

## I. Luft.

### Chemische Charakteristik.

Die Luft ist ein Gemenge (keine chemische Verbindung) von Stickstoff und Sauerstoff. Sie enthält in 100 Theilen etwa 20.9 bis 21 Theile Sauerstoff und 79 bis 79.1 Theile Stickstoff; also circa 4 Raumtheile Stickstoff und einen Raumtheil Sauerstoff. Da man durch zahlreiche, an den verschiedensten Orten ausgeführte Analysen gefunden hat, dass diese Zusammensetzung der Luft immer constant bleibt oder nur innerhalb sehr enger Grenzen schwankt, so wird es gestattet sein diejenige Luft als abnorm zu bezeichnen, welche bei der Analyse eine von dem oben angegebenen Verhältniss bedeutend abweichende Zusammensetzung aufweist. Die Luft besteht zwar, wie schon bemerkt, aus Stickstoff und Sauerstoff, doch sind ihr immer, wenn auch nur geringe Mengen von Kohlensäure (in 10000 Vol. Luft im Maximum 5.74 Vol., im Minimum 3.15 Vol., also im Mittel 4.1 Vol.), noch geringere und äusserst schwankende Mengen von Ammoniak, und endlich Wasserdampf beigemischt.

Die Luft kann jedoch Kohlensäure und Ammoniak in grossen und dann gesundheitsschädlichen Mengen, sowie andere schädliche gasförmige Beimengungen enthalten, die ihr Dasein bestimmten localen Verhältnissen zu verdanken haben. So bilden die Respiration und Transpiration vieler an einem Orte zusammengedrängter Menschen und Thiere, verwesende organische Stoffe, die Fabriken mit ihren gasförmigen Abfallprodukten, gasförmige Ausströmungen aus der Erde u. s. w. die Quellen der Luftverderbniss.

Die vorzüglich häufig vorkommenden und wichtigen gasförmigen Verunreinigungen sind, ausser den schon früher genannten, welche nur in grosser Menge schädlich sind, (Kohlensäure und Ammoniak), das Kohlenoxyd, der Schwefelwasserstoff, das Leuchtgas und an gewissen Orten (in Bergwerken, in der Nähe von Petroleumquellen etc.) das Sumpfgas.

Die Verunreinigungen mit Staub, Russ etc., können wir hier nicht eingehender berücksichtigen.

#### Chemische Untersuchung.

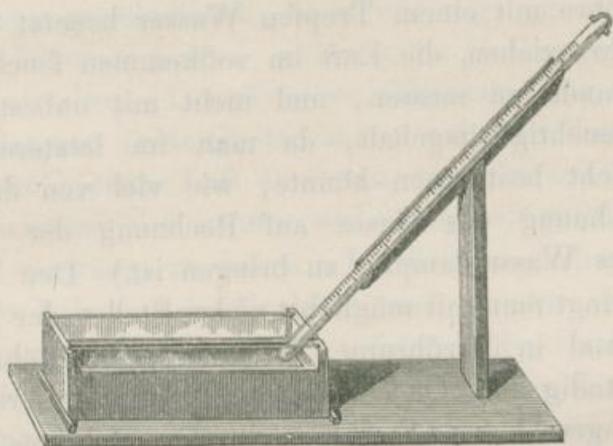
Bevor wir auf die Untersuchung der einzelnen Luftbestandtheile eingehen, sei vorausgeschickt, dass man auf den Geruch der Luft achte, da dieser in vielen Fällen ohne Weiteres über die Natur der vorhandenen Verunreinigung Aufschluss giebt.

Die Erfordernisse für die im Folgenden angegebenen Luftanalysen sind:

1. Eine etwa 100 CCm. fassende ziemlich weithalsige Flasche (Medicinflasche), die zum Aufbewahren der zu untersuchenden Luft dient. Sie wird mit einem guten, luftdicht schliessenden Korkpfropfen versehen. Derselbe wird doppelt durchbohrt und in jedes Bohrloch ein passendes, unten und

oben über den Pfropf etwa zolllang hinausragendes Glasröhrchen gesteckt. Ueber die oberen (aus der Flasche ragenden) Enden beider Glasröhrchen schiebt man nun  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Zoll lange Kautschukschläuche und in die oberen freien Enden dieser Schläuche wieder etwa zolllange Glasröhrchen, so aber, dass sich die beiden in einem Schlauche steckenden Glasröhrchen nicht berühren. Die Zwischenräume zwischen diesen beiden Glasröhrchen dienen dazu, die Communication zwischen ihnen durch das Zusammendrücken und Wiederöffnen der Kautschukschläuche mittelst

Fig. 8.



gut gearbeiteter Quetschhähne willkürlich unterbrechen und wieder herstellen zu können.

Das Füllen der Flasche mit der zu untersuchenden Luft geschieht entweder so, dass man sie mit Quecksilber füllt und an Ort und Stelle ausleert, oder so, dass man durch die Flasche so lange Luft durchsaugt, bis man sicher sein kann, alle frühere verdrängt zu haben.

