



## **Die Städtereinigung**

**Büsing, F. W.**

**Stuttgart, 1897**

V. Abschn. Luft, Luftreinigung und Luftbewegung

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83772](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83772)

## V. Abschnitt.

### Luft, Luftreinigung und Luftbewegung.

#### 1. Kapitel.

##### Luftbeschaffenheit.

§ 60. Eine erwachsene Person nimmt mit jedem Atemzuge 0,4—0,5 Liter Luft in die Lunge auf, daher bei 16 bis 18 Atemzügen in 1 Minute stündlich bis 0,5 Kubikmeter und in 24 Stunden 10—12 Kubikmeter Luft. 400—600 Liter O (ein Gewicht von 600—900 Gramm) gehen in das Blut über, während anderseits 400—500 Liter CO<sub>2</sub> (ein Gewicht von 800 bis 1000 Gramm) durch die Atmung ausgestoßen werden.

Bei der Größe des täglichen Luft- und Sauerstoffbedarfs sowohl, als bei den vielseitigen Wirkungen, welche die Luft auf das körperliche Befinden übt, ist Reinheit der Atmungsluft, d. h. normaler Gehalt von O und möglichste Abwesenheit von fremden Stoffen in derselben eine Hauptforderung der Gesundheitspflege. In anderer Weise kommt die Luftreinheit in Betracht, indem durch dieselbe die Erreger verschiedener Infektionskrankheiten — worunter dem Bazillus der Tuberkulose besondere Bedeutung zukommt — mittelbar verbreitet werden können; es handelt sich daneben um die Erreger der sogen. exanthematischen Infektionskrankheiten, wozu Rötheln, Masern, Scharlach, Keuchhusten, Pocken, Diphtheritis u. s. w. gehören. Endlich spielen chemische und physikalische Beschaffenheit der Luft für die hier vorliegenden Zwecke insofern eine Rolle, als durch sie die Bewegung der Luft, d. h. der Luftwechsel in abgeschlossenen Räumen (unterirdischen Kanälen) beeinflußt wird und als die im Betriebe u. s. w. von Städtereinigungsanlagen (Kanälen, Gruben u. s. w.) beschäftigten Arbeiter nicht davor gesichert sind, in Berührung mit verdorbener Luft zu kommen, die für Gesundheit und Leben derselben ernstliche Gefahren mit sich bringen kann.

§ 61. Die reine atmosphärische Luft ist ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff mit nur geringem Wechseln der beiden Bestandteile nach der Oertlichkeit. Der O-Anteil bewegt sich zwischen den Grenzen 20,72 und 21,00 % (Volumenprozente), der N-Anteil zwischen den Grenzen 78,16 und 79,00 %. Gesundheitlich kommt nur dem Sauerstoff Bedeutung zu; der Stickstoff dient nur als Träger des Sauerstoffs. Was örtliche Schwankungen des O-Gehalts betrifft, so enthält die Luft:

über Meeren . . . . .	21,00	O
im Gebirge . . . . .	20,98	"
im Freien . . . . .	20,96	"
im Walde . . . . .	20,90	"
in Städten . . . . .	20,86	"

Der Sauerstoff wird bei elektrischen Entladungen zum Teil in die besondere Form des Ozons übergeführt. Eng gebunden an den Stickstoff hat man in letzterem neuerdings einen bisher unbekannten Stoff in minimalen Mengen, das Argon, aufgefunden.

Wesentlich geringere Anteile von O werden in geschlossenen Räumen da ange troffen, wo besondere chemische Prozesse Sauerstoff absorbieren, z. B. auch da, wo Zersetzungsprozesse vor sich gehen (vergl. das S. 51 mitgeteilte Beispiel), in stark verdünnter Luft u. s. w. Die vom Menschen ausgeatmete Luft ist um 20 bis 25 % ärmer an Sauerstoff als die eingeatmete Luft und enthält dem entsprechend nur noch 15,5 bis 16 Teile O, 75,5 bis 76 Teile N und 4,3 bis 4,5 Teile CO<sub>2</sub>.

Der regelmäßige Gang und die Größe des Stoffwechsels im Körper (die Blut erneuerung) bedingen die Aufnahme einer gewissen Sauerstoffmenge innerhalb einer gewissen Zeit, wenn der Stoffwechsel normal sein soll. Wird jene Sauerstoffmenge in der normalen Zahl der Atemzüge nicht aufgenommen, oder ist die in ausreichender Menge eingeatmete Luft sauerstoffarm, so kann der Körper das selbstthätig durch eine Vermehrung der Atemzüge ausgleichen, doch nur bis zu einem gewissen Grade. Beim Absinken des O-Gehalts bis auf etwa 10 Teile wird die Atmung schon sehr beschwerlich und beim weiteren Absinken bis auf etwa 6 Teile besteht unmittelbare Lebensgefahr.

Da die Flamme gegen Sauerstoffmangel empfindlicher als der menschliche Körper ist, bieten Abschwächung oder Verlöschen derselben sehr sichere Anzeichen für Unbekömmlichkeit oder Lebensgefahr an Stellen, wo Sauerstoffarmut der Luft besteht, wie z. B. in Gruben aller Art.

Gewöhnlich geht mit der Sauerstoffabnahme eine Kohlensäurezunahme in der Luft parallel.

§ 62. Immer enthält die freie Atmosphäre, und noch mehr die Luft geschlossener Räume, eine Reihe von Fremdstoffen, die man nach ihrer Herkunft in anorganische und organische sondern kann. Regelmäßige und stets in einiger Menge vorhandene Begleiter der Luft sind Wasserdampf und Kohlensäure. In untergeordneten Mengen finden sich Ammoniak, schweflige Säure, salpetrige Säure und Salpetersäure, Chlorwasserstoff, Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd; vorübergehend kann die Luft Ozon, Wasserstoffsuperoxyd und Schwefelwasserstoff enthalten. Mechanisch beigemengt — wie der Wasserdampf — enthält die Luft Staub und Mikroben.

§ 63. Indem selbst sehr dichte Körper — wie z. B. Blei — verstauben, ist der Luftstaub ein Gemisch aus Bestandteilen der allerverschiedensten Herkunft. Die größten Staubmengen werden auf den Straßen, und in der dem gewöhnlichen Verkehr dienenden Umgebung der Häuser erzeugt, und dort entweder unmittelbar eingeatmet oder in die Wohnungen verbreitet. Staub ist ein Gemisch von mineralischen und organischen Stoffen: Sand, Kalk, Thonerde, Eisen, Kohle, Asche, Dünger, Insektenresten, Pflanzenfasern, Hautschuppen, Haaren, Pollen, Flechten, Algen, Schimmelpilzen u. s. w.

Die Staubmengen, welche die Luft im Freien regelmäßig enthält, schwanken mit der Jahreszeit. Sie erreichen im Sommer den Größtwert und sind auch im Büsing, Städtereinigung. 1.

Herbst und Frühling größer als im Winter. Immer aber handelt es sich nur um sehr kleine Mengen. v. Fodor ermittelte dieselben zu bzw. 0,24, 0,35, 0,42 und 0,55 Milligramm in 1 Kubikmeter Luft; die kleinste Menge ist diejenige, welche nach einem Regenfall angetroffen wird, während in derselben Oertlichkeit in trockener Zeit 3,0 bis 4,5 Milligramm gefunden werden. In der Luft des Marsfeldes in Paris fand Arnould 6 Milligramm Staub in 1 Kubikmeter; doch sind anderweit auch 23 Milligramm angetroffen worden.

Je nach der Oertlichkeit besteht der Staub im Mittel zu 30 bis 60 % aus organischen und 40 bis 70 % mineralischen Stoffen. In der Luft geschlossener Räume, namentlich in sogen. Massenlokalen (auch Schulen) werden erheblich größere Staubmengen als in der freien Luft angetroffen, besonders da, wo nicht nasse Reinigung der Fußböden stattfindet. Hesse ermittelte in einem Wohnzimmer 1,6 Milligramm, in dem Putzraum einer Eisengießerei 26 und in einer Mahlmühle 140 Milligramm Staub in 1 Kubikmeter Luft.

Der in die Atmungswerze gelangende Staub erzeugt allgemein Hustenreiz, katarrhalische Affektionen, Entzündungen, in größeren Mengen hineingelangend, eine als Lungenverstaubung (Staublunge) bezeichnete Krankheitsform, welche nach den Bestandteilen des Staubes als „schwarze Lunge“ (bei dauernder Einwirkung von Kohlenstaub), als „Kieselunge“ (bei Einatmung von Kieselstaub und Staub, der von andern Gesteinen herrührt) und als „Eisenlunge“ bezeichnet wird, wenn der Staub Eisen ist. Scharfe eckige Form der Staubkörner verschlimmert die Affektionen. Größere Einlagerungen heben die Elasticität der Lunge an diesen Stellen auf, bringen Verhärtungen in derselben hervor und Erweiterungen der Lungenbläschen im übrigen Teil (Emphysema). Ob durch Staubeinatmung allein auch Lungen-tuberkulose erzeugt werden kann, ist eine gegenwärtig noch bestrittene Frage. Weiteres über die besonderen Schädlichkeiten bestimmter Staubarten ist unter anderem in Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene, Berlin 1896, nachzulesen.

Neben der oben geschilderten Bedeutung des Staubes, der mit Bezug auf das Straßenreinigungswesen Interesse bietet, laufen mehrere andre her. Die Staubteilchen der Luft spielen eine wichtige Rolle bei der Bildung von Nebel, indem an ihrer Oberfläche der Wasserdampf der Luft niedergeschlagen wird; sie sind also auch in indirekter Weise der allgemeinen Reinlichkeit abträglich.

§ 64. Weiter dient der Luftstaub zum Anhängen von Mikroben, die mit demselben in die Luft aufgenommen, in ihr verbreitet werden, und mit dem Staub auch bald wieder zu Boden sinken. Ueber großen Wasserflächen ist die Luft mikrobenfrei und arm an Mikroben auch in Oertlichkeiten mit hohem Feuchtigkeitsgehalt der Luft; die größere Menge derselben wird in bewegter Luft angetroffen. Aber die Luft — einerlei ob es sich um die freie Atmosphäre, oder um die Luft in geschlossenen Räumen handelt — ist für das Mikrobenleben allgemein ungünstig und was sich darin findet, gehört im ganzen der Klasse der Saprophyten an; pathogene Bakterien sind in der Luft bisher nur ausnahmsweise angetroffen, und wenn dies der Fall auch nur in geschlossenen Räumen.

Zeitlich und örtlich zeigen sich Wechsel. Die größten Mikrobenmengen finden sich im Sommer, die geringsten im Winter. Mäßige Wärme und einige Feuchtigkeit bringen Vermehrungen mit sich, Hitze und Regenfälle starke Abminderungen.

Auf hohen Bergen sind in 1 Kubikmeter Luft 1 bis 3, in der Straßenluft von Paris (Rue Rivoli) 3500 Keime gefunden, dagegen in der Luft neuer Pariser Häuser 4500 und in derjenigen alter Häuser 36000. Im Hospital de la pitié wurden 79000 ermittelt, dagegen — und dies ist eine höchst bemerkenswerte Thatsache —

in der Luft von Pariser Kanälen nur 800 und 6000. Auch die Luft der Berliner Kanäle hat sich sehr viel bakterienärmer als die Luft der Straßen über denselben erwiesen. In Londoner Kanälen sind 1000 bis 1300 und in den Kanälen von Dundee 2000 bis 5000 Keime ermittelt worden, in der Luft von häuslichen Schmutzwasserableitungen (von Uffelmann) 500 Keime. Ueberhaupt sind gewöhnlich viel geringere Keimmengen in der Kanalluft gefunden worden, als diejenigen, welche man für Wohnräume feststellen konnte. Aber ebenso bemerkenswert wie die Geringfügigkeit der Menge ist die Thatsache, daß die Mikroben in der Kanalluft im allgemeinen mit derjenigen der Straßenluft übereinstimmten; jedenfalls ist es bisher nicht gelungen, in der Luft von Kanälen pathogene Bakterien aufzufinden.

Noch einige weitere Keimzahlen, welche man für 1 Kubikmeter Luft in geschlossenen Räumen ermittelt hat, mögen hinzugefügt werden:

In Spitalräumen zu Lyon fand man im Hofe 1084, im Laboratorium 3846, in Krankensälen, wechselnd, zwischen 5000 und 15000, in Operationssälen 500 bis 832 Keime. In einem Operationssaal zu Rostock wurden aber 3000 bis 4000 Keime gezählt. Petri fand in der Umgebung eines Berliner Hauses bezw. in dem Innern desselben: in der Straßenluft vor dem Hause 710 bis 800, in der Hofluft hinter dem Hause 32000, in der Luft über Dach 330 bis 510 und in der Luft eines Arbeitssaals am Fußboden, am Fenster und nahe unter Decke 600 bezw. 763 und 30 Keime. Neben den angegebenen Keimzahlen von Spaltpilzen wurden in der Umgebung des Hauses — besonders in der Hofluft — auch Schimmelpilze in einigen Mengen angetroffen.

Aber nicht nur, daß die Keimzahlen für Innenräume sich überall höher herausgestellt haben als für Kanalluft, sondern es ist auch in der Luft von Räumen, die zum menschlichen Aufenthalt dienten, einmal die Anwesenheit pathogener Arten von Spaltpilzen festgestellt worden. In der Luft von Krankenräumen hat man die Erreger von Eiterung und der Wundrose, anderswo auch den Pneumonie- und den Tuberkelbazillus gefunden, ob auch die Protozoen der Malaria, scheint noch nicht sicher erwiesen zu sein\*).

Zweifellos ist es, daß mit Staub auch noch andre als die hier genannten Mikrobenarten in die Luft verbreitet und mit ihr zu „infektionstüchtigen“ Stellen geführt werden können, z. B. auf die Haut, in die Luftwege und in den Verdauungsgang des Menschen. Es liegen z. B. einige erwiesene Fälle der Verbreitung von Typhus durch Luft vor, obwohl bisher der Typhusbazillus noch nicht in der Luft gefunden worden ist. Hierin ist aber, wegen der noch bestehenden Unvollkommenheit der Luftuntersuchung auf Mikroben, ein Beweis gegen die Existenzmöglichkeit des Typhusbazillus in Luft nicht zu sehen. Immer wird man nur an ein gelegentliches und vorübergehendes Vorkommen denken dürfen, da nach allen bisherigen Beobachtungen eine Vermehrung pathogener Keime in der Luft als ausgeschlossen anzusehen ist.

Denn die Mikroben der Luft sind in derselben nicht heimisch, sondern andern Ursprungs; im allgemeinen sind sie an der Bodenoberfläche und in Abfallstoffen zu Hause, desgleichen in Wasser. Aus Wasser gibt es nur einen einzigen Weg, auf dem sie in die Luft übergehen können: die Verspritzung, welche durch Hantierungen im Wasser oder bei heftigen Bewegungen des Wassers, beim Platzen von

\*) Eine sehr ausführliche Behandlung des Kapitels über Mikroben der Luft gibt Arnould in den *Nouveaux Éléments d'hygiène*. Mit Bezug auf die in Kanalluft enthaltenen Mikrobenarten kann auf die D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 27 u. 28 (1895 und 1896) verwiesen werden.

Gasblasen stattfinden kann. — Insbesondere durch Versuche von v. Nägeli ist es sicher erwiesen, daß durch Verdunstung ein solcher Uebergang unmöglich ist. Auch mit Bezug auf Mikroben, die in feuchte Massen irgend welcher Art eingeschlossen sind, ist an eine Verbreitung in die Luft durch Verdunstung nicht zu denken.

Aus nur halb feuchten Massen können Mikroben durch Luftströmungen gelöst und mitgeführt werden; es sind dazu aber Luftgeschwindigkeiten von mehreren Metern erforderlich, wie u. a. durch Versuche im Hygienischen Institut zu Berlin erwiesen worden ist. Es bedarf sogar ziemlich lebhafter Luftströmungen, um in die Luft bereits übergegangene Mikroben auf einige Entfernungen mitzuführen. Aus einem Luftstrom von 0,5 Meter Geschwindigkeit verschwanden die Keime schon nach einer Wegeslänge von 7 Meter; ein heftiger Wind führte sie 46 Meter weit mit sich.

§ 65. Den vorstehend mitgeteilten Befunden und Beobachtungen über Staub und Mikroben in der Luft kommt besondere Bedeutung mit Bezug auf die Art und Weise der Reinigung des Hauses und seiner Umgebung, auch der Straßenreinigung und der Beseitigungsweise von Straßen- und Hauskehricht zu; für die betreffenden Vorrichtungen u. s. w. begründet sich daraus die Notwendigkeit möglichster „Staubfreiheit“. Anderweite Folgerungen ergeben sich daraus in Hinsicht auf die sogen. Kanalgasttheorie; auf diese Folgerungen wird erst weiterhin einzugehen sein.

§ 66. Salpetersäure kommt in der freien Luft nur in so geringen Mengen vor, daß sie gesundheitlich ohne Bedeutung ist. Sie kann aber, außer durch Umbildung des Stickstoffs der Luft, auch aus Ammoniak entstehen und daher ihren Ursprung der Anwesenheit von Abfallstoffen verdanken. Aber selbst in der durch Abfallstoffe verunreinigten Luft sind die Mengen von  $\text{HNO}_5$  immer nur minimal. (Einige Zahlenangaben in Arnould, *Eléments*).

