsluft,

t die zulässige Temperatur des Raumes,

dann ist im Beharrungszustande und bei gleichmäßiger Verteilung der Wärme im Raume der stündliche Luftwechsel durch die Formel gegeben:

$$L = \frac{W(1 + \alpha^4)}{0,306(t - t^1)}$$

Nachstehende Tabelle enthält die Größe des erforderlichen Luftwechsels bezogen auf die stündlich abzuführende Wärmemenge von 100 Kalorien für verschiedene Raumtemperaturen.

Temperatur der einströmenden Luft	Zulässige Temperatur des Raumes in Grad Celsius									
	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	35°	
15°	116 obm	87	70	59	50	44	40	36	18	
16°	174	117	88	70	59	51	44	40	19	
17°	348	175	117	88	71	59	51	45	20	
18°	—	350	175	117	88	71	59	51	22	
19°	—	—	351	176	118	89	71	59	23	
20°	—	—	—	352	177	118	89	71	25	

§ 72.

Ventilationsbedarf.

Der Ventilationsbedarf ist das Volumen der für eine Person stündlich auszuwechselnden Luft. Dieser Bedarf ist bereits, unter Benützung der v. Pettenkofer'schen Grenzwerte, für verschiedene Fälle theoretisch ermittelt worden, wobei sich — im Vergleich zu den auf Erfahrung gegründeten Angaben — in der Regel höhere Werte ergeben, als die nachfolgende Tabelle enthält. So verlangt Morin

1) Emmerich, Die Wohnung, in Pettenkofer's Handbuch der Hygiene, 1. Bd., 2. Abt. (1894). Vergl. auch Nußbaum, Spez. Bauhygiene im Handbuch der Hygiene.

2) A. Bernich, Virchow's Archiv, 79. Bd., und Th. Weyl, Handbuch der Hygiene, 7. Bd.

3) Stern, Zeitschrift der Hygiene, 7. Bd., 1889.