2. Eine Quecksilberwanne mit Glaswänden wie sie für gasometrische Versuche gebräuchlich ist. (S. Fig. 8.)

3. Eine Absorbtionsröhre, das ist eine genau calibrirte, in Zehntel-Cubikcentimeter eingetheilte, oben zugeschmolzene unten offene etwa 70 Centimeter lange Messröhre mit einem Durchmesser von etwa 2 Centimeter. (S. Fig. 9.)

4. Eine gleichfalls in Millimetern eingetheilte Endiometerröhre mit eingeschmolzenen Platindrähten von derselben Länge. (S. Fig. 8.)

5. Ein Barometer.

6. Ein Thermometer.

7. Eine elektrische Batterie (eine Leydner Flasche oder dergleichen).

Zur Ausführung des Versuchs wird die Absorbtionsröhre mit einem Tropfen Wasser benetzt. (Es ist

Fig. 9. vorzuziehen, die Luft im vollkommen feuchten Zustande zu messen, und nicht mit unbestimmtem Feuchtigkeitsgehalt, da man im letzteren Falle nicht bestimmen könnte, wie viel von der Ausdehnung des Gases auf Rechnung der Tension des Wasserdampfes zu bringen ist.) Den Tropfen bringt man mit möglichst vielen Stellen der Röhrenwand in Berührung, füllt dann die Röhre vollständig mit Quecksilber an <sup>1)</sup> und entfernt etwa eingeschlossene Luftblasen durch vorsichtiges Klopfen der Röhre (Anstossen gegen einen Tisch) oder durch Einsenken eines Holz- oder Fischbeinstäbchens an die Stelle, wo man ein Luftbläschen bemerkt. Hierauf wird die mit Quecksilber vollkommen angefüllte Absorbtionsröhre mit einer kleinen, gut aufgeschliffenen matten Glastafel verschlossen, unter



<sup>1)</sup> Diess geschieht am besten mit einer Röhre, die bis an den Boden der Absorbtionsröhre reicht, und die oben einen mittelst eines Stückchen Kautschukschlauchs angebrachten Trichter trägt.

Vermeidung eines Luftzutritts umgestürzt und in die früher bis zur nöthigen Höhe mit Quecksilber gefüllte Wanne gesenkt. Bei jeder solchen Quecksilberwanne befindet sich eine schiefe, auf einem Stativ angebrachte, gewöhnlich mit Tuch bekleidete Rinne, in welche die Absorbtionsröhre, mit der Vorsicht, dass ihr unteres Ende immer unter Quecksilber bleibe, gelegt werden kann.

Das Beschicken der Absorbtionsröhre mit der fraglichen, in der früher beschriebenen Flasche aufbewahrten Luft geschieht nun auf folgende Weise:

Das eine der in dem Korke der Flasche befindlichen Röhrensysteme wird mittelst eines Stückchens Kautschukschlauchs mit einem Trichter, das andere auf dieselbe Weise mit einem gewöhnlichen, oben etwas gebogenen, unten in einen kleinen Schnabel auslaufenden Gasleitungsrohre (aus Glas) versehen. Den Trichter füllt man mit Quecksilber an, lüftet nun beide Quetschhähne und lässt durch das Gasleitungsrohr etwas Luft austreten, bis man annehmen kann, auch dieses mit der zu untersuchenden Luft gefüllt, resp. die andere verdrängt zu haben. Ist diess geschehen, so bringt man den Schnabel des Gasleitungsrohres unter das in Quecksilber getauchte Ende der Absorbtionsröhre, lässt das Quecksilber bis auf etwa  $\frac{1}{3}$  des früheren Volums durch die Luft verdrängen (füllt also die Röhre bis zu  $\frac{2}{3}$  mit Luft), sperrt dann die Flasche wieder mit den Quetschhähnen ab und stellt sie für weitere Versuche beiseite.

NB. Werden Luftproben in einfach versiegelten Flaschen zur Untersuchung gebracht, so stürzt man dieselben mit der Mündung nach unten in Quecksilber, entfernt unter Quecksilber den früheren Verschluss und ersetzt ihn, gleichfalls unter Quecksilber, durch den oben beschriebenen, nachdem man die bewussten Glasröhrchen vorerst mit Quecksilber gefüllt hat.

Mit dem Anfüllen der Absorbtionsröhre mit Luft wären

nun die Vorbereitungen zur eigentlichen Analyse beendigt, man hat nur noch in der Nähe des Tisches ein Barometer und ein Thermometer anzubringen.

Bevor man zur Analyse schreitet, lässt man die ganze Vorrichtung eine Zeit lang stehen, damit dieselbe die Temperatur des umgebenden Mediums erlange.

