

Versuchen berechneten gut übereinstimmen, wie folgende Tafel zeigt, in welcher C nach dem Versuch (I) und nach der Formel (II) berechnet angeführt ist.

n	c	I	C.	II
5	0,5764	108,4	108,4	
10	0,7212	200,5	205,5	
15	0,7919	291,4	290,2	
25	0,8537	468	468	
50	0,9155	914	914	
100	0,9545	1812	1812	
200	0,9747	3604	3610	
400	0,9878	7209	7209	

Für $n = 0$ gibt die Formel kein annehmbares Ergebniss, insofern die specifische Wärme des Schwefelsäuremonohydrats ($n=0$) bestimmt ist zu $c = 0,3315$ (ebenfalls für 16 bis 20°).

Für Zwecke der Praxis ist diese Tafel ziemlich unhandlich wegen ihrer Bezugnahme auf die Anzahl der Wassermoleküle n. Auch kann es erwünscht sein, die grossen Abstände derselben noch durch zwischenliegende Werthe abgekürzt zu sehen.

Ich habe noch einige hierher gehörige Werthe berechnet und alle Angaben auf Grade Baumé bezogen, zu deren Einführung ich mich der für 15° geltenden Gehaltstabelle Kolb's bediente. Es wird hiergegen in Ansehung dessen, dass ich an die Benutzung dieser Tabelle in der Praxis denke, und dass Marignac's Angaben der Temperatur von 16 bis 20° entsprechen, Nichts einzuwenden sein.

Die Berechnung der Zahlen von 66° Bé. ab bis einschliesslich für 45° Bé. ist nach geometrischer Proportion erfolgt. Die Begründung hierzu habe ich aus Ffaundler's Untersuchung der Wärmecapacität der Schwefelsäurehydrate $H_2SO_4 + H_2O$ und $H_2SO_4 + 2H_2O$ bei verschiedenen Temperaturen (a. a. O. S. 503) herleiten zu dürfen geglaubt, welche für diese beiden, zwischen 66° und 45° Bé. liegenden Hydrate auf specifische Wärmen schliessen lässt, die denen etwa entsprechen, welche aus Marignac's Angaben nach geometrischer Proportion erhalten werden. Zeichnet man, nach denselben Angaben, eine Curve der specifischen Wärmen auf, so darf man nach dem Verlauf derselben schliessen, dass die Ermittlung der specifischen Wärmen auf angedeutetem Wege mit einer kleinen Ungenauigkeit behaftet ist. Dieselbe dürfte veränderlich und ihr Höchstbetrag etwa in der Mitte zwischen $n=0$ und $n=5$ oder etwa bei 55° Bé. zu suchen sein.

Von 40° Bé. ab für die schwächeren Säuren ist die Berechnung nach der Formel geschehen:

Gr. Bé. 15°	specif.		Gr. Bé. 15°	specif.	
	Gewicht	Wärme		Gewicht	Wärme
66	1,842	0,3315	35	1,320	0,67
63	1,774	0,38	30	1,263	0,73
60	1,711	0,41	25	1,210	0,78
55	1,615	0,45	20	1,162	0,82
50	1,530	0,49	15	1,116	0,87
45	1,453	0,55	10	1,075	0,90
40	1,383	0,60	5	1,037	0,95

Es sei hier noch daran erinnert, dass mit der höhern Temperatur die specifische Wärme zunimmt.

Auch J. Thomsen hat die specifischen Wärmern von Schwefelsäurehydraten untersucht (a. a. O. S. 497). Ich schreibe, des leichtern Vergleichs wegen, den angenäherten Grad des Baumé-Aräometers neben seine Resultate.

spec. Gew. (18°) . . .	1,4722	1,2870	1,1593
spec. W. (18°) . . .	0,545	0,700	0,821
Gr. Bé. (etwa) . . .	46 $\frac{1}{2}$	32	20
spec. Gew. (18°) . . .	1,0692	1,0355	1,0180
spec. W. (18°) . . .	0,918	0,956	0,977
Gr. Bé. (etwa) . . .	9	5	2 $\frac{1}{2}$

Man sieht hieraus, dass meine Tabelle, soweit ein Vergleich mit den vertrauenswürdigen Bestimmungen Thomsen's möglich ist, gut bestehen kann.

Zur Beurtheilung von Heizungs- und Lüftungsanlagen.