§ 67. Kohlenoxyd (CO), in der freien Luft als Produkt unvollständiger Verbrennung vorkommend, macht einen erheblichen Bestandteil des Leuchtgases aus (4 bis 14 %) und kann aus undichten Gasröhren, die im Boden selbst in einiger Entfernung von Kanälen liegen, Zutritt zu letzteren gewinnen, auch aus Röhren, welche in Kanälen untergebracht sind, unmittelbar an die Kanalluft übergehen. CO ist eines der gefährlichsten, plötzlich wirkenden Gifte; es entzieht den roten Blutkügelchen den Sauerstoff mit Heftigkeit und bringt so Erstickung hervor. Die tödliche Menge soll bei etwa 1 Raumteil pro Tausend liegen. Die Unterbringung von Gasröhren in Kanälen, welche vereinzelt vorkommt, setzt schon hiernach die Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln voraus. Solche sind auch aus dem andern Grunde geboten, daß Leuchtgas in gewissen Mischungen mit Luft (Knallgas) die Gefahr von Explosionen mit sich bringt.

§ 68. Kohlenwasserstoffgas ( $\text{CH}_4$ ), das in wässrigen Schmutzmassen entwickelt wird, kann in gewissen Mischungen mit Luft zu Knallgas werden, daher in abgeschlossenen Kanälen oder Gruben, wenn es mit Licht in Berührung kommt, Explosionen ergeben.

§ 69. Schwefelwasserstoff ( $\text{SH}_2$ ) kommt in freier Luft nicht vor, indem er bei seiner großen Affinität zu Sauerstoff (sowohl als Eisen) sofort zerlegt wird. Vorübergehend findet  $\text{SH}_2$  sich in der Luft von Kanälen mit ungenügendem Luftwechsel und — oft in großen Mengen — in verschlossenen Abortgruben. 1 Kubikmeter Londoner Kanalwasser entwickelte in 24 Stunden 66 bis 130 Liter Gas, worin 1,3 bis 3,9 Liter  $\text{SH}_2$ , und in 1 Kubikmeter Luft von Abortgruben fand man

29,9 Liter  $\text{SH}_2$ . Dies sind aber Ausnahmefälle und es wird in gut gelüfteten Kanälen  $\text{SH}_2$  entweder gar nicht oder nur in Spuren angetroffen (D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspf. Bd. 28 [1896]). Schwefelwasserstoff ist eines der gefährlichsten Gifte; es reizt zunächst die Schleimhäute, bringt alsdann Ubelkeit, Erbrechen u. s. w. hervor, entzieht dem Blut seinen Sauerstoff und wirkt daher erstickend. Bei nur 0,145 bis 0,300 Teilen auf 1000 Teile wird das Arbeiten in solcher Luft schon nach kurzer Zeit lästig, bei 0,575 Teilen gefährlich; 0,7 bis 0,8 Teile bringen schwere Erkrankungen, 1,0 bis 1,5 Teile rasch den Tod hervor.

$\text{SH}_2$  hat hohes spezifisches Gewicht, rund 2 Gramm pro 1 Liter (genauer 2,297 bei 760 Millimeter Barometerdruck und 0° Temperatur). Er strebt daher — wie die etwa gleich schwere Kohlensäure — immer die „tiefste Lage“ einzunehmen. Bei Unglücksfällen durch Einatmung wird es sich gewöhnlich um die vereinigte Wirkung von  $\text{SH}_2$  und  $\text{CO}_2$  handeln. Geringer Luftaustausch genügt, um Gefahren durch Einatmen von  $\text{SH}_2$  zu beseitigen. Fälle von  $\text{SH}_2$ -Einatmung in Kloaken und Kanälen mit tödlichem Ausgang sind vereinzelt berichtet worden (Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin etc. 5. Bd. 1893. — Centralbl. f. allg. Gesundheitspf. 1889. — D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspf. Bd. 27 u. 28. 1894 u. 1895), doch nicht immer allemal vollständig aufgeklärt.

§ 70. Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), das Produkt von Fäulnis, ist in der freien Luft, in der es in wechselnden, aber immer nur geringen Mengen vorkommt, ohne Bedeutung, dagegen in geschlossenen Räumen sowohl als Indikator von Fäulnis, sowie wegen seiner Gesundheitsschädlichkeit von einiger Bedeutung. Arnould (Nouv. Eléments etc.) teilt eine Reihe von Zahlen mit, nach welchen an verschiedenen Orten die  $\text{NH}_3$ -Mengen zwischen 0,00003 und 0,00165 in 1000 Raumteilen wechseln. Doch liegt auch die Grenze der Gesundheitsschädlichkeit sehr niedrig. 0,3 bis 0,5 Teile auf 1000 können bei Gewöhnung ertragen werden, bei 0,5 Teilen beginnt aber die Schädlichkeit, bestehend in Reizungen der Schleimhäute der Luftwege, Schwellungen und fibrinösen Auflagerungen, auch Entzündung an der Bindehaut der Augen. Das Litergewicht von  $\text{NH}_3$  ist bei 0° Temperatur und 760 Millimeter Barometerdruck 0,6725.

§ 71. Chlor, in der Luft weniger, in häuslichen Abwässern (Küchenwasser) dagegen reichlich vorkommend, ist ein organische Stoffe sehr stark zerstörendes Gas. Es darf, um nicht schädliche Wirkungen bei Menschen hervorzurufen, in der Atmungsluft bis zu höchstens 0,004 Raumteilen in 1000 Raumteilen Luft vorhanden sein. — Schweflige Säure, aus unvollkommener Verbrennung von Brennmaterialien herührend, in der Luft von Ortschaften immer in einiger Menge vorhanden, wirkt ebenfalls höchst zerstörend auf Lebendes, sowie auch auf Baumaterialien. Die untere Grenze der gesundheitlichen Schädlichkeit liegt bei 0,05 Raumteilen in 1000 Raumteilen atmosphärischer Luft, und es treten rasch gefährliche Wirkungen ein, wenn der Anteil sich auf 0,4 bis 0,5 Raumteile erhöht. Sowohl Chlor als schweflige Säure sind höchst wirksame Desinfektionsmittel; doch ist ihre Verwendung für diesen Zweck durch die große Gefährlichkeit des Gebrauchs sehr eingeschränkt.

§ 72. Ozon (sogen. aktiver Sauerstoff), durch besondere Vorgänge (elektrische Entladungen) in der freien Atmosphäre entstehend, findet sich höchstens in der Menge von 2 Milligramm auf 100 Kubikmeter in derselben. — Aehnlich Wasserstoffsuperoxyd ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Beide Stoffe (die niemals in der Luft geschlossener Räume angetroffen werden) kommen hier nur ihrer starken Oxydationswirkung wegen zur Erwähnung. Ihre praktische Verwertung für Desinfektionszwecke ist aber bisher belanglos.

§ 73. Kohlensäure ( $\text{SO}_2$ ) ist ständig und überall in der Luft anwesend. Hauptquellen derselben sind der Atmungsprozeß der Menschen und Tiere, Entwicklung durch die Pflanzenwelt, die Brennmaterialien und die Zersetzungsvorgänge an der Bodenoberfläche und unter derselben. Abgesehen davon, daß nahe über Bodenoberfläche der  $\text{CO}_2$ -Gehalt am größten ist, sind die Schwankungen desselben im Freien nur sehr gering, sowohl örtlich als zeitlich. Nach Wolpert (Uffelmann, Jahresberichte 1891) wurden in 1000 Raumteilen Luft angetroffen:

in den Straßen einer Anzahl größerer Städte in den Sommermonaten 0,26 bis 0,31, im Mittel 0,28 Raumteile,  
auf freien Plätzen der Städte desgleichen 0,29 bis 0,32, im Mittel 0,30 Raumteile,  
in den Straßen einiger anderen großen Städte in den Frühlingsmonaten 0,38 bis 0,68, im Mittel 0,52 Raumteile,  
an verschiedenen Stellen der Küste der Nordsee und des Mittelmeers 0,22 bis 0,25, im Mittel 0,24 Raumteile.

Der Durchschnittsgehalt von  $\text{CO}_2$  in 1000 Raumteilen der freien atmosphärischen Luft liegt zwischen 0,25 bis 0,45 Raumteilen, der unteren Grenze aber näher als der oberen.

Wesentlich höhere Mengen werden in der Luft geschlossener Räume und an Stellen angetroffen, wo Zersetzungsvorgänge (Gärung, Fäulnis, Verwesung) stattfinden. In den Kellerräumen von Häusern, die in verunreinigtem Boden stehen, enthält die Luft oft das Vier- bis Achtfache der  $\text{CO}_2$ -Menge des Freien und dicht über Kellersohle noch größere Mengen. Im Erdgeschoß von Gebäuden findet sich weniger, dagegen wird in den höher liegenden Geschossen wieder mehr  $\text{CO}_2$  angetroffen. Es ist durch viele Beobachtungen als erwiesen anzunehmen, daß sie zu den höher liegenden Räumen von unten aus — durch die Decken u. s. w. — Zutritt gewinnt\*). In Schulen und größeren Versammlungsräumen sind von 4 bis 8 Raumteile  $\text{CO}_2$  auf 1000 Raumteile Luft, und in besonderen Fällen noch größere Mengen ermittelt worden.

Hohe Anteile von  $\text{CO}_2$  werden auch in der Luft von Abortgruben und schlecht gelüfteten Kanälen angetroffen. 1 Kubikmeter Londoner Kanalwasser entwickelte in 24 Stunden 66 bis 130 Liter Gase und darin 11 bis 22 Liter  $\text{CO}_2$ . In der Luft des Kanals unter dem englischen Parlamentsgebäude fand man 4,2 bis 8,9 Raumteile  $\text{CO}_2$ , und in den Kanälen von Dundee 3,9 bis 6,7 Raumteile  $\text{CO}_2$  in 1000 Raumteilen Luft. In Münchener Kanalluft ermittelte Beetz von 2,17 bis 4,43 Raumteile auf 1000 Raumteile Luft. Anderweitig sind sowohl geringere als auch größere Anteile gefunden worden.

Ein Satz für Kanalluft, der öfter unter- als überschritten wird, scheint das Acht- bis Zehnfache desjenigen der freien Luft, also 2,5 bis 5,0 Raumteile zu sein; in selten geleerten verschlossenen Abortgruben können aber größere Mengen angetroffen werden.

$\text{CO}_2$ , wenn als Produkt von Fäulnis entstanden, wirkt mittelbar und unmittelbar gesundheitsschädlich, mittelbar, indem kohlensäurerreiche Luft weniger Sauerstoff als bei der normalen Luftbeschaffenheit enthält. Die unmittelbare Wirkung besteht entweder in Erstickung bei zu stark verringertem Sauerstoffanteil der Atmungsluft, oder in einer Vergiftung, oder durch das Zusammenwirken beider Faktoren. Indessen ist das Anpassungsvermögen des Körpers an  $\text{CO}_2$ -Aufnahme ein sehr weit gehendes und

\*) Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene, und Betke, Untersuchungen über Kanalluft und Kellerwohnungen in der D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 21 (1889).

fallen deshalb auch die Angaben verschiedener Autoren über die Schädlichkeitsgrenzen weit auseinander. Mehrfach in der Litteratur sich findende Werte sind folgende: 10 in 1000 Raumteilen Beginn von Unbehagen. 80 bis 100 Teile können noch während kurzer Zeit ohne schwere Störungen ertragen werden. 200 bis 300 Teile bringen rasch Bewußtlosigkeit und gefährliche Erkrankung, höhere Anteile, bis 500, Krämpfe und Erstickung.

Ein sehr sicheres Kennzeichen von Gefahr giebt die Lichtprobe, da eine in stark kohlensäurehaltige Luft gebrachte Kerze bei 28 Teilen (nach andern erst bei 60 und 80) erlischt. Rasch wirkende Sicherungsmittel sind: das Einschütten von Aetzkalk, der die  $\text{CO}_2$  bindet, oder auch von Eisenvitriol, desgleichen Luftwechsel, durch Erzeugung von Luftbewegung hervorgebracht.

$\text{CO}_2$  ist wegen ihres hohen spezifischen Gewichts (nach einigen 1,8670, nach andern 2,0587 bei  $0^\circ$  Temperatur und 760 Millimeter Barometerdruck) von einer gewissen Bedeutung für den Luftwechsel von geschlossenen Räumen — auch desjenigen von Kanälen. Denn bei ihrem um 50 bis 66 % größeren Gewicht als dasjenige der Luft, strebt sie nach der tiefsten Lage, um sich dort lachenartig anzusammeln und verringert so, oder auch mit der Luft gemischt, die Beweglichkeit der letzteren. Auf diesen Punkt wird weiterhin bei Besprechung der Luftbewegung näher einzugehen sein.

§ 74. Der Gehalt der Luft an Wasserdampf geht niemals über 4 % hinaus; er schwankt in umgekehrtem Sinne wie die Temperatur, sowohl in den größeren Zeiträumen (Monaten, Wochen, Tagen) als auch in den Tagesstunden. Im mittleren Deutschland giebt es an jedem Tage je zwei Maxima und zwei Minima der Luftfeuchtigkeit; erstere fallen etwa auf bzw. 9 Uhr vormittags und 8 bis 9 Uhr nachmittags, letztere auf 2 Uhr vormittags und 4 Uhr nachmittags.

Bodenfeuchtigkeit erhöht den Feuchtigkeitsgehalt der nahe über der Oberfläche liegenden Luftsichten, ebenso auch Bedeckung derselben mit Pflanzenwuchs, da letzterer sehr bedeutende Wassermengen durch Verdunstung an der Oberfläche der Blätter u. s. w. abgibt. Ueber Humusboden ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft am größten, über Sandboden am geringsten.

Jeder Temperatur entspricht eine Größtmenge von Feuchtigkeit, welche in der Luft enthalten sein kann; dabei ist die Luft gesättigt. Jedem Feuchtigkeitsgehalt entspricht auch eine gewisse Spannung (Tension, Dunstdruck) der Luft, welche unabhängig von dem Luftdruck ist. Beim Ueberschreiten der Sättigung tritt Verdichtung zu Nebelbläschen, Tau- und Regentropfen ein. Denjenigen Dunstdruck, welcher der Sättigung entspricht, bezeichnet man, entsprechend, als Taupunkt.

Bezeichnet  $G$  das Gewicht von 1 trockener Luft bei  $0^\circ$  Temperatur (und 760 Millimeter Barometerdruck) in Kilogramm,  $t$  die Temperatur,  $T$  die Dunstspannung beim Sättigungszustande und  $P$  die in 1 Kubikmeter des Gemisches aus Luft und Dampf enthaltene Feuchtigkeitsmenge gleichfalls in Kilogramm, so gelten folgende Gleichungen\*):

$$1) \quad G = \frac{1,2392}{1 + 0,003665 t} \cdot \frac{760 - T}{760} + P$$

und:

$$2) \quad P = \frac{1,2932}{1 + 0,003665 t} \cdot \frac{0,6225 T}{760},$$

\*.) Ohne Rücksicht auf den Feuchtigkeitsgehalt bestimmt sich das Gewicht von 1 cbm Luft nach der Annäherungsformel:

$$G = 1,300 - 0,004 t.$$

Temperatur	Dampfspannung Millimeter Quecksilbersäule	Gewicht des Wasser- dampfes in 1 cbm Gramm	Gewicht von 1 cbm				Gewichtsverminderung von 1 cbm Luft gleicher Temperatur, verglichen mit trockener Luft, bei		
			trockener Luft	zu			35 %	70 %	100 %
				35 %	75 %	100 %			
				gesättigter Luft			des Sättigungszustandes		
			Kilogramm				Gramm		
— 20°	0,9	1,06	1,3955	1,3947	1,3938	1,3931	0,8	1,7	2,4
— 16	1,3	1,46	1,3734	1,3726	1,3717	1,3710	0,8	1,7	2,4
— 12	1,8	2,05	1,3527	1,3518	1,3510	1,3502	0,9	1,7	2,5
— 10	2,1	2,30	1,3423	1,3414	1,3405	1,3397	0,9	1,8	2,6
Durchschnittlicher Gewichtsunterschied für 1° Temp.-Unterschied in Gramm			5,32	5,33	5,33	5,34	0,85	1,82	2,47
— 8°	2,5	2,66	1,3320	1,3310	1,3300	1,3292	1,0	2,0	2,8
— 6	2,9	3,14	1,3223	1,3213	1,3203	1,3194	1,0	2,0	2,9
— 5	3,1	3,36	1,3173	1,3161	1,3151	1,3142	1,2	2,2	3,1
— 4	3,4	3,65	1,3126	1,3113	1,3102	1,3091	1,3	2,4	3,5
— 3	3,6	4,04	1,3078	1,3065	1,3053	1,3042	1,3	2,5	3,6
— 2	3,9	4,42	1,3029	1,3016	1,3004	1,2993	1,3	2,5	3,6
— 1	4,3	4,58	1,2980	1,2967	1,2954	1,2943	1,3	2,6	3,7
Durchschnittlicher Gewichtsunterschied für 1° Temp.-Unterschied in Gramm			4,86	4,90	4,94	4,98	1,20	2,23	3,31
± 0°	4,6	4,89	1,2932	1,2917	1,2903	1,2891	1,5	2,9	4,1
1	4,9	5,23	1,2884	1,2869	1,2854	1,2842	1,5	3,0	4,2
2	5,3	5,54	1,2839	1,2823	1,2808	1,2794	1,6	3,1	4,5
3	5,7	5,98	1,2792	1,2775	1,2758	1,2744	1,7	3,4	4,8
4	6,1	6,38	1,2746	1,2728	1,2710	1,2695	1,8	3,6	5,1
5	6,5	6,81	1,2699	1,2681	1,2663	1,2647	1,8	3,6	5,2
6	7,0	7,27	1,2653	1,2634	1,2615	1,2599	1,9	3,8	5,4
7	7,5	7,78	1,2609	1,2589	1,2570	1,2553	2,0	3,9	5,6
8	8,0	8,27	1,2564	1,2543	1,2522	1,2504	2,1	4,2	6,0
9	8,6	8,83	1,2520	1,2497	1,2475	1,2455	2,3	4,5	6,5
10	9,2	9,38	1,2474	1,2450	1,2426	1,2406	2,4	4,8	6,8
Durchschnittlicher Gewichtsunterschied für 1° Temp.-Unterschied in Gramm			4,58	4,67	4,77	4,85	1,88	3,71	5,29
12°	10,5	10,6	1,2386	1,2359	1,2333	1,2310	2,7	5,3	7,6
14	11,9	12,0	1,2301	1,2272	1,2242	1,2217	2,9	5,9	8,4
16	13,5	13,6	1,2216	1,2183	1,2151	1,2123	3,3	6,5	9,3
18	15,4	15,1	1,2130	1,2093	1,2056	1,2024	3,7	7,4	10,6
20	17,4	17,2	1,2049	1,2009	1,1969	1,1934	4,0	8,0	11,5
Durchschnittlicher Gewichtsunterschied für 1° Temp.-Unterschied in Gramm			4,21	4,38	4,55	4,70	3,32	6,62	9,48
Gesamtdurchschnitt für 1° Temperaturunterschied in Gramm			4,77	4,85	4,92	5,00	1,78	3,59	5,14

die, wie man erkennt, sich leicht zu einem einzigen Ausdruck für  $G$  zusammenfassen lassen.