Nun wird das Volum der angewandten Luft bestimmt. Zu diesem Zwecke wird die schief in der Rinne liegende Messröhre vollkommen senkrecht gestellt (was man durch Visiren gegen einen senkrecht herabhängenden Faden oder gegen ein Fensterkreuz leicht erreicht), die Höhe der Quecksilbersäule vom Spiegel des Quecksilbers in der Wanne bis zur Kuppe im Absorbtiionsrohr, ferner die Anzahl der vorhandenen Cubikcentimeter Luft, der Barometerstand und die Temperatur des umgebenden Mediums abgelesen und notirt und mit Hilfe dieser Daten das Volum der zu untersuchenden Luft auf dasjenige bei 0° C. und Normalluftdruck, d. i. bei 760 Mm. Barometerstand, nach der gleich anzuführenden Formel reducirt. Hierauf wird die Röhre wieder schief gelegt.

Die Berechnung, wie viel das beobachtete Volum bei 0° und 760 Mm. Barometerstand beträgt, beruht auf folgenden Principien:

Jedes Gas dehnt sich beim Steigen der Temperatur für einen Grad Celsius um  $\frac{1}{273}$  seines Volums aus. Steigt die Temperatur von 0° auf 10°, so beträgt die Ausdehnung, also die Volumszunahme  $\frac{10}{273}$ , steigt sie auf n Grad,  $\frac{n}{273}$  des Volums bei 0°. Es ist daher begreiflich, dass von einem Gasvolum, welches z. B. bei 15° C. beobachtet wurde,  $\frac{15}{273}$  abgezogen werden müssen, um das der Temperatur 0° entsprechende Volum zu erhalten.

2. Das Volum eines Gases ist dem auf ihm lastenden Drucke umgekehrt proportional, d. h. je grösser der Druck, desto geringer das Volum und umgekehrt. — Wird also ein Gasvolum bei 750 Mm. Quecksilberdruck (Barometerstand) abgelesen, so ist dessen Volum grösser als bei 760 Mm. Quecksilberdruck. Wird daher ein bei einem niedrigeren Barometerstand abgelesenes Gasvolum auf den normalen Barometerstand reducirt, so wird es in dem verkehrten Verhältnisse der beiden Barometerstände geringer.

3. Erhebt sich in einer Absorbtionsröhre eine Quecksilbersäule über den Spiegel des Quecksilbers in der Wanne, so wirkt diese Säule dem Luftdruck entgegen. Ist daher der beobachtete Barometerstand z. B. 750 Mm., die Quecksilbersäule in der Absorbtionsröhre aber vom Spiegel bis zur Kuppe 50 Mm., so steht das Gas in der Absorbtionsröhre factisch nicht unter dem Drucke von 750 Mm. Quecksilber (d. i. dem zur Zeit vorhandenen Luftdruck), sondern unter einem Drucke von 750—50 Mm. Quecksilber. Wie ersichtlich muss also die Höhe der Quecksilbersäule im Absorbtionsrohr vom Barometerstand abgezogen werden, um den wahren Druck zu erfahren unter dem sich das Gas befindet.

4. Werden die Gase feucht gemessen, so muss noch die Tension des Wasserdampfs bei der beobachteten Temperatur vom Barometerstande in Abzug gebracht werden, da diese Tension dem Luftdruck gleichfalls entgegenwirkt. Die Tension des Wasserdampfs, ausgedrückt in Millimetern Quecksilber, für verschiedene Temperaturen, ist in folgender Tabelle ersichtlich:

Temperatur in Graden Celsius	Tension in Milli- metern Quecksilber	Temperatur in Graden Celsius	Tension in Milli- metern Quecksilber
0	4,525	21	18,505
1	4,867	22	19,675
2	5,231	23	20,909
3	5,619	24	22,211
4	6,032	25	23,582
5	6,471	26	25,026
6	6,939	27	26,547
7	7,436	28	28,148
8	7,964	29	29,832
9	8,525	30	31,602
10	9,126	31	33,464
11	9,751	32	35,419
12	10,421	33	37,473
13	11,130	34	39,630
14	11,882	35	41,893
15	12,677	36	44,268
16	13,519	37	46,758
17	14,409	38	49,368
18	15,351	39	52,103
19	16,345	40	54,969
20	17,396		

Man kann nun die Rechnung so ausführen, dass man zuerst das beobachtete Gasvolum auf 0° C. reducirt, indem man es mit 273 dividirt, den Quotienten mit der Anzahl der abgelesenen Thermometergrade multiplicirt und dieses Produkt von dem beobachteten Gasvolum subtrahirt. Vom beobachteten Barometerstand wird die Höhe der Quecksilbersäule in der Absorbtionsröhre, sowie bei feuchten Gasen die

Tension des Wasserdampfs abgezogen und hierauf die Proportion gesetzt: Der Normalbarometerstand verhält sich zum beobachteten wie das Volum des auf 0° C. reducirten Gases zu X.

Hätten wir uns z. B. folgende Daten notirt:

Volum des feuchten Gases	= 80.5 CCm.
Temperatur	= 15° C.
Barometerstand	= 759 Mm.
Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre	= 4 Mm.

so würden wir die Rechnung folgendermassen führen:

## I.

1.  $80.5 : 273 = 0.294$
2.  $0.294 \times 15 = 4.410$
3.  $80.5 - 4.41 = 76.09 = \text{Volum des Gases bei } 0^\circ \text{ C.}$

## II.

1.  $759 - 4 = 755$  (Abzug der Quecksilbersäule in der Röhre)
2.  $755 - 12.677 = 742.323$  (Abzug der Tension des Wasserdampfs bei 15° C.).