Von

Ferd. Fischer.

Im Laufe des Winters hatte ich Gelegenheit, verschiedene Heizungs- und Lüftungsanlagen in städtischen Schulen zu untersuchen. Da die Angaben über die Art der Ausführung solcher Versuche verschieden sind¹⁾, so dürfte die Mittheilung des Untersuchungsverfahrens und der damit gemachten Erfahrungen Manchem willkommen sein.

Eine Heizung hat die Aufgabe, das Zimmer mit möglichst wenig Brennstoffaufwand gleichmässig zu erwärmen — je nach Gewohnheit und Liebhaberei auf 15 bis 20° —, ohne dabei die Zimmerluft zu verunreinigen; im Gegentheil

¹⁾ Fleck meint, die Untersuchung der Leistungsfähigkeit einer Luftheizungsanlage schliesse die Thätigkeit eines Chemikers und eines Pyrotechnikers gleichzeitig ein. Keiner von beiden könnte allein diese Aufgabe in erspriesslicher Weise lösen. (H. Fleck: Die Chemie im Dienste der öffentlichen Gesundheitspflege. Dresden 1882 S. 53.)

fällt ihr meist auch die Aufgabe zu, den erforderlichen Luftwechsel zu vermitteln.

Bei einer gründlichen Untersuchung sind demnach folgende Umstände zu berücksichtigen:

A. Wärmeentwicklung bez. Ausnutzung der Brennstoffe.

1. Untersuchung des Brennstoffes, einschliessl. calorimetrische Bestimmung des Brennwertes.

2. Wiegen des für den Versuch verwendeten Brennstoffes.

3. Untersuchung der Verbrennungsgase.

Aus diesen drei Bestimmungen ergibt sich bei Stubenöfen unmittelbar die Wärmemenge, welche an das Zimmer abgegeben wird. Bei Sammelheizungen ist außerdem der meist geringe Wärmeverlust der Feuerungsanlage an die nächste Umgebung zu berücksichtigen (vgl. Z. 1887, 2 S. 60). Unter Berücksichtigung der Heizflächen und der Wände und Fenster ergeben sich hieraus ferner die sog. Wärmetransmissionscoeffizienten.

B. Wärmevertheilung im Zimmer.

In der lothrechten Mittellinie jeder Wand werden je drei Thermometer etwa 2 cm von der Wand entfernt befestigt, eins 10 cm von der Decke, eins in Kopfhöhe der Schüler und eins in der Höhe der Fussbank, also etwa 5 cm vom Boden. Die 12 Thermometer werden, um den Unterricht nicht zu stören, stündlich abgelesen.

Die von mir verwendeten Thermometer sind 20 cm lang, von 0 bis 40° in halbe Grade getheilt; da die Scala für jeden Grad fast 3 mm lang ist, so lassen sich dieselben sehr bequem ablesen. Die Thermometer unter der Decke werden mit Hülle von starkem Draht schräg befestigt. Sind die Zimmer hoch oder ist die Beleuchtung ungünstig, so dass der Stand des Quecksilbers nicht von unten abgelesen werden kann, so wird das Thermometer an einer, über eine an der Decke befestigte Rolle geführten Schnur hochgezogen und zu jeder Ablesung heruntergelassen. Die Quecksilberkugel ist dann mit einer Papierhülse umgeben, damit sich während des Herunterlassens und Ablesens der Stand des Quecksilbers nicht ändert.

Bei sog. Luftheizungen ist auch die Temperatur der eintretenden Warmluft zu bestimmen. Aus der Menge der von der Heizung gelieferten Wärme und des Tempe-

raturüberschusses der Heizluft über die Aussenluft ergibt sich die Menge der durch die Heizung in die Zimmer eingeführten Frischluft.

C. Verunreinigung der Luft durch die Heizung und Lüftung mit

1. Kohlenoxyd und Kohlensäure,

2. brenzlichen Stoffen durch Versengen von organischem Staub u. dgl.,

3. Rauch und Staub.

D. Beschaffenheit der Zimmerluft.

1. Feuchtigkeit.

2. Kohlensäuregehalt.

3. Flüchtige organische Stoffe (Ammoniak, Ozon?).

4. Staub (mikroskopische Untersuchung; entwicklungsfähige Keime).

Zu berücksichtigen ist die Grösse und Lage der Zimmer, Anzahl der Schüler, Windrichtung bez. der Fenster u. dgl. Wo es ausführbar ist, empfiehlt es sich gleichzeitig ein besetztes und ein leeres Zimmer zu untersuchen, um den Einfluss der Schüler festzustellen.