Indem in Gleichung 1) das Dampfgewicht durch die Dunstspannung ausgedrückt ist, setzt diese Gleichung voraus, daß ersteres proportional der letzteren ist; dies stimmt mit der Wirklichkeit nahezu überein. Gleichung 2) enthält dieselbe Voraussetzung und nimmt im übrigen das Dampfgewicht pro Kubikmeter als konstant an, was ebenfalls mit der Wirklichkeit nahezu übereinstimmt.

Nur Luft, welche dauernd mit Wasser in Berührung ist, wird sich dauernd im Zustande der Sättigung befinden, unter andern Verhältnissen immer nur einen gewissen Prozentsatz der aufnehmbaren Feuchtigkeit enthalten, d. h. ein Sättigungsdefizit aufweisen.

Das gemittelte Sättigungsdefizit der freien Luft schwankt in Mitteldeutschland in den verschiedenen Monaten des Jahres zwischen 16 und 35 %; d. h. es enthält die Luft im Freien zwischen 65 und 84 % derjenigen Feuchtigkeitsmengen, welche sie nach den mittleren Monatstemperaturen würde enthalten können.

Für eine Anzahl von Temperaturen, wie sie bei Lüftung von Kanälen in Frage kommen, sind die beim Zustande der Sättigung in 1 Kubikmeter Luft enthaltenen Feuchtigkeitsmengen und die zugehörigen Dunstspannungen in der Tabelle auf S. 120 angegeben.

Desgleichen enthält die Tabelle die nach den obigen Gleichungen berechneten, bei jenen Temperaturen stattfindenden Gewichte von 1 Kubikmeter Luft für die drei Zustände: bei der Sättigung und bezw. beim Bestehen von nur 35 bezw. 70 % Feuchtigkeit.

§ 75. Durch alle Fremdstoffe, die in der Luft enthalten sind, wird das Gewicht derselben und damit ihre Beweglichkeit beeinflußt. Doch ist bei den meisten der Fremdstoffe die Beeinflussung so minimal, daß sie, gegenüber andern unvermeidbaren Unsicherheiten vernachlässigt werden darf, dies um so mehr, als die Beeinflussungen teils auf Gewichtsverminderung und teils auf Gewichtsvermehrung wirken, also Ausgleichungen stattfinden. Letzteres gilt z. B. für die durch  $SH_2$  und  $NH_3$  hervorgebrachten Änderungen, worüber die S. 116, 117 gemachten Gewichtsangaben zu vergleichen sind. Einzig zwei unter den zahlreichen Fremdstoffen der Luft sind es, deren auf Gewichtsänderung der Luft wirkender Einfluß zwar an sich nicht bedeutend, doch groß genug ist, um auf die Beweglichkeit der Luft — die Lüftung abgeschlossener Räume — in merkbarer Weise einzuwirken. Diese sind der Wasserdampf und die Kohlensäure. Neben denselben kommt in viel höherem Maße die durch Temperaturwechsel bedingte Gewichtsänderung der Luft in Betracht. Der Einfluß dieser drei Faktoren auf die Luftbewegung wird daher weiterhin näher zu untersuchen sein.

Das Maß der zusammengefassten Wirkung der Temperatur und des Wasserdampfs auf das Gewicht der Luft ist aus der mitgeteilten Tabelle zu entnehmen; darnach wird mit steigendem Dampfgehalt das Luftgewicht geringer. Umgekehrt verhält es sich mit der Kohlensäure, welche, bei dem Litergewicht von ca. 2 Gramm, das Gewicht der Luft vergrößert. Es findet daher in der Wirkung der beiden Stoffe bis zu einem gewissen Grade ein Ausgleich statt. Wie weit derselbe geht, ermittelt man leicht, indem man von dem Gewicht, das 1, 2 ...  $n$  Liter  $CO_2$  haben, das Gewicht von 1, 2 ...  $n$  Liter (nicht trockner) Luft in Abzug bringt. Sind 1, 2 ...  $n$  Liter  $CO_2$  in 1 Kubikmeter Luft enthalten, so ergibt die Addition des Restes zu dem Gewicht von 1 Kubikmeter (1, 2 ...  $n$  Liter) kohlensäurefreier Luft das Gewicht von 1 Kubikmeter Luft mit jenen  $CO_2$ -Anteilen. In nachstehender Tabelle sind die Mehrgewichte zusammengestellt, welche gesättigte Luft, die 1 bis 10 Liter  $CO_2$  in 1 Kubikmeter

enthält, bei dem Temperaturintervall  $0^{\circ}$  bis  $10^{\circ}$  besitzt. Darnach erlangen die Mehrgewichte erst bei höheren Anteilen von Kohlensäure einige Bedeutung; der Einfluß der Temperatur tritt für das berücksichtigte Intervall von 1 bis  $10^{\circ}$  aber nur wenig hervor.

1 cbm gesättigte Luft wird durch den  $\text{CO}_2$ -Gehalt um Gramm schwerer bei den Temperaturen:

$\text{CO}_2$ in 1 cbm	$0^{\circ}$	$1^{\circ}$	$2^{\circ}$	$3^{\circ}$	$4^{\circ}$	$5^{\circ}$	$6^{\circ}$	$7^{\circ}$	$8^{\circ}$	$9^{\circ}$	$10^{\circ}$
1 1	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75	0,76	0,76
2 „	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52
3 „	2,13	2,15	2,16	2,18	2,19	2,21	2,22	2,24	2,25	2,27	2,28
4 „	2,84	2,86	2,88	2,90	2,92	2,94	2,96	2,98	3,00	3,02	3,04
5 „	3,56	3,58	3,61	3,63	3,65	3,68	3,70	3,73	3,75	3,78	3,80
6 „	4,27	4,30	4,33	4,36	4,38	4,41	4,44	4,46	4,50	4,53	4,55
7 „	4,98	5,01	5,05	5,08	5,11	5,15	5,18	5,22	5,25	5,29	5,31
8 „	5,69	5,73	5,77	5,81	5,84	5,88	5,92	5,96	6,00	6,04	6,07
9 „	6,39	6,44	6,49	6,53	6,57	6,62	6,66	6,71	6,75	6,80	6,83
10 „	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,35	7,40	7,45	7,50	7,55	7,59

## 2. Kapitel.

### Luftbewegung.

§ 76. Die sekundliche Geschwindigkeit  $v$ , mit welcher sich Luft in kommunizierenden Röhren, Fig. 1, bewegt, in deren beiden Schenkeln die ungleichen Luft-

Fig. 1.

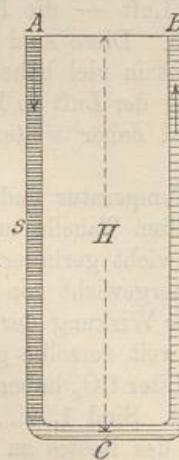
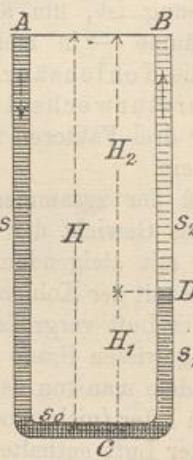


Fig. 2.



Fig. 3.



dichten  $s$  und  $s_1$  bestehen, denen die ungleichen Gewichte pro Kubikeinheit  $g$  und  $g_1$  äquivalent sind, ist durch die allgemeine Gleichung gegeben:

$$v = \varphi \sqrt{2gH \left(1 - \frac{s}{s_1}\right)} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad 1)$$

Die anderweite allgemeine Gleichung:

$$v = \varphi \sqrt{2gH \frac{T-t}{273+T}},$$

welche die Temperaturverschiedenheiten benutzt, ist für den vorliegenden Zweck nicht anwendbar, weil sie die Gewichtsveränderungen der Luft durch Feuchtigkeit und Kohlensäure unberücksichtigt lässt.

Der Beiwert  $\varphi$  in den Formeln entspricht dem durch Reibung, Richtungs- und Querschnittsänderungen entstehenden Verlust. Dieser Verlust kann so groß sein, daß anstatt der theoretischen Geschwindigkeit nur  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{1}{3}$  derselben erreicht werden, also der Wert  $\varphi \geq \frac{1}{3}$  aber  $\leq \frac{2}{3}$  anzunehmen ist. Genaueres darüber ist für den hier vorliegenden Fall, wo es sich um die Bewegung von Luft in Schmutzwasserkanälen handelt, nicht bekannt. Vergleiche übrigens ein weiterhin durchgerechnetes Beispiel, in welchem der Reibungswiderstand unter Einführung eines bestimmten Zahlenwertes berücksichtigt ist.

Der regelmäßig vorkommende Fall dieser Art wird der in Fig. 2 versinnlichte sein: die Stelle des einen Schenkels der kommunizierenden Röhre, bezw. eines Stücks der Länge derselben (in Fig. 2 die Länge  $H_1$ ) wird dann durch die freie Atmosphäre vertreten. Die Geltung der allgemeinen Gleichung 1) wird durch diese Aenderung nicht berührt.

Aenderungen des Zustandes sind in Fig. 3 versinnlicht, welche andeutet, daß in dem Verbindungsstück der beiden Röhren abweichende Dichte  $s_0$  und in dem einen Schenkel auf verschiedenen Längenteilen  $H_1$  und  $H_2$  ungleiche Dichten  $s_1$  und  $s_2$  bestehen. Dieser Fall liegt z. B. vor, wenn im Punkte  $D$  eine sogen. Lockfeuerung unterhalten wird, welche in dem Rohrteile oberhalb  $D$  eine Luftverdünnung bewirkt.

Was zunächst letztere Aenderung betrifft, so ist dafür die allgemeine Gleichung 1) leicht einzurichten, indem man dieselbe schreibt:

$$v = \varphi \sqrt{2g \left(H - H \frac{s}{s_1}\right)}$$

Dem durch Fig. 3 dargestellten Fall entsprechend nimmt dieselbe hiernach die Form an:

$$v = \varphi \sqrt{2g \left[H - \left(H_1 \frac{s_1}{s} + H_2 \frac{s_2}{s}\right)\right]} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad 2)$$

Je nachdem die Dichte  $s_0$  der in dem Verbindungsrohre befindlichen Luft größer oder geringer als  $s$  ist, wird diese Abweichung die Geschwindigkeit  $v$  vermindern, bezw. vermehren, und zwar in dem Verhältnis als  $s_0 \gtrless s$  ist. Man kann die Geschwindigkeitsänderung daher bestimmen, indem man die dem Mehr- oder Minderwert der in dem Verbindungsstück enthaltenen Luft entsprechende Kraft  $K$  ermittelt und den (in Kilogramm ausgedrückten) Wert  $K$  in eine Luftsäulenhöhe  $H_0$  umrechnet. Es ist  $K = \frac{Q}{2g} v^2$ , wenn  $Q$  das Mehr- bzw. Minderwert bezeichnet.

Die Geschwindigkeits-Berechnung wird in vorläufiger Weise, d. h. ohne Rücksicht auf das im Verbindungsrohr  $C$  bestehende abweichende Luftgewicht nach der allgemeinen Gleichung 1) ausgeführt.

Der Kraft von 1 Kilogramm entspricht eine Wassersäulenhöhe = 1 Meter und letzterer ist eine Luftsäulenhöhe  $\frac{W}{L}$ . 1 gleichwertig, wenn  $W$  und  $L$  das Gewicht von 1 Kubikmeter Wasser bzw. Luft bezeichnen.

Um nun Vergleiche und Folgerungen zu ziehen, sind unter durchgängiger Zugrundelegung von  $H = 16$  Meter und der Annahme von Lufttemperaturen, die der Verschiedenheit der Jahreszeiten entsprechen, desgleichen unter Annahme von Kohlensäureanteilen der Luft, welche als hoch gegriffene Durchschnittswerte gelten können, nachstehend eine Anzahl von Werten für  $v$  berechnet und in Tabellen zusammengestellt worden. Denselben sind die für einige gängige Rohrkaliber entsprechenden stündlichen Luftmengen ( $M$ ) hinzugefügt und endlich ist berechnet worden, ein wie vielmaliger Luftwechsel pro Stunde für einen Kanalinhalt = 10 Kubikmeter sich beim Ab- bzw. Zufluß der berechneten Luftmengen  $M$  ergiebt. Die wegen des Beiwerths  $\varphi$  erforderliche Korrektur ist nicht bei den Geschwindigkeiten  $v$ , sondern, was auf das Gleiche hinauskommt, bei den Luftmengen  $M$  ausgeführt; es ist dabei durchgehends  $\varphi = \frac{1}{3}$  gesetzt worden.

Zum leichteren Verständnisse der in den Tabellen mitgeteilten Zahlen möge zunächst der Rechnungsgang an einem Beispiele vorgeführt werden:

Es seien die Gewichte von 1 cbm Luft unter Zurechnung des Mehrgewichts für bestimmte Anteile von  $\text{CO}_2$  (Tab. S. 120 u. 122):

im Freien . . . . .	1,3409 kg
in der Anschlußleitung an den Straßenkanal	1,2684 ,
in dem häuslichen Fallrohr . . . . .	1,2209 ,

Dann ist:

$$\frac{s}{s_1} = \frac{1,2209}{1,3409} = 0,9105$$

und danach:

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 16,0 (1,0000 - 0,9105)} = 5,301 \text{ m.}$$

Das Mehrgewicht der Luft in der Anschlußleitung ist:

$$1,2684 - 1,2209 = 0,0475 \text{ kg.}$$

Danach ist der Mehrbedarf an bewegender Kraft:

$$K = \frac{0,0475}{2 \cdot 9,81} (5,301)^2 = 0,068 \text{ kg oder } 0,068 \text{ mm Wassersäule.}$$

Wasser ist schwerer als Luft:

$$\frac{1000}{1,3409} = 746,$$

mithin die der Wassersäule von 0,068 mm gleichwertige Luftsäule:

$$0,068 \cdot 746 = 50,73 \text{ oder } 51 \text{ mm.}$$

So viel beträgt also die dem Mehrgewicht der Luft in der Anschlußleitung entsprechende Verminderung der Höhe der treibenden Luftsäule, welche sich daher auf:

$$16,000 - 0,051 = 15,949 \text{ m}$$

ermäßigt.

Hierfür ergiebt sich der berichtigte Wert von  $v$  (Gl. 2)

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 (15,949 - 16 \cdot 0,9105)} = 5,205 \text{ m.}$$

Dies ist weniger als der vorläufig ermittelte Wert:

$$5,301 - 5,205 = 0,096 \text{ m oder } 1,81 \text{ %.}$$

Es fließen bei der berichtigten Geschwindigkeit durch Rohre von:

$$\begin{aligned} 0,100 - 0,125 - 0,150 \text{ m Durchmesser} \\ 150 - 234 - 337 \text{ cbm Luft} \end{aligned}$$

stündlich ab.

bei Annahme des Beiwertes  $S = \frac{1}{3}$  aber nur:

50 — 78 — 112 cbm.

Für 10 cbm Kanalinhalt ergibt dies pro Stunde einen

5,0 — 7,8 — 11,2maligen Wechsel der Luft desselben.