## III.

$$760 : 742.323 = 76.09 : x$$

$$x = \frac{742.323 \times 76.09}{760} = 74.3 \text{ d. i. das Volum des}$$

Gases bei 0° C. und 760 Mm. Quecksilber.

Statt auf diese Weise kann man die Gase auch kurz nach folgender zusammengezogenen Formel reduciren:

$$V_0 = \frac{V \cdot 273 \cdot (B - d - f)}{(273 + t) \cdot 760}$$

in der  $V_0$  gleich ist dem Volum des Gases bei 0° C. und 760 Mm. Quecksilber;  $V$  dem abgelesenen Volum des Gases,  $B$  dem beobachteten Barometerstand,  $d$  der Höhe der Quecksilbersäule im Absorbtionsrohr,  $f$  der Tension des Wasserdampfs und  $t$  der beobachteten Temperatur. Stellen wir

in diese Formel unsere früher gebrauchten Zahlen ein, so bekommen wir:

$$V_0 = \frac{(80.5 \times 273) \cdot (759 - 4 - 12 \cdot 677)}{(273 + 15) \cdot 760} = 74.5$$

Es ist klar, dass **d** oder **f**, oder beide wegbleiben, wenn in der Absorbtionsröhre keine Quecksilbersäule, oder das Gas trocken, oder wenn beides der Fall ist.

#### 1. Bestimmung der Kohlensäure, des Sauerstoffs und des Stickstoffs.

Die Feststellung der relativen Menge der genannten drei Gase in einem bestimmten Volum atmosphärischer Luft ist die Hauptaufgabe der chemischen Untersuchung derselben, zu hygienischen Zwecken. Man bestimmt zuerst die Kohlensäure durch Absorption mit Aetzkali auf folgende Weise:

1. Ein genügend langer und dicker, mit einem kleinen Ohr versehener Platindraht, wird senkrecht in den durch Ausfeilen erweiterten Eingusscanal einer gewöhnlichen eisernen Kugelform gestellt, die man hierauf mit geschmolzenem Aetzkali anfüllt. Ist das Kali erstarrt, so erwärmt man die Form ein wenig an einer Spirituslampe, öffnet dann die Kugelform und führt die auf diese Weise an den Draht befestigte Kalikugel in die Absorbtionsröhre über das Quecksilber in den mit Luft gefüllten Raum. Die Kalikugel absorbiert nun die Kohlensäure unter Bildung von kohlen-saurem Kali. — Ist keine weitere Volumsabnahme zu be-merken, so zieht man die Kugel heraus, spült sie mit destil-liertem Wasser oberflächlich ab, um die gebildete Kruste von kohlen-saurem Kali die eine weitere Absorption von Kohlensäure hindern könnte, zu entfernen, bringt sie hierauf abermals in die Absorbtionsröhre, lässt sie eine Zeit lang liegen, entfernt sie dann und bestimmt das restirende Gas-volum auf dieselbe Weise wie das früher am Anfang des

Versuchs geschehen ist. — Die Rechnung unterscheidet sich von der vorigen nur darin, dass die Tension des Wasserdampfs hier nicht in Rechnung kommt, da das Gas durch die Kalikugel getrocknet wurde. Die Differenz zwischen dem Volum des Gases vor und nach dem Aufenthalt der Kalikugel in demselben, gibt das Volum der Kohlensäure.

Nehmen wir nun um die Ausführung einer solchen Berechnung zu demonstrieren, die Zahlen die zu dem früheren Beispiel gedient hatten:

Das Volumen der kohlensäurehaltigen feuchten Luft betrug = 80.5 CC. bei 15°C. und 759 Mm. Barometerstand. Die Höhe des Quecksilbers in der Röhre 4 Mm. Auf 0° und 760 Mm. Quecksilberdruck reducirt war das Volum = 74.5 CCm.

Das Volumen der Luft nach dem Aufenthalte der Kalikugel in derselben, also trocken und kohlensäurefrei = 74.3 CCm. bei derselben Temperatur und demselben Barometerstande, nach Abzug der Quecksilbersäure in der Röhre. Das Volum der Luft nach Absorbition der Kohlensäure war also = 69.9 CCm. bei 0° C. und 760 Mm. Quecksilber. Das Volum der Kohlensäure also = 74.5 — 69.9 = 4.6 CCm. Auf Procente berechnet:

$$74.5 : 4.6 = 100 : x$$

$$x = \frac{4.6 \times 100}{74.5} = 6.1 \text{ Volumprocent Kohlensäure.}$$

Nach der Absorbition der Kohlensäure durch die Kalikugel wird der Sauerstoff auf folgende Weise bestimmt:

2. Eine Kugel aus Papiermaché oder einem andern festeren Papier geformt, wird an einem Draht befestigt und dann mit einer syrupdicken, frisch bereiteten Lösung von pyrogallussaurem Kali (bereitet durch Versetzen von Pyrogallussäure mit einem Ueberschuss starker Kalilauge) getränkt. Die Wirksamkeit des pyrogallussauren Kali's beruht darauf, dass es durch den Sauerstoff der Luft sehr energisch oxydirt wird.