E. Schlussfolgerungen.

Der schwerste Vorwurf, welchen man einer Heizung machen kann, ist jedenfalls der, dass sie der Zimmerluft unmittelbar giftige Bestandtheile zuführt. Die Kohlenoxydfrage möge daher zunächst besprochen werden.

Die Vergiftung durch Kohlendunst, welche schon im Alterthum bekannt war, konnte erst mit der näheren Kenntniss des im J. 1799 von Priestley entdeckten Kohlenoxyds — dessen Schädlichkeit für warmblütige Thiere von Tourdes, Tardieu u. A. festgestellt wurde — wissenschaftlich untersucht werden.

Während man früher³⁾ erst 10 bis 50 Th. Kohlenoxyd in 1000 Th. Luft⁴⁾ für gefährlich hielt, tödtet nach Lethby (Lancet 1862 S. 9) eine Luft mit 5 Th. Kohlenoxyd (in 1000) kleine Vögel bereits nach 3 Minuten. Nach Biefel und Poleck (Jahresb. 1880 S. 354 u. 906) bewirkten 2 Th. Kohlenoxyd nach 2 Stunden Scheintod, 0,4 Th. Kohlenoxyd in 1000 Th. Luft genügten aber schon, Kaninchen matt zu machen.

H. W. Vogel (Ber. deutsch. G. 1878 S. 235) meint, dass, wenn eine Kohlenoxyd enthaltende Zimmerluft nicht mehr im Stande sei, auf das stark verdünnte Blut, welches

²⁾ Vgl. F. Fischer: Handbuch der chemischen Technologie. (Leipzig 1889) S. 10 u. 70.

Für die gewöhnliche Betriebsaufsicht ist das von G. Lunge (S. 240) angegebene vereinfachte Verfahren völlig ausreichend.

³⁾ Husemann: Toxikologie 1862 S. 645; Hirt: Gasinhalationskrankheiten 1873 S. 16.

⁴⁾ Es empfiehlt sich bei allen Luftuntersuchungen den Gehalt im Verhältniss auf 1000. somit cc im Liter, / im cbm anzugeben.

bei seiner Kohlenoxydprobe (S. 249) zur Anwendung kommt, einzuwirken, diese Luft auch das viel concentrirtere Blut der menschlichen Lungen nicht vergiften könne. Die grosse Menge Sauerstoff bilde hier das natürliche Gegengewicht und hält er daher die Gegenwart kleinerer Mengen von Kohlenoxyd in der Luft als 2,5 Th. für nicht schädlich. Dieser Ansicht schliesst sich Wolfhügel (Z. Biolog. 1878 S. 506) an.

M. Gruber⁵⁾ athmete 3 Stunden lang eine Luft mit 0,2 Th. Kohlenoxyd ein, ohne schädliche Wirkung zu empfinden. Er findet ferner, dass Kaninchen zwar schon bei einem Gehalte der Athemluft von 0,6 bis 0,7 Th. ihr Verhalten änderten, dass aber trotz fort-dauernder Zufuhr neuer Mengen des Giftes bei gleichbleibender Concentration eine Steigerung der Giftwirkung doch nur in sehr beschränktem Maasse stattfand. In kurzer Zeit, längstens in einer Stunde, waren die Krankheitserscheinungen zu einer gewissen Höhe entwickelt, um dann auf dieser tage- oder stundenlang annähernd gleich zu bleiben, so dass innerhalb gewisser Grenzen jeder Concentration ein bestimmter Grad der Vergiftung entspricht. Die Grenze der Schädlichkeit des Kohlenoxyds liegt nach Gruber bei einer Verdünnung von 0,5 Th. Er erklärt dieses damit, dass Kohlenoxydhämaglobin wieder zerfällt, und dass Kohlenoxyd theilweise oxydirt wird⁶⁾.