§ 77. Den Zahlen beider Tabellen (S. 126, 127) liegen jeweils immer zwei verschiedene Zustände zu Grunde. In der Tabelle 1 beschränkt sich der Unterschied aber auf den Wechsel im  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Luft, während in der Tabelle 2 auch Wechsel bei Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft vorausgesetzt worden sind.

Ein Vergleich der in den Spalten 4, 5, 6 beider Tabellen lehrt zunächst, daß der Einfluß, den das Mehrgewicht der Kohlensäure auf die Luftbewegung übt, nur sehr gering ist, da selbst für so hohe Anteile wie 10 Raumteile auf Tausend die Geschwindigkeitsverminderung innerhalb der Grenze von etwa 5 % bleibt. Da solch hohe Anteile nur in sehr mangelhaft gelüfteten Gruben — doch niemals in Kanälen — vorkommen können, selbst wenn diese mangelhafte Lüftungseinrichtungen besitzen, so folgt, daß man bei Rechnungen über den Luftwechsel, der in Kanälen stattfindet, auf den  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Kanalluft keine Rücksicht zu nehmen braucht; der betreffende Fehler erscheint im Vergleich zu der Unsicherheit, die über die Größe des Geschwindigkeitskoeffizienten stattfindet, als minimal. Entsprechend sind für die Zahlen in Spalte 7 der Tabellen diejenigen Geschwindigkeiten zu Grunde gelegt, welche sich ohne Berücksichtigung des  $\text{CO}_2$ -Gehalts ergeben (Spalte 4 der Tabellen).

Vergleicht man die in Tabelle 1 verzeichneten Luftgeschwindigkeiten mit denjenigen, welche Tabelle 2 enthält, so wird der große Einfluß anschaulich, den die Lage der Fallrohre im Innern der Gebäude auf den Luftwechsel in den Kanälen ausübt. Liegen die Fallrohre außen am Gebäude, so bleiben die Geschwindigkeiten im allgemeinen erheblich hinter denjenigen zurück, welche bei der Lage derselben im Innern stattfinden. Indessen kommt es dabei doch auf die Temperatur-Unterschiede der beiden Luftsäulen sehr an. Die Tabelle 2 ergibt, daß wenn die Temperatur im Fallrohr von derjenigen des Freien sich wesentlich unterscheidet — was freilich nur in kalter Jahreszeit bei geschützter Lage der Fallrohre möglich ist —, dann noch recht erhebliche Luftgeschwindigkeiten eintreten, daß aber bei der Abstumpfung, welche die Temperaturunterschiede zu anderen Jahreszeiten erfahren, die Geschwindigkeiten sich bedeutend ermäßigen. Am größten ist die Herabminderung in den Sommermonaten. Um diese Jahreszeit wird aber nach Tabelle 1 die Luftgeschwindigkeit auch dann gering, wenn die Fallrohre im Innern des Gebäudes liegen. Im Frühling und Herbst finden Mittelwerte der Geschwindigkeiten statt.

Aber selbst bei der mittleren und kleinen Geschwindigkeit findet nach den in Spalte 8 der Tabelle verzeichneten Zahlen, die ein sehr ungünstiges Verhältnis zwischen Rohr- und Kanalquerschnitt voraussetzen, nämlich je ein enges Fallrohr auf 10 Quadratmeter Kanalinhalt, noch eine sehr gute Lufterneuerung statt; die Erfahrung bestätigt dies. Auf die besondere Bedeutung, welche dieser Thatsache mit Bezug auf die sogen. Kanalgasttheorie beiwohnt, wird weiterhin speziell einzugehen sein.

Während im Winter und gewöhnlich auch im Herbst und Frühling die Luftbewegung die Richtung vom Freien durch die Fallrohre hat, findet im Sommer Umkehrung der Richtung statt. Bei besonderer Lage der Fallrohre (kalter, vom Wind bestrichener) kann aber auch im Winter die Luft den Weg durch die Fallrohre zum Kanal nehmen. Jedenfalls muß bei der leichten Beweglichkeit

1 Jahreszeit sowie Ort der Luft	2 Luftzustand		3 Gewicht von 1 cbm Luft		4 Luftgeschwin- digkeit $v$		5 Geschwin- digkeitsverminde- rung infolge des $CO_2$ - Gehalts		6 Stündliche Luftmengen bei den Geschwindigkeiten nach Spalte 4 von		7						8
	Temperatur in Grad C.	Feuchtigkeit in %	ohne $CO_2$ -Anteil in kg	mit $CO_2$ -Anteil in kg	ohne	mit	Berücksichti- gung des $CO_2$ - Gehalts	Meter-Sekunden	m	%	M			$\frac{1}{3} M$			Häufigkeit des Luft- wechsels in 1 Stunde für 10 cbm Kanal- raum bei Rohr- weiten von cm
	CO <sub>2</sub> -Gehalt 1 per Tausend										10	12,5	15	10	12,5	15	

Tabelle 1. Fallrohre im Innern des Gebäudes liegend gedacht ( $H = 16$  m).

a) Winter:																		
Im Freien . . .	-10	70	0,35	1,3405	1,3409													
	-10	70	0,35	1,3405	1,3409													
In der Anschluß- leitung	+ 5	100	5	1,2647	1,2684	5,301	5,205	0,096	1,81									
	5	100	10	1,2647	1,2721													
Im häuslichen Fallrohr	15	100	5	1,2170	1,2209	5,301	5,199	0,102	1,92									
	15	100	5	1,2170	1,2209			0,006										
b) Frühling und Herbst:																		
Im Freien . . .	5	70	0,35	1,2663	1,2667													
	5	70	0,35	1,2663	1,2667													
In der Anschluß- leitung	8	100	5	1,2504	1,2542	3,981	3,828	0,153	3,82									
	8	100	10	1,2504	1,2579													
Im häuslichen Fallrohr	18	100	5	1,2024	1,2064	3,981	3,805	0,176	4,42									
	18	100	5	1,2024	1,2064			0,023										
c) Sommer:																		
Im Freien . . .	20	60	0,35	1,1980	1,1983													
	20	60	0,35	1,1980	1,1983													
In der Anschluß- leitung	8	100	5	1,2504	1,2542	1,585	1,553	0,032	2,02									
	8	100	10	1,2504	1,2579													
Im häuslichen Fallrohr	18	70	2,5	1,2056	1,2076	1,585	1,503	0,082	5,17									
	18	70	2,5	1,2056	1,2076			0,050										

Tabelle 2. Fallrohre außen am Gebäude liegend gedacht.

a) Winter:																		
Im Freien . . .	-10	70	0,35	1,3405	1,3409													
	-10	70	0,35	1,3405	1,3409													
In der Anschluß- leitung	5	100	5	1,2647	1,2684	2,313	2,352	0,039	1,69	66	102	147	22	34	49	2,2	3,4	4,9
	5	100	5	1,2647	1,2684													
Im häuslichen Fallrohr	- 5	100	5	1,3142	1,3176	4,097	4,081	0,002	0,05	115	180	260	38	60	87	3,8	6,0	8,7
	5	70	5	1,2663	1,2700													
b) Frühling und Herbst:																		
Im Freien . . .	5	70	0,35	1,2663	1,2667													
	5	70	0,35	1,2663	1,2667													
In der Anschluß- leitung	8	100	5	1,2504	1,2542	1,252	1,255	0,003	0,24	35	55	80	12	18	27	1,2	1,8	2,7
	8	100	5	1,2504	1,2542													
Im häuslichen Fallrohr	7,5	35	5	1,2566	1,2603	2,241	2,235	0,006	0,27	63	99	143	21	33	48	2,1	3,3	4,8
	10	50	2,5	1,2440	1,2467													
c) Sommer:																		
Im Freien . . .	20	60	0,35	1,1980	1,1983													
	20	60	0,35	1,1980	1,1983													
In der Anschluß- leitung	8	100	5	1,2504	1,2542	1,585	1,571	0,014	0,89	45	70	101	15	23	34	1,5	2,3	3,4
	8	100	5	1,2504	1,2542													
Im häuslichen Fallrohr	18	70	2,5	1,2056	1,2076	0,560	0,542	0,018	3,21	16	25	36	5	8	12	0,5	0,8	1,2
	25	50	2,5	1,1975	1,2000													

Jahreszeit sowie Ort der Luft	Luftzustand		Gewicht von 1 cbm Luft	Luft- ge- schwin- digkeit m s	Stündliche Luftmengen						Häufigkeit des Luftwechsels in 1 Stunde für 10 cbm Kanalraum bei Rohrweiten von cm							
	Temperatur in Grad C.	Feuchtigkeit in %			M			1/3 M										
					bei Rohrweiten von cm													
			kg	m	10	12,5	15	10	12,5	15	10	12,5	15					

Tabelle 3. Fallrohre im Innern des Gebäudes liegend gedacht mit Lockfeuerung am unteren Ende.

a) Winter:														
Im Freien . . . . .	-10	70	1,3405	6,138	174	271	391	58	90	130	5,8	9,0	13,0	
	-10	70	1,3405											
Im häuslichen Fallrohr .	+25	20	1,1800	7,621	215	337	485	72	112	162	7,2	11,2	16,2	
	50	15	1,0920											
b) Herbst und Frühling:														
Im Freien . . . . .	5	70	1,2663	4,340	123	192	276	41	64	92	4,1	6,4	9,2	
	5	70	1,2663											
Im häuslichen Fallrohr .	25	20	1,1800	6,330	179	279	403	60	93	134	6,0	9,3	13,4	
	50	15	1,0920											
c) Sommer:														
Im Freien . . . . .	20	60	1,1980	2,170	61	96	138	20	32	46	2,0	3,2	4,6	
	20	60	1,1980											
Im häuslichen Fallrohr .	25	20	1,1800	5,285	149	230	336	50	77	112	5,0	7,7	11,2	
	50	15	1,0920											

Tabelle 4. Fallrohre im Innern des Gebäudes liegend gedacht. Die Luft derselben wird durch Flammen, welche 5 m hoch in den Straßen angebracht sind, angesaugt.

a) Winter:														
Im häuslichen Fallrohr .	15	100	1,2170	3,495										
	40	35	1,1264											
Bei der Lockflamme .				96										
Im Rohr, auf welchem die Lockflamme ange- bracht ist . . . . .	5	100	1,2647	153										
b) Herbst, Frühling (auch Sommer):														
Im häuslichen Fallrohr .	18	70	1,2056	3,245										
	40	35	1,1264											
Bei der Lockflamme .				92										
Im Rohr, auf welchem die Lockflamme ange- bracht ist . . . . .	8	100	1,2504	143										

der Luft und den häufigen großen Tagesschwankungen, welche die Außentemperatur erfährt, auf vielfache Wechsel auch in der Bewegungs-Richtung der Luft gerechnet werden, desgleichen darauf, daß die Luftbewegung vorübergehend ganz aufhört. Letzteres findet sowohl statt bei Temperaturunterschieden gleich Null, als auch bei so kleinen Unterschieden, daß die Unterschiede in den Luftdichten zu gering sind, um Reibungs- und sonstige Widerstände, die sich der Luftbewegung entgegensetzen, überwinden zu können.

§ 78. Um die Betrachtung zu vervollständigen, ist noch weiter untersucht, wie sich die Luftbewegung gestaltet, wenn künstliche Mittel — Aspiration durch sogen. Lockfeuer und Lockflammen — zu Hilfe genommen werden. Auf die Berücksichtigung des  $\text{CO}_2$ -Gehalts der Kanalluft wurde dabei aus oben angegebenem Grunde

verzichtet. Die Tabelle 3 setzt zwei Fälle voraus, und zwar a) Erwärmung der Luft im Fallrohr auf die mäßige Temperatur von  $25^{\circ}$ , wie sie schon durch eine größere Lockflamme erzielbar ist und b) Erwärmung auf  $50^{\circ}$ , wozu eine eigentliche Lockfeuerung notwendig sein wird. Die Tabelle 4 nimmt den Fall an, daß zur Aspiration eine im Freien 5 Meter über Kanalhöhe stehende größere Flamme benutzt wird, die an der oberen Öffnung des Standrohrs eine Lufttemperatur von  $35^{\circ}$  schafft.

Während für den Zustand ad a) die Rechnung für alle drei Zeittypen durchgeführt wurde, brauchten in Tabelle 4 nur zwei Jahreszeiten berücksichtigt zu werden, weil in den Resultaten — wie zum voraus zu erwarten war — so nahe Uebereinstimmung stattfindet, daß eine weitere Ausdehnung der Rechnungen überflüssig erschien.

§ 79. Eine Lockfeuerung oder eine Lockflamme ist nicht nur in Bezug auf das Maß des Luftwechsels, den sie hervorbringt, sondern auch mit Bezug auf die räumliche Ausdehnung ihres Einflusses auf die Luftbewegung in Kanälen von einer genau begrenzten Wirksamkeit, letzteres weil das in der Wärme der Lockfeuerung entgegenstellenden Widerstände aufgezehrt wird. Abgesehen von der bei Querschnittsänderungen der Leitung und bei der Temperaturerhöhung der angesaugten Luft zu leistenden sogen. inneren Arbeit treten als äußere Widerstände die Reibung an den Kanalwänden und bei Richtungsänderungen der Leitung der Widerstand gegen Ablenkung des Luftstromes auf. Von letzterem soll in der folgenden Untersuchung, welche die Bestimmung der räumlichen Ausdehnung der Wirksamkeit einer Lockfeuerung zum Zweck hat, abgesehen werden, teils weil der Widerstand bei Richtungsänderungen verhältnismäßig gering ist, teils um den ohnehin großen Umfang der Betrachtung nicht unnötigerweise zu vermehren.

Die Reibungsgröße von Gasen und tropfbaren Flüssigkeiten folgt dem allgemeinen Gesetz:

$$R = \mu l \frac{u}{f} \gamma p \quad \dots \dots \dots \dots \quad 1)$$

worin  $l$  die Länge,  $u$  den berührten Umfang,  $f$  den Querschnitt der Leitung bezeichnen.  $\gamma$  ist das Einheitsgewicht,  $p$  die Pressung der Flüssigkeit und  $\mu$  ein aus der Erfahrung zu entnehmender Beiwert.

Reibung findet nicht nur an der Kanalwand, sondern auch an der Wand des Schlotes, an dessen unterem Ende die Lockfeuerung gedacht wird, statt. Da aber die Gewichte und folglich auch die Pressungen der Luft im Kanal und im Schlothe ungleich sind, sind die Reibungswiderstände in beiden von ungleicher Größe. Dieselben sind ferner ungleich aus dem Grunde, daß es sich in dem einen Falle im Schlot um Reibung an einem trockenen, im Kanal um Reibung an einer nassen Wand- bzw. an einer Wasserfläche handelt. Die Verschiedenheit zu 1 wird durch die beiden Faktoren  $\gamma$  und  $p$  in der obigen Gleichung zum Ausdruck gebracht; die Verschiedenheit zu 2 wird durch Einführung von zwei ungleichen Beiwerten, bzw.  $\mu$  und  $\mu_1$  zu berücksichtigen sein.