Die also präparirte Kugel wird in die wieder schief gelegte Röhre, in den mit Luft gefüllten Raum geschoben und einige Zeit dort gelassen. Um sicher zu sein, allen Sauerstoff entfernt zu haben, thut man gut die Kugel zu entfernen und sie durch eine neue, gleichfalls mit pyrogallussaurem Kali getränkte, zu ersetzen. Ist keine weitere Volums-abnahme des Gases zu bemerken, so ist der Versuch be-  
endigt. —

Man entfernt nun die Kugel, notirt nach einiger Zeit das restirende Gasvolum und reducirt es auf die früher angegebene Weise auf 0° C. und 760 Mm. Quecksilber ohne die Tension des Wasserdampfs in Rechnung zu bringen.

Die Differenz zwischen dem Volum vor und nach der Absorbtion durch pyrogallussaures Kali, gibt direct die im untersuchten Luftvolum vorhandene Menge von Sauerstoff, die dann auf Procente berechnet wird, ganz so wie das früher bei der Kohlensäure angegeben wurde.

Dasjenige Gas, welches nach der Absorbtion des Sauerstoffs zurückbleibt, ist Stickstoff, dessen Menge sich aus der Differenz zwischen dem ursprünglichen und dem von Kohlensäure und Sauerstoff befreiten Luftvolum, oder auch durch directe Rechnung (Reduction des restirenden Gasvolums auf 0° C. und 760 Mm. Quecksilber) ergibt.

Zur Erläuterung nehmen wir die schon zu den früheren Beispielen verwendeten Zahlen:

Das ursprüngliche reducirt Luftvolum betrug	= 74.5 CCm.
Nach Absorbtion der Kohlensäure (reducirt)	= 69.9 „
„ „ des Sauerstoffs (reducirt)	= 59.5 „
Daher die Menge der Kohlensäure	= 74.5 — 69.9 = 4.6 CCm. = 6%
„ „ des Sauerstoffs	= 69.9 — 59.5 = 10.4 „ = 15%
Die Menge des Stickstoffs	= 74.5 — (4.6 + 10.4) = 59.5 = 79%
Daher in 100 Volumen Luft	= 6 — Kohlensäure
	= 15 — Sauerstoff.
	= 79 — Stickstoff.
	<hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/> 100

Aus den gefundenen Volumprocenten kann man auch die Gewichtsprocente berechnen, wenn man der Berechnung folgende Daten zu Grunde legt:

	1 Liter (1000 Cubikcentimeter) Gas bei 0° und 760 Mm. Luft- druck wiegt Gramm
Atmosphärische Luft	1.29366
Kohlensäure	1.97146
Sauerstoff	1.43379
Stickstoff	1.25456

Der Ansatz für die gefundene Menge Kohlensäure im vorigen Beispiel müsste also wie folgt gemacht werden:

1000 CCm. Kohlensäure wiegen 1.97146 Gramm, daher  
 6 CCm. x Gramm x =  $\frac{1.97146 \times 6}{1000}$

Wie ersichtlich wäre diese eine höchst verdorbene Luft, da eine normale wie schon früher bemerkt im Maximum nicht mehr als 0.057 — 0.06 Procent Kohlensäure enthalten darf und die Sauerstoffmenge statt 21 nur 15 Volumprocente beträgt.

## 2. Nachweis und Bestimmung des Kohlenoxydgases in der Luft.

Die Bestimmung des Kohlenoxydgases wird gleichfalls wie diejenige von Kohlensäure und Sauerstoff in der Absorbiröhre vorgenommen. — Man bestimmt zuerst die Kohlensäure mit der Kalikugel, nachher entfernt man den Sauerstoff mittelst pyrogallussaurem Kali, wie das früher angegeben wurde. Sind die genannten Gase entfernt, so tränkt man eine Papiermachékugel, die an einem Drahte befestigt ist, mit einer concentrirten Lösung von Kupferchlorür und führt sie in die Absorbiröhre. Das Kupferchlorür absorbt nun das Kohlenoxydgas. Findet keine weitere Abnahme

des Gasvolums statt, so entfernt man die Kugel und führt eine Kalikugel ein, um die vom sauren Kupferchlorür herührenden Chlorwasserstoffdämpfe zu entfernen. Der Versuch ist dann beendet. Es versteht sich von selbst, dass man wie bei früheren Bestimmungen, die Gasvolumina sowohl im Anfang als auch nach jeder Absorbtion, sowie die Temperaturen, Barometerstände und die Höhen der Quecksilbersäulen in der Absorbtionsröhre notirt und mit Hilfe dieser Daten die Gasvolumina auf 0° C. und Normalbarometerstand reducirt. Bei den Reductionen hat man die Tension des Wasserdampfs nur beim ursprünglichen Luftvolum in Rechnung zu bringen.