Nach Hüfner und Külz (Jahresb. 1883 S. 1292) werden noch bei einem Gehalte von 0,4 Th. Kohlenoxyd in 1000 Th. Luft 39 Proc. der Gesammtmenge des im Hundeblut vorhandenen Hämoglobins an Kohlenoxyd gebunden. Von Grehant⁷⁾ wurde die Sauerstoff-Aufnahmefähigkeit einer Blutprobe eines Hundes bestimmt, der Hund dann 30 Minuten einem Gemisch von atmosphärischer Luft mit Kohlenoxyd ausgesetzt und nun dessen Blut abermals untersucht. Bei 1 Th. Kohlenoxyd (0,1 Proc.) nahmen 100 cc Blut 25,5 cc, nach der Einwirkung des Kohlenoxydgemisches auf das Thier aber nur 15,4 cc Sauerstoff, also 10,1 cc weniger auf, und bei 0,25 Th. (1 : 4000) Kohlenoxyd 21,1 und 19,9 cc, demnach noch ein Unterschied von 1,2 cc Sauerstoff, so dass also selbst bei dieser starken Verdünnung noch eine nachtheilige Einwirkung stattfindet.

Nach Wyss (Z. 1888 S. 464) wirken

⁵⁾ Sitzung d. Münchener Akad. d. W. 5. Febr. 1881; Arch. Hygiene 1883 S. 503; 1884 S. 246.

⁶⁾ Vgl. F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig 1887) S. 211 u. 303.

⁷⁾ C. r. 87 S. 193; 102 S. 285; Ann. d'hyg. publ. 1879 S. 114.

etwa 4 Th. Kohlenoxyd in 1000 Th. Luft tödtlich, 0,4 Th. krankmachend (vgl. Z. Hygiene 4 S. 440).

S. v. Fodor (V. öff. Ges. 1880 S. 377) hat durch eine grössere Anzahl von Versuchen mit Kaninchen gefunden, dass bei einem Gehalt von 4 Th. Kohlenoxyd Thiere nach 4 Stunden betäubt werden, bei 3,1 Th. dies nach 24 Stunden geschieht und dass selbst 1,3 Th. noch schwere Erscheinungen hervorrufen, wenn die so verunreinigte Luft mehrere Tage auf den Organismus einwirkt. Nun ist aber der Mensch noch empfindlicher gegen Kohlenoxyd als die Thiere, wie auch Friedberg in seiner Abhandlung „Vergiftung durch Kohlendunst“ (Berlin 1866) nachgewiesen hat und wie daraus folgt, dass sich Thiere leicht von der Betäubung erholen, Menschen aber, sobald sie die Besinnung verloren haben, selten dem Leben erhalten werden können. Die Schädlichkeit des Kohlenoxydes wird aber unzweifelhaft nicht erst dann beginnen, wenn es bereits Besinnungslosigkeit, Erstickungsanfälle oder gar den Tod hervorruft. Weitere Versuche mit Kaninchen zeigten nun, dass bei 0,5 Th. Kohlenoxyd das Athmen erschwert wurde; die Thiere taumelten und nahmen kein Futter zu sich und waren selbst bei 0,23 Th. noch schlaftrig, so dass also noch bei dieser Verdünnung das Kohlenoxyd die Gesundheit schädigt. Nach Fodor werden selbst 0,04 Th. Kohlenoxyd in 1000 Th. Luft für das Wohlbefinden nicht gleichgültig sein.

Uffelmann (Arch. Hygiene 1884 S. 207) hebt hervor, dass hier Thierversuche nicht entscheiden können. Er selbst verspürte nach halbstündigem Einathmen einer nur 0,4 Th. Kohlenoxyd haltigen Luft Kopfschmerz, Schwindel und erhebliche Mattigkeit.

Berücksichtigt man, dass die Empfindlichkeit verschiedener Personen gegen Kohlenoxyd sehr ungleich ist, so dass zuweilen von 2 Leuten, welche derselben Kohlenoxyd haltigen Atmosphäre ausgesetzt waren, nur der Eine starb, während der Andere mit leichten Kopfschmerzen davon kam — eine Erscheinung, die nach Hirt vielleicht in einer eigenthümlichen Beschaffenheit des Blutes begründet ist —, so wird man die Schädlichkeitsgrenze auf etwa 0,3 Th. setzen dürfen, wenn auch zugegeben werden soll, dass viele Leute, namentlich Raucher, grössere Kohlenoxydmengen ohne nachweisliche Schaden ertragen. Da ferner die Verunreinigung der Zimmerluft durch Kohlenoxyd aus der Heizung vermeidbar ist, so muss man von einer dem Heizapparat entströmenden Luft verlangen, dass sie diesen Grenzgehalt mindestens nicht überschreitet. In

der Zimmerluft selbst soll weder durch Palladium noch durch die Blutprobe Kohlenoxyd deutlich nachweisbar sein.