Werden alle Größen, die sich auf den Schlot der Höhe  $h$  beziehen, ohne Index geschrieben, und diejenigen, welche sich auf den Kanal beziehen, mit dem Index 1 versehen, so sind die Reibungswiderstände:

$$\text{für den Schlot:} \quad R = \mu h \frac{u}{f} \gamma p \quad \dots \dots \dots \dots \quad 2)$$

$$\text{für den Kanal:} \quad R_1 = \mu_1 l \frac{u_1}{f_1} \gamma_1 p_1 \quad \dots \dots \dots \dots \quad 3)$$

Hieraus können zunächst die Größen  $p$  und  $p_1$  entfernt werden, da nach dem Mariotteschen Gesetz:

$$p_1 = \frac{p}{\gamma} \gamma_1 \quad \text{ist.}$$

Wird hierin  $\frac{p}{\gamma} = 1$ , mithin  $p = \gamma$  und  $p_1 = \gamma_1$  gesetzt, so verändern sich durch Einsetzung die Gleichungen 2) und 3) wie folgt:

$$\text{für den Schlot: } R = \mu h \frac{u}{f} \gamma^2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad 4)$$

Diese Widerstände werden durch die der warmen Luft im Schlot innewohnende Kraft überwunden. Die Kraft, welche der Warmluftsäule im Schlot eine Geschwindigkeit  $v$  verleiht, ist:

Es muß aber, da die bewegende Kraft sowohl als die widerstehenden Kräfte Arbeit verrichten, Gleichheit der Arbeit der Warmluft mit der Arbeit der Reibungswiderstände stattfinden. Die sekundliche Arbeit der bewegenden und bezw. der widerstehenden Kraft im Schlot ist aber:

$$Rv = fh\gamma \frac{v^2}{2g} v \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad 7)$$

Indem bei vorausgesetzter Verschiedenheit der Querschnitte  $f$  und  $f_1$  die Geschwindigkeit der Luft im Kanal eine andere sein wird als im Schlot, ist für diese  $v_1$  anstatt  $v$  zu setzen und wird dann:

$$R_1 v_1 = \mathfrak{p}_1 l \frac{u_1}{f_1} \gamma_1^2 v_1 \quad \dots \quad 9)$$

Da das sekundlich aus dem Schlot am oberen Ende austretende Luftgewicht demjenigen gleich ist, welches am unteren Schlotende vom Kanal her eintritt, lässt sich  $v$ , durch  $v$  ausdrücken, nach der Gleichung:

$$v, \gamma, f, = v \gamma f,$$

nach welcher:

$$v_1 = v \frac{\gamma}{\gamma_1} \frac{f}{f_1}$$

Wird dieser Wert in Gleichung 9) eingesetzt, so hat man:

$$R_1 v_1 = \mu_1 l \frac{u_1}{f} \gamma_1^2 \frac{\gamma}{\gamma_1} \frac{f}{f_1} v = \mu_1 l \frac{u_1}{f_1^2} \gamma \gamma_1 f v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Indem man der disponiblen ArbeitsgröÙe nach Gleichung 7) die widerstehenden ArbeitsgröÙen nach den Gleichungen 8) und 10) gleich setzt, erhält man:

$$fh\gamma \frac{v^2}{2\alpha}v = \mathfrak{p}h\frac{u}{f}\gamma^2v + \mathfrak{p}_1l\frac{u_1}{f^{\frac{1}{2}}}\gamma\gamma_1fv \quad \dots \quad \dots \quad (11)$$

aus welcher durch Umstellung und Weglassung der allen Gliedern gemeinsamen Faktoren zunächst folgt:

$$\mu_1 \frac{u_1 \gamma_1}{f_1^2} \cdot l = h \frac{v^2}{2g} - \mu h \frac{u \gamma}{f^2}$$

woraus endlich:

$$l = \frac{h f_1^2}{\mu_1 u_1 \gamma_1} \left( \frac{v^2}{2g} - \frac{\mu u \gamma}{f^2} \right) \dots \dots \dots \quad (12)$$

In diesen Gleichungen sind bei gegebenen  $h$ ,  $f$ ,  $f_1$ ,  $\gamma$ ,  $\gamma_1$  und  $v$  nur die Beiwerte  $\mu$ ,  $\mu_1$  unbekannt. Für Heizröhren mit gemauerten glatten Wandungen hat  $\mu$  den Wert 0,0065; für  $\mu_1$  ist ein Wert bisher nicht ermittelt worden. Wenn es daher auch wahrscheinlich ist, daß  $\mu_1$  einen von  $\mu$  verschiedenen Wert hat, so bleibt doch nichts anderes übrig, als  $\mu_1 = \mu = 0,0065$  zu setzen. Unter dieser Annahme möge die Gleichung 12) auf ein Beispiel angewendet werden. Es sei:

die Schlotheite  $h = 20$  m;  
der Schlotquerschnitt ein Quadrat der Seitenlänge 0,5 m, also  $f = 0,25$  qm und  $u = 2,00$  m;  
der Kanalquerschnitt ein Kreis vom Durchmesser 1 m, daher  $f_1 = 0,7854$  qm und  $u_1 = 3,1416$  m.  
Die Luftsäule im Schlot habe die Temperatur  $50^\circ$  und den Feuchtigkeitsgehalt 15% der Sättigung. Dann ist nach der Tabelle S. 120 bei  $-10^\circ$  Außentemperatur das Gewicht von 1 cbm:  $\gamma = 1,092$  kg und die Luftgeschwindigkeit im Schlot:  $v = 7,621$  m.

Beim Durchgang der Außenluft durch den Kanal wird, da es sich um eine größere Länge  $l$  handelt, die Temperatur der Außenluft sich erhöhen. Es werde angenommen, daß dies bis auf  $5^\circ$  und Sättigung mit Feuchtigkeit bis zu 35% stattfindet. Alsdann ist nach der Tabelle S. 120 das Gewicht von 1 cbm Luft:  $\gamma_1 = 1,2681$  kg.

Werden die vorstehenden Werte in die Gleichung 12) eingesetzt, so erhält man als für die Winterszeit gültige Länge  $l$ , auf welche der Schlot seine Einwirkung erstreckt:

$$l_a = 20 \frac{0,7854^2}{0,0065 \cdot 3,1416 \cdot 1,2681} \left( \frac{7,621^2}{2 \cdot 9,81} - \frac{0,0065 \cdot 2,0 \cdot 1,0920}{0,5^2} \right) = \\ = 476,4 (2,96 - 0,0568) = 1383 \text{ m.}$$

Um den Einfluß zu veranschaulichen, den die Temperaturwechsel der Außenluft auf die Länge  $l$  ausüben, sei das Beispiel auch für die Frühjahrs- und Herbstperiode, bezw. die Sommerzeit durchgeführt. Es bleiben dabei außer  $\gamma_1$  und  $v$  alle obigen Zahlen unverändert. Nach den Tabellen S. 120 und 127 ist bei  $8^\circ$  Temperatur der Kanalluft und 35% der Sättigung:

Frühling und Herbst Sommer

$$\gamma_1 = 1,2543 \text{ kg}, \quad \gamma_1 = 1,2543 \text{ kg}, \\ v = 6,330 \text{ m.} \quad v = 5,285 \text{ m.}$$

$$l_b = 20 \frac{0,7854^2}{0,0065 \cdot 3,1416 \cdot 1,2543} \left( \frac{6,33^2}{2 \cdot 9,81} - 0,0568 \right) = 481,8 (2,0424 - 0,0568) = 957 \text{ m,} \\ l_c = 481,8 (1,4236 - 0,0568) = 659 \text{ m.}$$

Die ermittelten Zahlen erweisen, daß der Einfluß eines Schlotes von nur mäßiger Höhe ein ziemlich weit reichender ist. Doch ist als sicher anzunehmen, daß diese Zahlen die Wirkung des Schlotes in einem bei weitem günstigeren Lichte erscheinen lassen, als die Wirklichkeit es bietet. Denn die Zahlen sind auf der Grundlage ermittelt, daß keinerlei Strömungen im Kanal stattfinden, welche die Luftströmungen zum Schlot beeinträchtigen. Solche schädlichen Strömungen sind aber nach den Ermittlungen S. 133 ff. immer vorhanden und — vermöge der Wasserströmung im Kanal — selbst in dem Falle, daß der Kanal auf so große Längen, wie die obige Rechnung sie ergeben hat, von der Außenluft völlig abgeschlossen ist; letzteres ist aber niemals der Fall. Da ferner noch der Einfluß von Richtungs- sowie Querschnittsänderungen des Kanals in der Rechnung unberücksichtigt geblieben ist, ergiebt sich mit Notwendigkeit die Schlussfolgerung, daß die Ein-

flüssphäre eines Schlosses allgemein eine erheblich geringere sein wird, als die obigen Rechnungen nachweisen, daß letztere also die denkbar günstigste Wirkung, eine Wirkung, die nur unter außergewöhnlichen Verhältnissen erreichbar ist, darstellen.

Die Gleichung 12) für  $l$  zeigt, daß in dem Falle wo stattfindet:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{\mu u \gamma}{f^2},$$

$l = 0$  wird. Hier handelt es sich allerdings um eine bloß theoretische Festlegung, da, wie klein  $v$  auch sei, dem Kanal immer eine gewisse Luftmenge entzogen wird. Deshalb besagt das obige Resultat nur, daß beim Absinken von  $v$  auf eine gewisse Größe herab die Einwirkung des Schlotes sich nicht weiter als auf die unmittelbare Nähe seines unteren Endes erstrecken, oder auch, daß anstatt Bewegung hier eine bloße Luftverdünnung eintreten wird.

Bei den, dem obigen Beispiel zu Grunde liegenden Werten  $f = 0,5$  qm und  $\gamma = 1,092$  tritt der Fall  $l = 0$  für  $v = 1,057$  m ein, für unverändertes Gewicht, aber verdoppeltes bzw. halbiertes  $f$  bei  $v = 0,629$  m und bzw.  $1,772$  m. Bei einer in der Nähe von 1 m liegenden Luftgeschwindigkeit hört danach praktisch die Einwirkung des Schlotes auf die Kanalluft auf. —

Das zweite Glied in der Gleichung für  $l$  ist nur von sehr geringem Einfluß. Vernachlässigt man dasselbe, so treten bei unveränderter Größe  $f$  nur Vermehrungen von  $l$  ein, um bezw.:

2,0 %, 2,8 % und 4,1 %.

Die Veränderung, welche  $l$  erfährt, hält sich auch in ähnlich engen Grenzen, wenn selbst große Änderungen am Querschnitt  $f$  des Schlotes stattfinden und man das entsprechend veränderte zweite Glied der Gleichung für  $l$  vernachlässigt. Eine Verdoppelung von  $f$  (und die entsprechende Veränderung von  $u$ ) bringt nur folgende Vermehrungen von  $l$  hervor:

1.2 %, 1.7 % und 2.6 %.

während mit einer Verminderung von  $f$  auf  $\frac{f}{2}$  folgende Verminderungen von  $l$  verbunden sind:

3.6 %, 4.3 % und 9.1 %

Indem die üblichen Querschnitte von besonderen Aspirationsschloten im allgemeinen nicht viel von den Querschnitten, welche diesen Zahlen zu Grunde liegen (0,5 qm bzw. 1,0 qm und 0,25 qm), abweichen werden, erweisen die ermittelten Abweichungen, daß der Einfluß des zweiten Gliedes in der allgemeinen Gleichung für  $l$  so klein ist, daß man dieses Glied, ohne ein wesentlich unrichtiges Resultat zu erhalten, fortlassen kann. Geschieht dies, so bleibt als abgekürzte Gleichung:

Nach dieser Gleichung nimmt die Länge  $l$  in gleichem Verhältnis ab und zu als die Schlotheöhe ab- und zunimmt, ändert sich aber im quadratischen Verhältnis mit der Geschwindigkeit  $v$ , d. h. mit der stärkeren Heizung des Schlotes. Eine Verdoppelung der Temperatur im Schlothe vermehrt daher die beeinflußte Kanallänge  $l$  auf das Vierfache, wogegen eine Verminderung auf die Hälfte die Länge  $l$  auf den vierten Teil herabsetzt.

Danach muß eine gewollte starke Wirkung des Schlotes in erster Linie in verstärkter Heizung, in zweiter in Vermehrung der Schloßhöhe und (nach dem, was

oben über den Einfluß von  $f$  nachgewiesen ist) erst in dritter Linie in einer Vergrößerung des Schlotquerschnittes erstrebt werden. Uebrigens wird auf diese und andere Seiten, welche die zweckmäßigste Anlage eines Aspirationsschlotes bietet, erst weiterhin, bei Vorführung der technischen Einrichtung einer Kanalisationssanlage, einzugehen sein. Hervorzuheben ist an dieser Stelle aber noch folgendes:

Nach der abgekürzten Gleichung für  $l$  übt auf diese Länge auch der Kanalquerschnitt einen besonderen Einfluß. Mit der Erweiterung des Querschnittes wächst die Länge  $l$  bedeutend, zahlenmäßig im Verhältnis von 2,828:1, wenn der Querschnitt  $f_1$  auf  $2f_1$  vergrößert wird. Dagegen hat die Verminderung des Querschnittes  $f_1$  auf  $\frac{f_1}{2}$  eine Verminderung der beeinflußten Kanallänge  $\frac{1}{2,828} = 0,354$  zur Folge, d. h. auf etwa ein Drittel. Zur Lüftung enger Rohrkanäle erweisen sich daher Aspirationsschlote als relativ unvorteilhaft. —

Das oben berechnete Zahlenbeispiel ergibt es — und die Beobachtungen von im Betriebe befindlichen Aspirationsschlotten bestätigen den rechnerisch geführten Nachweis —, daß die Kanallängen, auf welche der Schlot seine Wirkung ausübt, außerordentlich wechseln. Unter Voraussetzung gleich starker Heizung ist die Wirkung des Schlotes in der kalten Jahreszeit am weitreichendsten. Mit höher werdenden Außentemperaturen nimmt die beeinflußte Kanallänge stark ab, um zur warmen Sommerszeit den Kleinstwert zu erreichen. Hier liegt eine offensichtliche Schattenseite der Anlage, indem der Lüftungszweck das Umgekehrte verlangt.

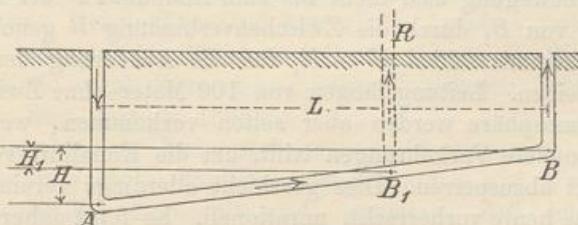
Ein anschauliches Maß für die Wechsel, denen die Schlotwirkung nach der Jahreszeit unterliegt, können die im obigen Beispiel ermittelten Zahlen gewähren. Wenn man die für kalte Winterszeit gefundene beeinflußte Kanallänge  $l$  von 1383 m = 1 setzt, so beträgt die für Mitteltemperaturen im Herbst und Frühling gefundene Länge von 957 m nur 0,69 und die für die warme Sommerszeit berechnete Länge von 659 m nur 0,48. In runden Zahlen handelt es sich also um Herabsetzung der beeinflußten Kanallängen auf zwei Drittel und bezw. die Hälfte.

Freilich lassen sich grobe Schwankungen wie diese, die in langen Zwischenräumen vor sich gehen, durch Anpassung der Heizstärke an die Außentemperatur wesentlich einengen, sogar durch Anwendung besonderer Sorgfalt im Heizbetriebe ganz beseitigen, da es nur der entsprechenden Vermehrung der Luftgeschwindigkeit im Schlothe bedarf. Neben den Schwankungen, die sich zwischen längeren Zeitabständen ergeben, laufen aber solche zwischen kürzeren Zeitabschnitten (Wochen, Tagen, Stunden) her und diese Schwankungen können bei den oft weit auseinander liegenden Temperaturen jener Zeitabschnitte von derselben Größe und selbst größer sein, als die Schwankungen während längerer Perioden. Denn, was dieselben verursacht: die Raschheit, mit der sich Temperaturwechsel der Außenluft vollziehen, läßt sich der Heizbetrieb des Schlotes nur sehr unvollkommen anpassen. Man kann daher kaum anders, als den immerwährenden großen Wechsel in der Wirksamkeit eines Aspirationsschlotes — die durch Rechnung und unmittelbare Beobachtung nachweisbar sind — als unvermeidliches Uebel hinzunehmen. —

Die Anwendung der allgemeinen Gleichung für  $l$  auf den Fall, daß die Kanalluft durch eine in einer gewissen Höhe über Straßenfläche stehende Lockflamme angesaugt wird (s. Tabelle 4, S. 127), hat kaum Zweck. Denn bei den geringen Längen  $l$ , welche die Rechnung hier, vermöge der Kleinheit der Geschwindigkeit  $v$ , liefert, fallen die Abweichungen, die die Rechnung ergibt, notwendig so groß aus, daß von dem Rechnungsergebnis auch nicht einmal ein annähernder Schluß auf die Wirklichkeit als erlaubt erscheinen kann.

§ 80. Die bisherigen Ermittlungen über die Luftbewegung in Röhren setzten stillschweigend wagrechte, oder doch eine von der wagrechten wenig abweichende Lage der Verbindung der beiden Schenkel der kommunizierenden Röhren voraus. Dies ist gleichbedeutend mit der Annahme, daß an den unteren Enden der beiden Schenkel Gleichheit der Barometerdrücke stattfindet. Wo dies nicht der Fall, wo das Verbindungsrohr der beiden Schenkel ansteigt, wie in Fig. 4 dargestellt ist,

Fig. 4.



kommt ein der Höhe  $H$  entsprechendes Mehr an Barometerdruck in Betracht, welches eine Luftbewegung in dem System hervorruft. Die Größe derselben ist leicht zu ermitteln.

Indem je etwa 10 Meter Höhenunterschied ein Mehr oder Minder von 1 Millimeter Höhe der Quecksilbersäule entspricht, beträgt für die Höhe  $H$  das Mehr oder Minder der Quecksilbersäulenheight  $0,1 H$  (Millimeter), daher die wirkliche Höhe der letzteren:

$$760 \pm 0,1 H.$$

Es entspricht dem die Änderung des spezifischen Gewichts der Luft:

$$\frac{760 \pm 0,1 H}{760}.$$

Wird  $H = 1$  Meter, so vermehrt oder vermindert sich das spezifische Gewicht hier-nach um:

$$0,0001361.$$

Die spezifischen Gewichte der Luft an den beiden Enden  $A$  und  $B$  des Röhrensystems verhalten sich demnach wie

$$1 \pm \frac{1,0000000}{1,0001361} = \begin{cases} 0,999868 \\ 0,000136 \end{cases}$$

Die durch diesen Unterschied hervorgerufene Luftgeschwindigkeit ist abgesehen von den Bewegungswiderständen:

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 (1 - 0,999868)} = 0,161 \text{ Meter},$$

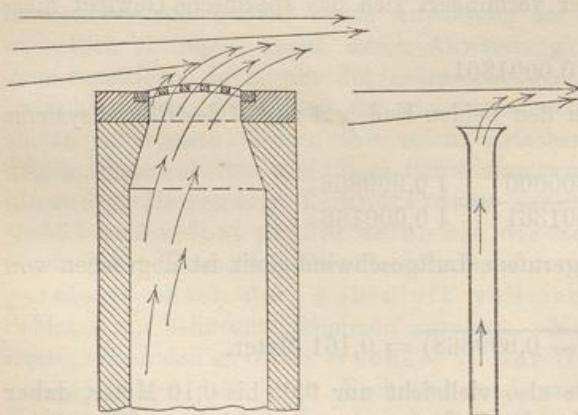
mit Berücksichtigung der Widerstände also vielleicht nur 0,05 bis 0,10 Meter, daher so gering, daß sie im Vergleich mit den durch Temperaturunterschiede und Feuchtigkeitsgehalt der Luft verursachten Geschwindigkeiten kaum in Betracht kommt, so lange es sich um den geringen Höhenunterschied von 1 Meter oder selbst 2 und 3 Meter handelt.