Die Berechnungen werden ganz so wie früher bei Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff, durch Subtraction der restirenden Gasvolumina von den früheren ausgeführt. Z. B.

reduc. Volumina	}	Ursprüngliches Luftvolum	= 100 CCm.	}	100 - 98 =	2 Volumen			
		Nach Absorbtion der Kohlensäure	= 98 "		}		98 - 80	= 18 Vol.	
		" " des Sauerstoffs	= 80 "				80 - 50		= 30 Vol.
		" " " Kohlenoxyds	= 50 "						

Die Berechnung auf Gewichtsprocente geschieht wie diejenige für Kohlensäure, Sauerstoff etc. Die Daten sind folgende:

1000 CCm. Luft	bei 0° u. 760 Mm. wiegen	= 1.29366 Gr.
" " Kohlenoxyd	" " " " "	= 1.25456 "

### 3. Nachweis von Leuchtgas in der Luft.

Es ist kaum nothwendig, darauf aufmerksam zu machen, dass man bei der Untersuchung einer Luft auf Leuchtgas zunächst den Geruch zu Rathe zieht. Man kann ferner zur Erkennung die Eigenschaft desselben benützen, mit Luft

gemengt zu explodiren. Man leert zu diesem Zwecke, in dem zu untersuchenden Raume eine mit Kalkwasser gefüllte Flasche aus und entzündet dann die Luft in der Flasche. Es ist jedoch zu bemerken, dass eine Explosion nur dann stattfindet, wenn Luft und Leuchtgas in einem bestimmten Volumsverhältnisse zu einander stehen.

Ist die Menge der in dem zu untersuchenden Luftraume vorhandenen Leuchtgasmenge so gering oder auch so gross, dass diese Prüfungsmittel negative Resultate geben, so wird eine Absorbtionsröhre mit der fraglichen Luft auf die Weise beschickt, wie dies im Eingang dieses Abschnittes angegeben wurde, nur mit dem Unterschiede, dass man zwischen die, die fragliche Luft enthaltende Flasche und das in einen Schnabel auslaufende Gasleitungsrohr ein Fläschchen mit Bleiessig einschaltet, welches mit einem doppelt durchbohrten Korke versehen ist, in dem ein kurzes, rechtwinklig gebogenes und ein bis an den Boden des Fläschchens reichendes, gleichfalls rechtwinklig gebogenes Glasröhrchen sich befindet. Mit dem Röhrchen, welches bis an den Boden reicht, wird die Flasche verbunden, mit dem andern das Entwicklungsrohr.

Man lässt die auf Leuchtgas zu prüfende Luft darum erst durch Bleiessig streichen, weil man verschiedene Gase wie z. B. Ammon entfernen muss, wenn man den wichtigen Bestandtheil des Leuchtgases, das ölbildende Gas, wie wir gleich sehen werden, durch Absorbtion mittelst concentrirter Schwefelsäure bestimmen will.

Ist die Absorbtionsröhre mit Luft gefüllt, so bestimmt man deren Volum bei  $0^{\circ}$  und 760 Mm. Quecksilber, hierauf entfernt man mit der Kalikugel die Kohlensäure und schiebt dann eine an einem Draht befestigte, mit concentrirter Schwefelsäure getränkte Coaxskugel in den Luftraum der Absorbtionsröhre. Findet keine weitere Volumsabnahme des Gases statt, so entfernt man die Kugel, notirt das

restirende Gasvolum etc., wie das früher bei Kohlenoxyd angegeben wurde.

Da das Leuchtgas neben ölbildendem (Aethylen) Gas auch gewöhnlich noch Kohlenoxyd und Kohlensäure enthält, so kann man auch noch diese Gase nach den früher genannten Methoden nachzuweisen versuchen. Man bestimmt in diesem Falle zuerst die Kohlensäure, hierauf das ölbildende Gas und dann das Kohlenoxyd.

#### 4. Nachweis und Bestimmung des Sumpfgases (Grubengases) in der Luft.

Das an manchen Orten dem Boden entströmende Sumpfgas, der leichte Kohlenwasserstoff, kommt namentlich oft in Bergwerken vor, wird dort das „schlagende Wetter“ genannt und der Nachweis desselben ist von hoher Bedeutung, da ein Gemenge von Sumpfgas und Luft die heftigsten Explosionen veranlassen kann.

Die Bestimmung dieses Gases ist viel schwieriger, als diejenige der früher erwähnten Gase. Das Sumpfgas muss nämlich mit Hilfe des electrischen Stromes in Sauerstoff verbrannt und die Menge desselben aus der bei der Verpuffung gebildeten Kohlensäuremenge berechnet werden.

Die Bestimmung wird auf folgende Weise ausgeführt:

Man beschickt eine Endiometerröhre (das ist eine Absorbtionsröhre mit eingeschmolzenen Platindrähten) auf die gewöhnliche Weise bis etwa zu  $\frac{1}{3}$  mit der fraglichen Luft, bestimmt deren Volum bei  $0^{\circ}$  und Normalbarometerstand und lässt dann in die Endiometerröhre ein dem zu untersuchenden Luftvolum gleiches Volum Sauerstoff zutreten. Nachdem dies geschehen, lässt man etwa vorhandene Kohlensäure, auf die früher beschriebene Weise durch eine Kalikugel absorbiren, entfernt dann die Kugel, stellt die Röhre senkrecht, presst sie fest gegen eine dicke Kautschukplatte

die sich am Boden der Wanne befindet, und lässt durch das Gasgemisch einen electricen Funken durchschlagen, indem man je eine Electrode einer electricen Batterie mit je einem aus dem Glase der Röhre hervorragenden Platindrahtende in Berührung bringt. Nach der Verpuffung legt man die Röhre wieder schief und führt eine um einen Draht geschmolzene Chlorcalciumkugel ein (auf dieselbe Weise — mit geschmolzenem Chlorcalcium — bereitet wie eine Kalikugel) um das durch Verbrennen des Sumpfgases (wobei Kohlensäure und Wasser entsteht) gebildete Wasser zu entfernen. Hierauf bestimmt man das Volum des Gases bei  $0^{\circ}$  C. und Normalbarometerstand (ohne die Tension des Wasserdampfes in Rechnung zu bringen) und führt eine Kalikugel zur Absorbtion der gebildeten Kohlensäure ein (s. bei der Bestimmung der Kohlensäure). Das restirende Gasvolum wird nun wieder auf die bekannte Weise (ohne Rücksicht auf Wasserdampf-Tension) reducirt. Die Differenz zwischen den zwei letzten Ablesungen der Gasvolumina, vor und nach der Absorbtion der Kohlensäure, giebt direct die Menge der aus dem Sumpfgas gebildeten Kohlensäure und da selbe mit dem Sumpfgas gleichen Raum erfüllt, auch direct das in der angewandten Luftprobe vorhanden gewesene Volum Sumpfgas.

Man hat nun bei der Berechnung wie aus dem Vorhergegangenen ersichtlich, nur das verwendete Luftvolum und die Volumsabnahme des Gasgemisches vom Trocknen derselben mit Chlorcalcium angefangen, bis zur Absorbtion mit der Kalikugel zu bestimmen.

Es sei das angewandte Luftvolum =  $V$ . Das Volum des Gasgemisches nach der Verpuffung und nach dem Trocknen mit Chlorcalcium =  $2V$ .

Die Volumsabnahme des Gasgemisches nach Entfernung der Kohlensäure =  $x$ , so ist die Menge des Sumpfgases ( $y$ ) =  
 $= 2V - X$ .

auf Procente berechnet:

$$V: (2v - x) = 100 : y; y = \frac{(2v - x) \cdot 100}{V}$$

Die Berechnung auf Gewichtsprocente geschieht, wie früher bei Kohlenoxyd etc., mit Hilfe folgender Daten:

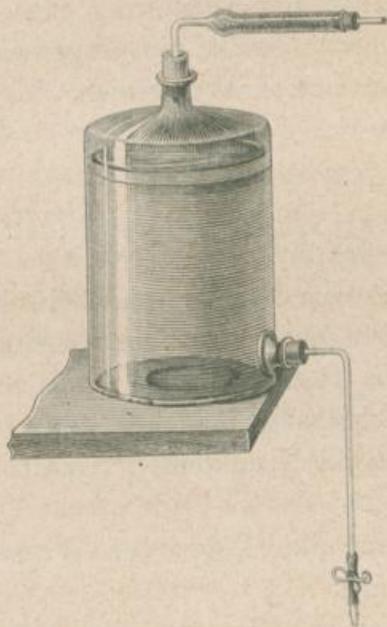
1000 CCm. Luft	bei 0° u. 760 Mm. wiegen = 1.29366 Grm.
„ „ Sumpfgas	„ „ „ „ „ „ = 0.71689 „

### 5 Nachweis des Ammoniaks in der Luft.

Wie schon früher bemerkt, ist Ammoniak ein constanter Bestandtheil der Luft, dessen Menge jedoch ausserordentlich gering ist. Tritt Ammoniak in grösserer Menge auf, so lässt es sich durch den charakteristischen Geruch, durch seine Eigenschaft, die Schleimhäute, namentlich die Bindehaut des Auges zu reizen, leicht erkennen. Ist die Menge so gering, dass die genannten Eigenschaften nicht hervortreten und will man trotzdem die Gegenwart von Ammoniak nachweisen, so verfährt man am einfachsten so, dass man eine grosse Menge Luft durch einen mit Salzsäure beschickten Apparat durchsaugt. Es bildet sich dann Chlorammonium (Salmiak), welches durch Versetzen der salzsauren Lösung mit Platinchlorid und Alkohol nachgewiesen wird. Die Salzsäure bringt man am zweckmässigsten in einen Will-Varrentrapp'schen Kugelapparat, den man dann mit einem Aspirator verbindet. Als Aspirator dient eine Flasche, die am Boden einen mit einem Hahn versehenen Abfluss besitzt (s. Fig. 10). Diese Flasche wird an ihrer oberen Mündung mit einem Kork, durch den ein rechtwinklig gebogenes nur wenig über das untere Ende des Korkes ragendes Glasröhrchen geht, versehen und dieses Röhrchen mit einem Stückchen Kautschukschlauch mit dem Kugelapparat verbunden; die Flasche wird nun mit Wasser gefüllt, hierauf der Hahn am Abflussrohr geöffnet und die