Wird nun das geringe Gefälle beachtet, welches sowohl bei häuslichen Anschlußleitungen als den Straßenkanälen einzuhalten ist, und die geringe Länge hinzugenommen, welche die häuslichen Anschlußleitungen in der Regel nur erreichen, so zeigt sich, daß der Höhenunterschied von nur 1 Meter, welcher der obigen Rechnung zu Grunde liegt, nur selten vorkommen wird, bei häuslichen Anschluß-

leitungen vielleicht vereinzelt, bei Straßenleitungen aber nur als Ausnahmefall. Denn wenn selbst bei letzteren unter besonderen Umständen streckenweise das Gefälle von  $\frac{1}{100}$  stattfinden sollte, so würde der Höhenunterschied von 1 Meter schon eine Kanallänge von 100 Meter voraussetzen, auf welcher anderweite Verbindungen mit der freien Atmosphäre als an den beiden Enden nicht vorkommen dürften. Denn beständen solche — wie etwa die Zwischenverbindung  $R$  in Fig. 4 — so würde die Luftbewegung sich nicht bis zum Endpunkt  $B$  der Leitung fortsetzen, sondern der Weg von  $B_1$  durch die Zwischenverbindung  $R$  genommen werden und dabei nur der Höhenunterschied  $H - H_1$  für die Änderung des Barometerdrucks in Wirksamkeit bleiben. Leitungslängen von 100 Meter ohne Zwischenverbindungen mit der freien Atmosphäre werden aber selten vorkommen, wenigstens da nicht, wo man nicht besondere Vorkehrungen trifft, um die Kanalluft von der Verbindung mit der freien Luft abzusperren. Dies geschieht allerdings vereinzelt, ist aber nach der Ansicht, welche heute vorherrscht, unrationell. Es folgt daher, daß bei der Luftbewegung in Kanälen, die zum Luftwechsel eingerichtet sind, den Barometerdruckunterschieden ein nennenswerter Einfluß nicht zukommt; doch ist bei den häufigen Schwankungen jenes Drucks ein Einfluß auf Geschwindigkeit und Richtung der Luftbewegung in Kanälen vorhanden. Auch bei plötzlichen „Stürzen“ des Barometerdrucks, die nicht gerade selten sind, kann an einen größeren Einfluß sowohl auf die Richtung als auf die Größe der Luftbewegung gedacht werden. Hierbei handelt es sich aber um Ausnahmefälle, welche keiner Regel unterworfen sind.

§ 81. Außer durch Gewichtsunterschiede werden in Hohlräumen Bewegungen durch Luftströmungen (Wind) der freien Atmosphäre hervorgerufen, wenn dieselben entweder Zutritt zu den Hohlräumen erhalten oder über offene Endigungen derselben fortgehen. Die Fig. 5 und 6 veranschaulichen den Vorgang. Hat der Wind wagrechte oder aufsteigende Richtung (wie in den Figuren angenommen ist), so wird über den Endigungen eine Luftauflockerung erzeugt, welche die in den Hohlräumen befindliche Luft zum Aufsteigen veranlaßt; auch findet vermöge der Reibung Mitreißen der Luft statt, wenngleich letztere Wirkung wohl nur sehr gering anzuschlagen ist. Findet sich, wie in Fig. 5, unter der Endigung eine Erweiterung des Hohlräumes, so bildet diese gewissermaßen ein Luftservoir, welches insofern förderlich für den Austritt der Luft ist, als es für denselben einen gewissen Grad von

Fig. 5 u. 6.



Gleichmäßigkeit und Nachhaltigkeit schafft. Diese Begünstigung kommt bei Röhren nach Fig. 5 in Fortfall; eine Erweiterung der obigen Endigung, wie in der Figur angegeben, wird immer zweckmäßig sein.

Hat der Wind absteigende Richtung — wie es im Freien in der Regel stattfindet — so hindert derselbe den Austritt der Luft, treibt vielmehr Luft in die Hohlräume ein. Auch diese Wirkung des Windes kommt dem Luftwechsel in den Hohlräumen (Kanälen) zu statthen.

Indem sonach jede mögliche Windrichtung den Luftwechsel begünstigt, ist es etwas zwecklos, die Endigungen von Röhren, wie sie hier in Rede stehen, mit besonderen Einrichtungen (Aufsätzen) zu versehen, welche den Zweck haben, schädliche Windströmungen abzuhalten. Nur Aufsätze von solcher Einrichtung, daß die Windwirkung verstärkt wird, können nützlich sein, und daneben, in dem Falle, daß es Absicht ist, die Luft immer nur in derselben Richtung durch die Rohre gehen zu lassen, auch solche, die für diesen Zweck schädlich wirkende Windströmungen abhalten, oder auch die Richtungen derselben so abändern, daß günstige Wirkungen entstehen. Desgleichen sind bewegliche Aufsätze verwendbar, die sich selbstthätig „gegen oder in den Wind anstellen“. Ueber die Wirkung letzterer in einem besonderen Falle vergl. Strachan, Sewer Ventilation, Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Eng. London 1886.

Die Größe der hier in Rede stehenden Luftbewegungen entzieht sich der rechnerischen Verfolgung ganz; tägliche Beobachtungen und Untersuchungen, die in Kanälen selbst darüber angestellt sind, erweisen, daß jene bedeutend sein können.

§ 82. Endlich wird Bewegung der Luft in Kanälen und Röhren durch die Strömung des Wassers bewirkt, das in denselben fließt. Es handelt sich hierbei um ein durch die Reibung an der Berührungsfläche beider Flüssigkeiten bewirktes „Mitreissen“ der Luft. In erster Linie wird diese Luftbewegung daher von der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, in zweiter von der Größe (Breite) der Berührungsfläche abhängen. Als dritter Faktor kommt noch das Verhältnis des „Luftquerschnitts“ zum „Wasserquerschnitt“ in Betracht, da die Reibungsgröße zwischen Wasser und Luft eine andere ist als die zwischen Luft und Luft. Indem letztere die geringere ist, wird mit der Höhe über Wasserspiegel die Geschwindigkeit der Luft — die man sich in dünnen Schichten übereinander gelagert denken kann — abnehmen, d. h. also die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit um so kleiner sein, je größer das Verhältnis des Luftquerschnittes zum Wasserquerschnitt ist.

Bei heftiger Wasserströmung im Kanal geschieht das „Ansaugen“ der Luft aus dem Freien mit großer Energie; es kann dabei Luft 3 bis 5 Meter tief und noch mehr aus dem Freien in den Kanal hinabgezogen werden. Jeder größere Regenfall bietet Gelegenheit, diese Thatsache an den Einsteigeschächten und sonstigen mehr oder weniger offenen Zugängen einer Entwässerungsleitung zu beobachten.

Die Erscheinung entzieht sich einer theoretischen Untersuchung; nur das direkte Experiment kann hier ein Resultat geben, für welches indessen bei der großen Verschiedenheit der bestimmenden Verhältnisse eine Verallgemeinerung wohl nicht gestattet ist.

Soyka hat einige Versuche\*) in der Weise ausgeführt, daß er ein 34 mm weites, 1,4 m langes Rohr mit einer solchen Neigung auf Schraubenspitzen lagerte, daß das von oben stetig nachfließende Wasser an allen Stellen der Rohrlänge denselben, gleich großen Teil des Rohrquerschnitts füllte. Gleichzeitig wurde am oberen Rohrende Rauch erzeugt, von dem ein Teil durch das Wasser angesaugt und mitgeführt wurde. Die Zeit vom Eintritt des Rauchs am oberen bis zum Austritt am unteren Ende ergab die Geschwindigkeit desselben. Letztere wechselte zwischen 39 und 45 % der Wassergeschwindigkeit, die ihrerseits zwischen Grenzwerten von 0,063 und 0,3289 m lag. Die Wasserfüllung des Rohrs betrug zwischen 6,6 und 24,2 % des Rohrquerschnitts.

Soyka begründet aus den gewonnenen Versuchsergebnissen die Vermutung, daß die durch die Wasserströmung im Kanal verursachte Luftgeschwindigkeit wohl

\*) Soyka, Hygienische Tagesfragen I; Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwürfe. München 1889.

niemals über 50 % der Wassergeschwindigkeit hinausgehe, wahrscheinlich ziemlich weit unter derselben bleibe. Allerdings wurde nicht unterlassen, die Verschiedenheiten hervorzuheben, welche bei andern Profilformen als den bei den Versuchen benützten, bestehen müssen.

Verfasser teilt die von Soyka gezogene Vermutung nicht, weil es sich bei dessen Versuchen um Laboratoriums-Experimente handelt, deren Einrichtung sich viel zu weit von denjenigen Verhältnissen entfernt, welche bei unterirdischen Kanälen und Röhren mit ihren 50 bis 2000mal größeren Querschnitten bestehen. Hier spricht das Beharrungsvermögen — die lebendige Kraft — der bewegten Luft so bedeutend mit, daß bei nur einigermaßen lebhafter Wasserströmung im Kanal viel größere als die von Soyka gefundenen Luftgeschwindigkeiten entstehen. Ebenfalls will der unverhältnismäßig große Einfluß der Reibung am Rohrumsfange beachtet sein, der bei einem so engen Versuchsrohr, als Soyka es benutzte, stattfindet. Auch mit der täglichen Erfahrung und mit den Leistungen der sogen. Strahlapparate, sowohl derjenigen, welche geschlossene (gepresste), als (drucklose) freie Wasserstrahlen zur Luftbewegung benutzen, lassen sich die von Soyka gefundenen Ergebnisse nicht wohl vereinigen.

§ 83. In unregelmäßiger Weise wird Luft in die Kanäle durch Regenrohre und oben offene häusliche Fallrohre eingeführt, wenn durch diese Regenwasser bzw. Schmutzwasser herabstürzt, desgleichen durch die Anschlußleitungen der Gullins, wenn diese ohne Wasserschlüsse sind. Dieser Vorgang hat Ähnlichkeit mit dem im voranstehenden Paragraphen besprochenen und ist ebenso wenig wie jener einer theoretischen Untersuchung zugänglich. Beobachtungen an Strahlapparaten sowie auch über das sogen. Leerziehen der Wasserschlüsse — auf welche Erscheinung erst später einzugehen ist — lehren aber, daß es sich auch hierbei um nicht unbedeutende Luftbewegungen handelt. Bei der Unregelmäßigkeit, mit welcher der Vorgang sich vollzieht, ist der Wert desselben für den Lüftungszweck der Kanäle allerdings nur ein beschränkter.

§ 84. Die Vielheit der Ursachen, welche Luftbewegungen hervorrufen, sowie die raschen Wechsel, welche in Bezug auf Richtung und Geschwindigkeit der Luftbewegung in Röhren und Kanälen stattfinden, endlich die — an mehreren Stellen hervorgehobene — Unmöglichkeit einer Einbeziehung dieser oder jener Ursache in die rechnerische Behandlung des Problems der Luftbewegung verhindern es, den Vorgang, wie er sich in Wirklichkeit vollzieht, auf rechnerischem Wege genauer zu verfolgen; es sind bloße, das Bild in seinen Hauptzügen gebende Annäherungen, welche der letztere Weg liefert. Ein einigermaßen genaues Ergebnis kann im Einzelfalle immer nur mittels direkter Beobachtung (anemometrische Messung) gewonnen werden. Aber bei der Mannigfaltigkeit der Verhältnisse sind auch die durch direkte Versuche gefundenen Resultate nur dazu geeignet, mit Vorsicht auf ähnliche Verhältnisse übertragen, nicht aber dazu, als allgemein gültige Unterlagen angesehen zu werden.

Von diesem Standpunkte der Betrachtung aus erscheint es als kein großer Mangel, daß die Anzahl der bekannt gegebenen bezüglichen Versuchsresultate bisher nur gering ist. Einiges, was der Öffentlichkeit vorliegt, soll hier kurz mitgeteilt werden.

Lissauer fand, daß in dem Kanalnetz von Danzig im allgemeinen eine „absteigende“ — mit dem Wasserstrom gehende — Luftströmung stattfindet.

v. Roszahegyi kam durch Versuche, die in der Sommerzeit in einigen Münchener bestiegabaren Kanälen ausgeführt wurden, zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Luftbewegung in den Kanälen ist viel öfter „absteigend“ als aufsteigend. Auf-

steigende — gegen den Wasserstrom gehende — Luftströmungen kommen selten vor und sind auf kurze Strecken beschränkt.

2. In tief liegenden Kanälen ist die Luftgeschwindigkeit größer als in flach liegenden.

3. Durch Anschlüsse von — offenen — Gully- und Hausleitungen findet öfter eine aus als eine eingehende Luftbewegung statt. Liegen zwei solche Anschlüsse nahe bei einander, so kann zwischen beiden ein Austausch der Luft stattfinden.

4. Die vorwaltende absteigende Bewegung der Kanalluft scheint lediglich durch die Wasserströmung im Kanal bewirkt zu werden. Die an der Erdoberfläche herrschende Windrichtung übt keinen merklichen Einfluß auf Richtung und Geschwindigkeit der Luftbewegung im darunter liegenden Kanal aus.

Soyka hat die Versuche Roszahegyis zur Winterszeit wiederholt und auch für diese Jahreszeit die Ergebnisse, zu welchen letzterer gelangte, im wesentlichen bestätigt gefunden. Es zeigte sich aber, daß in einem und demselben Profil die Luftgeschwindigkeiten an verschiedenen Stellen große Ungleichheiten aufweisen, daß sogar Umkehrungen der Bewegungsrichtungen unmittelbar nebeneinander stattfinden, daß auch in zwei nahe bei einander liegenden Profilen große Unterschiede herrschen können und Wechsel sich sowohl oft als rasch vollziehen.

Alle diese, durch Beobachtung gefundenen Ergebnisse haben nichts Befremdliches an sich, konnten vielmehr, nach den Darlegungen über die Luftbewegung, welche vorangestellt sind, zum voraus vermutet werden.

Im übrigen geben die Versuche Roszahegyis und Soykas aus zwei Gründen kein klares Bild der Vorgänge, weil bei den Anemometermessungen in den großen Profilen der untersuchten besteigbaren Kanäle immer nur ein einziges (anstatt gleichzeitig mehrerer) Anemometer benutzt ward und die Experimentatoren sich während der Beobachtungen in den Kanälen selbst aufhielten. Die hierbei stattfindenden Wärmeabstrahlungen und Profilverengungen mußten das Bild der Vorgänge notwendig bedeutend ändern. Anders auch als in besteigbaren Kanälen wird sich der Vorgang in engen Röhrenkanälen abspielen. Soyka hat den Versuch unternommen, die Beobachtungsergebnisse rechnerisch — sogar unter Berücksichtigung der Reibungswiderstände — zu kontrollieren. Es ist klar, daß dabei so bedeutende Inkonsistenzen zu Tage treten müssen, daß eine solche Kontrolle als bedeutungslos erscheint. Das Genaue über die Soykaschen Arbeiten ist in Soyka, *Hygienische Tagesfragen I; Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände*, München 1889, nachzulesen.

Mehr einwandfrei als die bisher erwähnten Versuche sind solche, die von Crimp zu Wimbledon\*) angestellt wurden; freilich bezogen sich dieselben nur auf eine einzige Leitung. Doch war das eine 570 Meter lange und 30 Centimeter weite

Fig. 7.

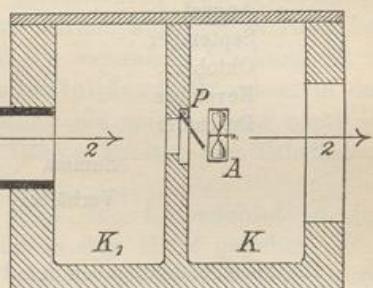
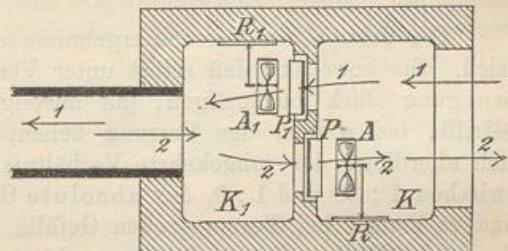


Fig. 8.



\*) Crimp, Experiments on the movement of sewer air at Wimbledon. Transact. of the Inst. of Civ. Engineers. London 1889.

Röhrenleitung mit dem außergewöhnlichen, zwischen 1 : 28 und 1 : 9 wechselnden Gefälle.