Luft langsam durch den Apparat gesaugt. Die Geschwindigkeit des Durchströmens lässt sich durch den Hahn leicht reguliren. Durch den Apparat muss mindestens ein halber Kubikmeter Luft passiren. Man giesst hierauf die Flüssig-

Fig. 10.



keit aus dem Kugelapparat in ein kleines Schälchen, verdampft sie bis fast zur Trockne am Wasserbade, fügt etwas Wasser hinzu und dann Platinchloridlösung und Alkohol. Entsteht ein gelber Niederschlag (Platinchlorid-Salmiak), so ist Ammoniak nachgewiesen.

#### 6. Nachweis des Schwefelwasserstoffs in der Luft.

Ein bei der Verwesung mancher organischer Körper (Eiweissstoffe) auftretender gasförmiger Körper, der also ebenfalls eine Quelle der Luftverderbniss werden kann, ist der Schwefelwasserstoff. Der charakteristische Geruch

sowohl, als auch seine prägnanten chemischen Eigenschaften, lassen ihn sehr leicht erkennen.

Man weist ihn nach, indem man die fragliche Luft mit Hilfe eines Aspirators oder auch sonstwie durch eine Lösung von essigsauerm Blei durchsaugt, ganz auf dieselbe Weise wie das bei dem Nachweis des Ammoniaks angegeben wurde. Entsteht in der Bleilösung ein schwarzer Niederschlag (Schwefelblei), so ist die Gegenwart von Schwefelwasserstoff in der Luft nachgewiesen.

#### 7. Nachweis und Bestimmung des Wasserdampfs in der Luft. (Hygrometrie).

Es ist häufig von hygienischem Interesse, die Menge des Wasserdampfs in der Luft zu bestimmen; namentlich kann eine abnorm geringe Menge (eine sehr trockene Luft) desselben zur Erklärung mancher, zu bestimmten Zeiten häufiger auftretenden Krankheiten (Katarrhe) herangezogen werden.

Man bestimmt die Menge des Wasserdampfes einfach auf folgende Weise:

Ein Aspirator (s. Fig. 10) wird mit Wasser gefüllt, hierauf das Wasser in Gefäße abgelassen, die in Kubikcentimeter getheilt sind, und auf diese Weise gemessen. Die Anzahl der im Aspirator enthaltenen Kubikcentimeter Wasser geben dessen Rauminhalt. Waren z. B. 6 Liter Wasser abgeflossen, so ist der Rauminhalt des Aspirators eben so viel, also 6 Liter oder 6000 Kubikcentimeter.

Ist der Aspirator nun auf diese Weise geaicht worden, so verbindet man ihn, nachdem er wieder mit Wasser gefüllt wurde, an seiner oberen Mündung, wie das früher beim Nachweis des Ammoniaks angegeben wurde, mit einem Glasrohr (s. Fig. 10), welches mit kleinen Stückchen Chlorcalcium gefüllt ist und vor dem Versuch gewogen wurde.

Nun lässt man durch Oeffnen des Hahnes am Ausfluss des Aspirators das Wasser ausfliessen; die Luft wird also durch das Rohr mit Chlorcalcium gesaugt und giebt an dieses ihr Wasser ab. Ist alles Wasser aus dem Aspirator abgeflossen, so wägt man das Chlorcalciumrohr abermals und die Zunahme an Gewicht giebt direct die in der durchgesaugten Menge Luft enthaltene Wassermenge. War der durch das frühere Abfliessen bestimmte Rauminhalt des Aspirators = 6000 CCm., das Gewicht des Chlorcalciumrohres vor dem Versuch = 18.4 Grm. und nach dem Versuch 18.9 Grm., so war die Menge des Wasserdampfs in 6000 CCm. Luft =  $18.9 - 18.4 = 0.5$  Grm.

In 100 CCm. also = 0.008 Grm. Wasser.

Die gefundene Menge Wasser kann leicht auf Gewichts- oder Volumprocente berechnet werden mit Hilfe folgender Daten:

1000 CCm. Luft bei 0° und 760 Mm. Hg. wiegen =  
= 1.29366.

1000 CCm. Wasserdampf bei 0° und 760 Mm. Hg.  
wiegen = 0.80651.

---

Die angeführte Methode der Wasserdampfbestimmung ist keine absolut genaue, namentlich wegen der Unvollkommenheit, die der Bestimmung des zur Verwendung kommenden Luftvolums anhaftet, doch dürfte sie annähernd richtige Resultate geben.

---