Am untern Ende der Röhrenleitung wurde eine Doppelkammer ( $K$  und  $K_1$ ), Fig. 7 u. 8, eingebaut, in deren Trennungswand Crimp zwei Klappenventile ( $A$  und  $A_1$ ) aus Marienglas anordnete; eines der Ventile öffnete gegen die Leitung, das zweite nach der Auslaßseite. Vor den Klappen waren Anemometer ( $P$  und  $P_1$ ) angebracht, deren Bewegung auf Papierstreifen ( $K$  und  $K_1$ ) selbstthätig registriert ward. Jedes Ventil mit Anemometer war daher einer der beiden Bewegungsrichtungen (1 absteigender, 2 aufsteigender) dienstbar. Die Einrichtung blieb ein volles Jahr hindurch in Thätigkeit und lieferte die in nachstehender Tabelle verzeichneten Ergebnisse:

Monat	Richtung		In beiden Richtungen Tage
	aufsteigend Tage	absteigend Tage	
Januar . . . . .	13	12	8
Februar . . . . .	19	29	19
März . . . . .	13	27	11
April . . . . .	19	30	19
Mai . . . . .	11	26	11
Juni . . . . .	3	27	3
Juli . . . . .	2	28	2
August . . . . .	4	27	4
September . . . . .	5	20	5
Oktober . . . . .	3	12	1
November . . . . .	5	26	5
Dezember . . . . .	—	9	—
Summa . . .	97	273	88
Verhältnis . .	1,10	3,10	1,00

Die Anemometerangaben lieferten auch die Unterlagen für eine ungefähre Berechnung der in den beiden Richtungen fortbewegten Luftmengen. Sie verteilten sich zu etwa 40 % auf die aufsteigende und zu etwa 60 % auf die absteigende Richtung.

Die Crimpschen Versuchsergebnisse sind nach mehreren Richtungen hin lehrreich. Sie beweisen, daß selbst unter Verhältnissen, welche die aufsteigende Luftbewegung stark begünstigen, die absteigende Bewegung, was ihre Häufigkeit betrifft, bei weitem den Vorrang behauptet, wogegen in Bezug auf die Mengen sich allerdings das umgekehrte Verhältnis ergab. Das Gefälle der Leitung betrug zwischen 1 : 28 und 1 : 9, das absolute Gefälle daher jedenfalls mehr als 20 Meter, und es konnte bei diesem großen Gefälle die dauernde Wasserführung des Kanals, das ist der Wasserquerschnitt, nur recht gering sein. — Die aufsteigende Richtung ist nur in der kalten Jahreszeit von einiger Bedeutung, während sie in den wärmeren und warmen Monaten ganz zurücktritt. Aber auch in der kalten Jahreszeit findet nach den Zahlen in Spalte 4 der Tabelle noch häufig absteigende Luftbewegung statt. In der wärmeren und warmen Jahreszeit herrscht die absteigende Bewegung vor, neben welcher sich nur eine geringe Zahl von Fällen aufsteigender Bewegung einstellt. Aus diesen Verhältnissen muß geschlossen werden, daß die von Barometerdruckverschiedenheiten — die an den beiden Enden der Leitung bestehen — herrührenden Wirkungen ganz untergeordnete sind, ein Ergebnis, welches S. 133 bereits rechnerisch begründet ward, und daß als bewegende Ursachen fast nur die Gewichtsunterschiede der Luft, die Wasserströmungen der Leitung und Windströmungen an der Oberfläche übrig bleiben.

In Uebereinstimmung mit allem, was oben dargelegt worden ist, darf man diese Schlussfolgerung wohl als eine in häufigen Fällen zutreffende ansehen.

§ 85. Unter den drei Faktoren kommt der Wasserströmung im Kanal die meiste Beständigkeit zu; ihr Einfluß ist der immer thätige, wenn auch unter Schwankungen in Bezug auf ein Mehr oder Weniger der Thätigkeit; die Wasserströmung wirkt immer nur im Sinne einer absteigenden Luftbewegung. Als zweiter Faktor, der im allgemeinen nur in längeren Perioden größere Schwankungen erleidet, folgt das Gewicht der Luft, das beides, sowohl eine ab- als aufsteigende Luftbewegung in den Kanälen hervorrufen kann. Welche davon eintritt, hängt von der Jahreszeit und von der Lage der Verbindungen des Kanalinnern mit der freien Atmosphäre ab (vergl. Tab. S. 126). Der dritte, vollständig regellos wirkende Faktor ist die Windströmung an der Oberfläche; ihrer Wirkung insbesondere ist die Häufigkeit der Wechsel, die sowohl in der Stärke als in den Richtungen der Luftbewegung in Kanälen stattfindet, zuzuschreiben.

Es ist demnach, wenigstens in freien Lagen, ausgeschlossen, daß die Luftbewegung in Straßenkanälen selbst nur einen mäßigen Grad von Regelmäßigkeit aufweisen werde. Richtung und Stärke derselben werden beständigen Wechseln unterliegen und es wäre fruchtloses Bemühen, sich zum voraus ein etwas genaueres Bild davon verschaffen zu wollen. Indessen tritt die Bedeutung dieser Aufgabe vollständig zurück gegen die andre, Sicherheit dafür zu schaffen, daß überhaupt Luftwechsel in den Kanälen stattfindet. Dazu wirken alle drei in Rede befindlichen Faktoren, jeder an seinem Teile, mit, und die vereinigte Wirkung ist so groß, daß unter günstigen Verhältnissen ein sehr bedeutender Luftwechsel in den Kanälen stattfindet, und unter ungünstigen noch immer ein solcher, der nicht als gering bezeichnet werden darf; die Zahlen in den letzten Spalten der Tabelle auf S. 126 geben hierüber genauere Auskunft.

Wenn die Technik keine völlige Herrschaft über den Luftwechsel in den Kanälen besitzt, so ist doch ein gewisser Grad davon in ihre Hand gegeben. Zunächst kann sie auf die Wasserströmung im Kanal regelnd wirken, weiter jedoch und in viel höherem Grade, durch zweckmäßige Lage und Ausgestaltung der häuslichen Fallrohre und endlich durch künstliche Aspirationseinrichtungen, die sowohl im Innern der Gebäude als im Freien geschaffen werden können. Die Art und Weise der technischen Vorkehrungen gehört erst dem 2. Teil des Buches an. Die Aufgabe dieses 1. Teils glaubt Verfasser in dem, was im vorstehenden über die Luftbewegung in Kanälen beigebracht wurde, so vollständig, als es dem Zwecke des Buches entspricht, behandelt zu haben.

### 3. Kapitel.

#### Gesundheitliche Wirkungen der Luft anormaler Beschaffenheit.

§ 86. Allgemeine gesundheitliche Wirkungen. Sowohl die Luftbeschaffenheit im Freien als die der geschlossenen Räume ist in hohem Grade von dem Reinlichkeitszustande in der Umgebung der Wohnstätten und im Innern derselben abhängig. Gewöhnlich wird als Ursache von Luftverunreinigungen im Freien der Rauch aus häuslichen Feuerungen und Fabrikschornsteinen angesehen, nicht ganz mit Recht, weil neben den Luftverunreinigungen, die durch Rauch entstehen,

andere sehr bedeutende den Ausdünstungen der mit Faulstoffen beladenen oberen Bodenschicht entstammen. Da mit Regenfällen die Luft „ausgewaschen“ wird, gelangt in diese Schicht aber auch ein großer Teil der mit dem Rauch in die Luft entsendeten verunreinigenden Stoffe. Das ist eine Thatsache, durch welche die Bedeutung der Aufgabe der Reinhaltung des Bodens noch vergrößert wird.

Nahe über Bodenoberfläche, bzw. über Fußboden in geschlossenen Räumen, wird die Luft in der Regel die ungünstigste Beschaffenheit aufweisen. Es sind daher Kinder den Einflüssen derselben mehr unterworfen als Erwachsene. Entsprechend werden als Entnahmestellen von Luft für Ventilationszwecke die untersten Luftschichten nicht gern benutzt, und da anderseits wegen der Verunreinigungen durch Rauch die etwa in Haushöhe befindlichen Luftschichten ebenfalls von schlechter Beschaffenheit sind, so werden die für Entnahme der Luft für Ventilationszwecke am besten geeigneten Stellen in der Regel in Höhen, die zwischen Bodenoberfläche und Gebäudehöhe liegen, anzutreffen sein.

Das tägliche Einatmen verunreinigter, staubhaltiger, mit organischen Stoffen beladener, durch den Geruchssinn wahrnehmbarer Luft bringt — besonders wenn sich noch Mangel direkten Sonnenlichtes hinzugesellt — allgemeine Körperschlaffheit und Verminderung der Widerstandskraft des Organismus hervor, und Folgezustände, wie Blutmangel, Bleichsucht, Skrophulose. Es begünstigt allgemeine Krankheitszustände der Atmungsorgane und disponiert für Infektionskrankheiten hierher gehöriger Art, insbesondere Lungenentzündung und Tuberkulose, deren Ansteckungsgefahr in der verdorbenen Luft geschlossener Räume viel größer als in der — reineren — Luft des Freien ist.

Ein großer Einfluß kommt bei den gesundheitlichen Wirkungen verunreinigter Luft dem Feuchtigkeitsgehalt derselben zu. Doch ist man bisher nicht zu einer näheren Kenntnis desjenigen Feuchtigkeitszustandes der Luft gelangt, bei welchem von einem spezifisch ungünstigen Einfluß gesprochen werden kann. Vermutlich wird diese Frage auch kaum je gelöst werden, weil Alter, Anpassung, Ernährung, Kleidung, Thätigkeit, Licht, Temperatur und Ort mitwirken.

Sogen. trockne Luft, d. h. solche, deren Feuchtigkeit beträchtlich, vielleicht 60 bis 80 % unter dem Sättigungszustande liegt, wirkt stark wasserentziehend auf die Haut und die Schleimhäute der Luftwege.

Bei nicht zu hoher Trockenheit und unbewegter Luft wird die Lust zu körperlicher und geistiger Thätigkeit vermehrt; im andern Falle tritt aber das Gegenteil, Erschlaffung ein. Lufttrockenheit mit niedriger, doch häufigem Wechsel unterworfer Temperatur begünstigt Entzündungskrankheiten der Atmungsorgane, darunter Croup. Mit dem Staube trockener Luft wird der Bazillus der Tuberkulose aus dem Sputum Kranker verbreitet.

Hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft verhindert die Wasserabscheidung durch die Haut, hindert die Verdunstung auf derselben, so daß die Feuchtigkeit Tropfen bildet, ruft dadurch das Gefühl der Beengung hervor und gibt Anlaß zu Erkältungskrankheiten. Luftfeuchtigkeit mit niedriger Temperatur vereinigt ist aber, wenn auch das Gefühl der Kälte steigernd, verhältnismäßig leicht zu ertragen, während hohe Luftfeuchtigkeit und gleichzeitig hohe Temperatur wegen ihrer Behinderung der Transpiration — und dadurch verhinderten Entwärmung des Körpers — unerträglich „drückend“ wirken kann.

Im Freien stumpfen sich die vorstehend erwähnten Wirkungen der Luftfeuchtigkeit stark ab; dieselben treten in geschlossenen Räumen am merkbarsten auf. In letzteren hat aber hohe Feuchtigkeit der Luft noch viel weiter reichende Folgen als die erwähnten. Hier werden — besonders wenn sich Lichtmangel hinzugesellt — die ungünstigen gesundheitlichen Wirkungen vervielfacht und ihre Intensitäten gesteigert.

Denn Feuchtigkeit ist das hauptsächlichste Lebenselement der meisten Krankheitserreger, und sie schafft auch, indem sie an Mauern, Wänden, Fußböden, in Stoffen, Kleidung und auf den Nahrungsmitteln niedergeschlagen wird, den geeigneten Nährboden für das gesamte niedere Leben. Sie ruft dadurch insbesondere die Vegetation von Schimmelpilzen hervor, durch deren Wiederverstaubung die Luft dauernd übelriechend — muffig — gemacht wird; insbesondere gilt dies von Räumen mit mangelhafter Beleuchtung.

Wenn in solchen Räumen auch nur mäßige Temperatur herrscht, so findet der Hausschwamm einen günstigen Boden für seine Entwicklung. Ist derselbe auch nicht geeignet, unmittelbar gesundheitliche Gefahren hervorzurufen, so sind seine mittelbaren Wirkungen — insofern er die schon vorhandene Feuchtigkeit noch vermehrt — doch sehr große, und es gesellen sich denselben die nicht minder großen Schäden hinzu, welche der Hausschwamm durch die rasche und vollständige Zerstörung infizierter Bauteile anrichtet.

Während trockene Luft den allgemeinen Reinheitszustand des Hauses hebt, zieht feuchte Luft denselben herab. Das feuchte Haus ist darum immer gleichzeitig auch schmutzig, wodurch den speziellen Gesundheitsschädigungen der Feuchtigkeit neue von allgemeiner Natur hinzugefügt werden.

§ 87. Spezifische gesundheitliche Wirkungen der Luft: die sogen. Kanalgastheorie. Schon an früherer Stelle (S. 46) ist im Vorbeigehen die sogen. Kanalgastheorie erwähnt worden, welche, in England entstanden, eine gewisse Verbreitung auch anderwärts gefunden hat, heute aber mehr und mehr aufgegeben wird. Die Auffassungen der Kanalgastheorie sind von unmittelbarem Einfluß auf mehrere technische Einzelheiten der Kanalisationseinrichtungen.

Die Kanalgastheorie nimmt an, daß in den Straßenkanälen Gase entstehen und von dort aus verbreitet werden, welche eine Anzahl der sogen. Infektionskrankheiten hervorrufen. Dahn gehörten: Durchfall, Digestionen, Typhus, Cholera, Diphtherie, Lungenentzündung, Scharlach und vielleicht noch andre. Fälle von Wundrose, Hospitalbrand und Puerperalfieber sollen in Häusern, in die Kanalgase eindringen können, schwerer verlaufen als sonstwo. Insbesondere ist es der Typhus, dessen unmittelbare Entstehung auf das Konto der Kanalgase gesetzt wird.

Diese in England alteingebürgerte Auffassung konnte gegen Anzweifelungen so lange Stand halten, als die wirklichen Entstehungsursachen der Infektionskrankheiten im Dunkel lagen. Hatte Soyka auch bereits 1881 in statistischen Untersuchungen den Beweis geliefert, daß in kanalisierten Städten, was die Häufigkeit von Infektionskrankheiten betrifft, bis dahin keine ungünstigeren Zustände herrschten, als in nicht kanalisierten, unter ersteren sich vielmehr eine Anzahl in günstigeren Verhältnissen befand als unter letzteren, so war damit die Macht der Kanalgastheorie doch nicht gebrochen, weil man gegen die Soykaschen Schlussfolgerungen den Einwand erheben konnte, daß sie im Vergleich zu der Dauer der englischen Beobachtungen auf Beobachtungen von noch zu kurzer Dauer beruhten. Außerdem waren in jener Zeit auch die Vorstellungen von den „Miasmen“ und ihren besonderen gesundheitlichen Wirkungen selbst bei denjenigen Hygienikern, die der Kanalgastheorie nur eine beschränkte Geltung zugestanden, noch viel zu feste, als daß der erhobene Widerspruch sich zu allgemeinerer Anerkennung hätte durchringen können.

Dieser Erfolg ward erst den seitdem gewonnenen sicheren Feststellungen über die Natur der Infektionskrankheiten: das für die Entstehung derselben unerlässliche Vorhandensein infektionstüchtiger Erreger und die Bedingungen, an welche die Lebens- und Infektionsfähigkeit der Erreger gebunden ist, zu teil. Außerdem hat

sich seit dem Anfang der 80er Jahre die Dauer der statistischen Beobachtungen um etwa 15 Jahre verlängert und daneben, nach Anlage zahlreicher neuer Kanalisationen, die Gelegenheit zur Vervollständigung der Statistik auch erheblich erweitert. Während man alledem, was früher zum Erweise der Unhaltbarkeit der Kanalgasttheorie beigebraucht werden konnte, nur einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit beilegen möchte, wird man heute unter der vereinigten Wirkung des Fortschritts der Erkenntnis und der Bewährtheit derselben durch die Erfahrung sich der bedingungslosen Anerkennung der Berechtigung des Widerspruchs gegen die Kanalgasttheorie nicht länger verschließen können.

Wo darum heute unter Berufung auf bestimmte Fälle die Kanalgasttheorie noch mit dem Anspruch auf das Anerkenntnis ihrer Richtigkeit auftritt, wird sich zeigen lassen, daß entweder in der Beobachtung der Fälle Lücken vorhanden sind, die für anderweite Erklärungen Raum gewähren, oder Beobachtungsfehler vorliegen, die zu anderweiten Erklärungen zwingen, oder endlich es sich um Ausnahmefälle handelt, die als solche nur die Regel bestätigen. Zu letzterer Alternative sei bemerkt, daß insbesondere an grobe Mängel in der Bauweise der Kanäle oder im Betriebe derselben gedacht ist, wobei die Kanäle dasjenige nicht leisten, was sie bei guter Ausführung und sorgfältigem Betriebe leisten können, gegebenenfalls anstatt nützlich sogar schädlich wirken. Auf derartige Zustände ist bereits S. 9 hingewiesen worden.

Es handelt sich in der Kanalgasttheorie, sowohl was ihre Behauptung, als was ihre Grundlagen betrifft, nicht nur um einen einzigen Irrtum, sondern es laufen in derselben mehrere Unrichtigkeiten zusammen. Doch muß, um Mißdeutungen vorzubeugen, festgestellt werden, daß der Inhalt der Theorie nicht ein fest umschriebenes Ganzes ist, vielmehr aus Teilen besteht, die voneinander unabhängig sein können, daher etwas Schwankendes ist, so daß die Theorie von dem einen weit und daneben streng, von einem andern eng und locker aufgefaßt werden kann.

Unter dieser Bevorwortung wird mitgeteilt, daß die Kanalgasttheorie ihre Behauptung der Hervorrufung einer Reihe von Infektionskrankheiten etwa auf folgenden Anschauungen aufbaut:

- a) Der Sitz der besonderen Schädlichkeit liegt in den Straßenkanälen; die Hauskanäle (Röhren) sind dabei nur insoweit beteiligt, als sie dem schädigenden „Etwas“ einen Weg bieten, auf dem dasselbe zum Menschen gelangt.
- b) Die „Krankheitserreger“ oder die „Stoffe“, an welche statt ihrer gedacht wird, nehmen entweder ihren Ursprung in den Straßenkanälen, oder, wenn dies etwa nicht der Fall ist, so finden sie doch in diesen günstige Bedingungen für ihre Entwicklung bezw. Erhaltung.
- c) Die Erreger oder Stoffe können aus den Schmutzstoffen losgelöst, bezw. frei werden und auf dem Wege der Luft in die menschliche Nähe gelangen.

Die Annahme zu a) ist bei guten Anlagen unzutreffend. Dieselbe setzt voraus, daß die Straßenkanäle den Ort für Ablagerung von Schmutzstoffen bilden, während die Hauskanäle rein oder doch erheblich reiner als die Straßenkanäle bleiben. Nun ist aber die Wasserführung der Straßenkanäle eine viel mehr geregelte als die der Hauskanäle, welche die Schmutzwasser gewöhnlich nur stößweise zugeführt erhalten, und deren Querschnitte etc. auch den Abflußmengen weniger gut angepaßt werden können, als es bei den Straßenkanälen möglich ist; zudem sind auch die Straßenkanäle besser zugänglich als große Teile der Hauskanäle. Endlich: in der Regel wird wohl der in den Händen der städtischen Behörde liegende Betrieb der Straßenkanäle schon wegen seiner einheitlichen Behandlung ein mehr sorgfältiger sein, als der Betrieb der Hauskanäle, deren Beschaffenheit durchaus von dem guten Willen und der Sorgfalt von Hunderten oder Tausenden von Grundstückseigentümern bezw. deren Angehörigen abhängig ist.

Das, was aus den bezüglichen Verhältnissen einfach gefolgert werden kann, wird durch die häufigen Wahrnehmungen bestätigt: der Reinheitszustand der Straßenkanäle ist durchgängig ein besserer als der der Hauskanäle, woraus folgt, daß die Auffassung der Kanalgasttheorie unrichtig, in jedem Falle einseitig ist.

Zu b) Die Erreger der Infektionskrankheiten sind nicht Stoffe im chemischen Sinne, sondern organisierte Wesen; eine „Urzeugung“ belebter Wesen besteht nicht. Die Krankheitserreger können daher ihren Ursprung auch nicht in Kanälen nehmen, sondern müssen, um dort vorkommen zu können, von außen hineingetragen sein. Die Erreger sind auch nicht Erzeugnisse der Krankheiten, sondern umgekehrt Erzeuger derselben, und können daher nur den Abgängen erkrankter Personen entstammen. Sie finden aus mehreren Gründen außerhalb des befallenen Körpers keine günstigen Existenzbedingungen. Hierher gehört insbesondere ihr Gebundensein an enge Temperaturgrenzen und dazu an solche Temperaturen, mit denen diejenige, die in Kanälen herrscht, wenig übereinstimmt. Ferner fehlt ihnen, in Schmutzteile eingeschlossen, der Sauerstoff, und endlich leiden die Erreger unter der übergroßen Konkurrenz der nichtpathogenen Mikroben, welche sich in meist wohl unzählbaren Mengen in den Kanalwässern finden; von diesen werden sie rasch überwuchert und gehen zu Grunde. Aber wenn die Erreger unter solch ungünstigen äußeren Verhältnissen auch während längerer Zeit ihr Dasein in Kanälen fristen sollten, so lehren doch die bisherigen Feststellungen, daß sie dort die Fähigkeit zur Vermehrung nicht besitzen, und ferner, daß sie nach einer gewissen Zeit auch ihre Fähigkeit zu schaden, die Virulenz, einbüßen. Beziiglich der Dauer der Erhaltung der Infektionserreger außerhalb des befallenen Körpers, wie auch über die Dauer, während welcher sie ihre Virulenz bewahren, sind freilich die bisherigen Ermittelungen nicht zu dem Grade völliger Sicherheit vorgedrungen. Hier finden große Wechsel nach den verschiedenen Arten der Erreger statt; es muß bei einzelnen Arten, z. B. auch dem Erreger des Typhus, mit sehr langer Dauer — vielleicht Monaten — gerechnet werden. Immerhin kann sich dies bei dem im allgemeinen raschen Zugrundegehen und der Unmöglichkeit der Vermehrung nur auf einzelne Exemplare, niemals auf Massen beziehen, so daß die Gefahr der Infektion von solchen Stellen aus praktisch gleich Null oder doch nur in sehr geringem Umfange vorhanden ist.

Zu c) Die Möglichkeit, daß die in Wasser eingeschlossenen Erreger frei werden und in die Luft übergehen könnten, ist auf den einen Fall beschränkt, daß sie bei Verspritzungen des Wassers frei werden; bei der Verdunstung geschieht dies nach sicheren Feststellungen mehrerer Hygieniker — besonders v. Nägelis — nicht. Es bliebe alsdann noch die andre Möglichkeit bestehen, daß die Erreger aus Schmutzteilen, die auf der Kanalsohle liegen oder an den Kanalwänden kleben, losgelöst werden, sei es, daß die Schmutzteile angerührt werden, sei es, daß die Lösung durch Luftströmungen bewirkt wird. Es ersieht sich, daß es sich bei den angegebenen Möglichkeiten der Loslösung durch Verspritzung und Berührung um bloße Ausnahmefälle handelt und was das Freiwerden durch Windströmungen betrifft, so ist bereits auf S. 116 angeführt worden, daß auch hierbei nur ein wenig wahrscheinlicher Fall in Frage steht. Schmutzteile, die sich auf der Sohle oder an höheren Teilen der Kanalwand finden, werden bei dem hohen Feuchtigkeitsgehalt, den die Kanalluft dauernd besitzt, wohl immer so viel Klebekraft besitzen, daß zum Lösen von Mikroben aus denselben Windstärken gehören, die in Kanälen schwerlich vorkommen können.

Aber selbst diese Möglichkeit, sowie das Freiwerden von Mikroben bei Wasser-verspritzung zugegeben, so bleibt für die Verbreitung derselben auf größere Ent-

fernungen immer noch die Thatsache bestehen, daß sie mit den Schmutzteilen, an denen sie haften, bald wieder zu Boden sinken. Jedenfalls ist es ausgeschlossen, daß sie bei den geringen Geschwindigkeiten von einigen Metern, wie sie in Kanälen stattfinden, auch nur zu einiger Höhe empor geführt werden.

Haben von Kanälen aus Infektionen stattgefunden — und die Möglichkeit dazu ist ja keineswegs in Abrede zu stellen, wenn auch die Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering ist — so darf dabei nicht leicht an die Luft als Zwischenträger gedacht werden, sondern eher an eine Mitwirkung des Trinkwassers oder sonstiger Zwischenträger. Bei der oft sehr nahen Berührung, welche zwischen Kanalisations- und Wasserleitung stattfindet, giebt es Fälle, in denen ein Uebertreten pathogener Mikroben in das Trinkwasser in Betracht gezogen werden muß. Desgleichen Verschleppung von Keimen an den Kleidern oder Geräten von Arbeitern, welche mit Kanalisationswerken in engere Berührung traten. Diese und anderweite Möglichkeiten werden von den Vertretern der Kanalgasttheorie und solchen, die eine Verbreitung von Infektionskrankheiten mit „Miasmen“ annehmen, in der Regel beiseite gelassen.

Den vorstehend angegebenen — negativen — Beweisen gegen die Richtigkeit der Kanalgasttheorie gesellen sich weitere Beweise hinzu. Mit Recht würde man fordern dürfen, daß die Vertreter jener Theorie den Nachweis vom Vorhandensein von Krankheitserregern in der Kanalluft führen. Dieser Nachweis ist bei vielen Versuchen, welche bisher angestellt worden sind, noch nicht erbracht worden. Es ist nur ein einziger bezüglicher Fall bekannt, ein Befund von Uffelmann, durch den in Kanalluft die Gegenwart von Eiterkokken — die auch schon in der Luft von Krankenräumen gefunden worden sind — (S. 115) nachgewiesen ward. Weder Typhus- noch Cholera- noch andere Krankheitserreger hat man in Kanalluft nachweisen können, vielmehr nur die Gegenwart von einzelnen Mikrobenarten, die nicht unter die pathogenen rechnen. Und im allgemeinen haben alle bisherigen Untersuchungen eine unvermutet geringe Menge mikroskopischen Lebens in der Kanalluft ergeben. Ueberhaupt kann bei ausgiebigem Luftwechsel, der bei zweckmäßigen Einrichtungen in den Kanälen stattfindet, von einer spezifischen Beschaffenheit der Kanalluft nicht die Rede sein (vergl. hierzu die S. 132 ff. beigebrachten Rechnungsnachweise).

Ferner: Es werden seit vielen Jahren die besteigbaren Straßenkanäle von zahlreichen Arbeitern, die im Betriebe derselben und bei Reparaturen thätig sind, nicht nur auf kurze Zeit, sondern tagein, tagaus, das ganze Jahr hindurch betreten. Kämen im Wasser, oder im Schmutz, oder in der Luft der Kanäle auch nur selten Keime pathogener Mikroben vor, so müßten unter diesen, jedenfalls stark gefährdeten Arbeitern Fälle von Infektionskrankheiten häufig beobachtet worden sein. Davon ist jedoch bisher nichts bekannt geworden, obwohl in englischen Städten sowohl als in München, Frankfurt a. M., Berlin und anderwärts eine genauere gesundheitliche Ueberwachung dieser Arbeiter stattfindet.

Aber nicht nur, daß die Luft der Straßenkanäle relativ frei von Spaltpilzen ist: sie ist auch in chemischer Hinsicht reiner als zum voraus meistens angenommen zu werden pflegt, insbesondere vielfach frei von dem üblen Geruch, der in der Regel als selbstverständlich angesehen wird. Die Thatsache ist nicht nur durch manche Besteigungen von Kanälen, die gerade zur Feststellung dieses besonderen Zweckes unternommen wurden, erwiesen, sondern wird schlagend durch den im allgemeinen guten Gesundheitszustand der im Kanalbetriebe thätigen Arbeiter erhärtet. Es zeigt sich, daß diese Arbeiter bei Vorsicht und wenn sie nur periodenweise die Arbeit aussetzen, ihre Beschäftigung dauernd treiben können, ohne an ihrer Gesundheit mehr als gewöhnlichen Schaden zu erleiden.

Endlich — und nunmehr handelt es sich um den letzten in der Kette der vorgeführten Beweise — sind die allgemein günstigen Erfahrungen in Betracht zu ziehen, welche bisher in Bezug auf die Verminderung der Sterblichkeitsziffern kanalierter Städte vorliegen. Gegenüber der Typhusgefährdung (der die Vertreter der Kanalgastheorie ganz besondere Bedeutung beilegen) darf den S. 33 ff. mitgeteilten Zahlen über die Abnahme der Typhussterblichkeit in kanalisierten Städten und ähnlichen Zahlen, die in andern, mit Kanalisation nicht ausgestatteten Orten ermittelt worden sind, gewiß eine besondere Bedeutung in dem hier fraglichen Sinne beigelebt werden. Die Behauptungen der Kanalgastheorie sind mit diesen Zahlen einfach unverträglich. —

Die Vertreter der Kanalgastheorie fußen vielfach auf der Annahme einer dauernden „aufsteigenden“ Luftbewegung in den Kanälen (S. 136). Danach halten sie es für geboten, die Hausrohre von den Straßenrohren luftdicht abzusperren. Weiter oben ist die Irrigkeit dieser Auffassung der Luftbewegung rechnerisch erwiesen worden. Es würde sich auch daraus ein Stück Beweis gegen die Richtigkeit der Kanalgastheorie entwickeln lassen. Bei der Fülle sonstiger Beweise und der Unterordnetheit jener wird davon Abstand genommen, während vorbehalten bleibt, auf die Frage der Trennung oder Nichttrennung von Hausrohren und Straßenkanal später bei Vorführung der technischen Einrichtungen der Kanalisation zurück zu kommen.

Um nicht Mißdeutungen und Zweifel entstehen zu lassen, sei zum Schluß nochmals besonders hervorgehoben, daß den hier beigebrachten Gegenbeweisen immer die Voraussetzung gut ausgeführter und sorgfältig betriebener Kanalisationen, wobei nicht nur an die Straßenkanäle, sondern auch an die häuslichen Entwässerungseinrichtungen, also an die Gesamtheit einer Kanalisationsanlage gedacht ist, zu Grunde liegt.

Kanalgefälle und Kanalformen sind als passende und streng regelmäßige gedacht, daneben gute Spülleinrichtungen und möglichst vollkommene Einrichtungen zum Luftwechsel angenommen. In gut beschaffenen und gut betriebenen Kanalisationssystemen werden Schmutz-Anhäufungen der Regel nach nicht vorkommen, und wenn dies durch Zusammenwirken ungünstiger Umstände einmal stattfindet, Vorkehrungen zur leichten Wiederbeseitigung vorhanden sein. Regelmäßige Spülungen, Abbürsten und Waschen der Kanalwände sichern einen dauernd guten Reinheitszustand derselben. Bei reinen Kanälen ist die Kanalgastheorie gegenstandslos.

Es fragt sich, ob derselben unter abweichenden Verhältnissen Bedeutung beigelebt werden muß? Ob bei schlecht angelegten, dürftig unterhaltenen, mangelhaft gespülten und gelüfteten Kanälen die Kanalgastheorie zutrifft oder nicht? Soweit es sich um Infektionen durch die Kanalluft handelt, muß nach dem, was vorangeschickt worden, sogar für diesen Fall die Kanalgastheorie abgewiesen werden. Aber wenn dieselbe auch in dem eigentlichen Kerne verneint wird, so bleibt doch einiges übrig, was ernster Aufmerksamkeit wert ist. Denn übel riechende Dünste, die aus schlecht angelegten und schlecht gehaltenen Kanälen aufsteigen und in Häuser und Straßen verbreitet werden, beeinträchtigen die Atmung und verursachen bei schwachen oder in Heilung begriffenen Personen, Kindern u. s. w. Uebelkeit, Kopfschmerz, Schlaflosigkeit. Sie begünstigen (nach Kirchner a. a. O.) die Entstehung von Magen- und Darmkrankheiten und können bei längerer Einwirkung zu dauernden Ernährungsstörungen, Blutarmut, Bleichsucht, Nervosität u. s. w. führen. Sie wirken disponierend für Infektionskrankheiten und können daher allerdings indirekt zur Entstehung und Ausbreitung von solchen Krankheiten beitragen.

Einzig hierauf beschränkt sich dasjenige, was von der Kanalgasttheorie übrig bleibt, wenn der Inhalt derselben an erwiesenen Thatsachen und Beobachtungen abgewogen wird. —

Im übrigen ist das Kapitel von der allgemeinen Gesundheitsschädlichkeit übler Gerüche heute noch unabgeschlossen. Tierversuche, die angestellt worden sind, haben bisher keine eindeutigen Ergebnisse geliefert, so daß für abweichende oder gar entgegengesetzte Auffassungen Raum übrig bleibt. Es fragt sich aber auch, ob es zulässig ist, die Ergebnisse, welche bei Versuchen mit — kleinen — Tieren erlangt worden sind, zu Schlußfolgerungen auf die Wirkungen, welche beim Menschen unter gleichartigen Verhältnissen erwartet werden können, zu benutzen.

Einige Litteraturangaben über Kanalluft:

- v. Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr. München, 1880.
- v. Nägeli, Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infektionskrankheiten, 1877.
- Pridgin Teale, Lebensgefahr im eigenen Hause. Aus dem Englischen übersetzt von I. K. H. der Prinzess Christian von Schleswig-Holstein; bearb. von Wanßleben, 1886.
- Soyka, Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände (Hygienische Tagesfragen I), 1889.
- Hobrecht, Beiträge zur Beurteilung des gegenwärtigen Standes der Kanalisations- und Berieselungsfrage, 1883.
- C. R. Aird, Ein Streifzug durch das Gebiet moderner Städtereinigungsfragen; Centralbl. f. allgemeine Gesundheitspflege, Jahrgang 1889.
- Verhandlungen des Deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege in der Zeitschrift des gen. Vereins, Bd. 27 u. 28 (1895 u. 1896).
- Hygien. Rundschau, 6. Jahrg. (1896).