Bestimmung des Kohlenoxyds. Die ersten Versuche über den Kohlenoxydgehalt der Zimmerluft, welche durch eiserne Stubenöfen oder mittels sogenannter Luftheizung erwärmt ist, sind (1851) von Pettenkofer (Dingl. 119 S. 40) ausgeführt. Er bestimmte zunächst Kohlensäure und Wasserdampf der Luft, indem er sie durch ein Chlorcalciumrohr und einen Kaliapparat saugte; dann leitete er die Luft über glühendes Kupferoxyd und liess die durch Verbrennung des Kohlenoxyds gebildete Kohlensäure durch Kalilauge absorbiren. Er fand so in einem Zimmer des Münchener Schlosses, dass die Warmluft mit 70° ins Zimmer einströmte; die Zimmerluft enthielt 0,4 bis 1,9 Th. Kohlensäure und zweifelhafte Spuren von Kohlenoxyd.

In gleicher Weise untersuchten Deville und Troost (C. r. 66 S. 83) die von einem rothglühend geheizten Wachtstubenofen aufsteigende Luft und fanden 0,14 bis 1,32 Th. Kohlenoxyd in 1000 Th. Luft. Ich selbst (Jahresb. 1880 S. 352) fand gewichtsanalytisch in der Warmluft einer sehr schlechten Luftheizung 0,52 Th. Kohlenoxyd. — Kayser (Mitth. Bayer. Gewerb. 1877 S. 2) oxydirt das Kohlenoxyd mit Chromsäure.

A. Voller⁸⁾ leitete zur Bestimmung des Kohlenoxyds die zu prüfende Luft durch Kalilauge oder Barytwasser, dann über glühendes Kupferoxyd und wieder durch Barytwasser. Er fand so regelmässig Kohlenoxyd in der aus der Heizkammer einer von Fischer und Stiehl gelieferten Luftheizung in die Zimmer tretenden Luft:

Aussenluft Kohlensäure	Leitungsluft	
	Kohlensäure	Kohlenoxyd
0,75	0,517	1,67
—	0,317	0,63
—	0,736	0,36
—		18,85
—	0,492	7,81
0,37	0,378	2,05
0,75	—	10,00

Er schliesst daraus, dass in der Heizkammer keine Verunreinigung der Luft durch Kohlensäure stattfindet, wohl aber eine solche durch Kohlenoxyd.

Die Besichtigung des Heizkörpers, welcher beim letzten Versuch⁹⁾ das Kohlenoxyd

⁸⁾ Programm der Realschule des Johanneums zu Hamburg für die Schuljahre 1877/78 u. 1879/80.

⁹⁾ Voller beschreibt diesen mit Zimmerluft ausgeführten Versuch in folgender Weise: „Nachdem die Apparate eine kurze Zeit in Thätigkeit gewesen waren, trat im Laufe von höchstens einer Viertelstunde plötzlich ein so starker Niederschlag ein, dass derselbe fast den ganzen Betrag des über-

geliefert hatte, ergab, dass die Fugen der aufeinandergeschliffenen Gusseisencylindersich erweitert hatten und so den Verbrennungsgassen einen gewissen Durchgang gestatteten¹⁰⁾.

Bei einer späteren Versuchsreihe im Winter 1879/80 wurde die zu untersuchende Zimmerluft mittels Blasebalg in eine Flasche von 6 bis 7 l Inhalt gefüllt, dann wurden 50 cc Barytwasser zugegeben und längere Zeit geschüttelt. Nach einigen Stunden wurde die so von Kohlensäure befreite Luft durch Einlassen von Wasser verdrängt, über frischgeglühtes Chlorcalcium dann durch conc. Schwefelsäure geleitet, welche die Kohlenwasserstoffe zurückhalten sollte — deren Menge durch Gewichtszunahme der Schwefelsäure bestimmt wurde — dann über glühendes Kupferoxyd und schliesslich durch Barytwasser. Er fand so:

Probenahme	Kohlensäure cc in 1000 cc	Kohlenoxyd cc in 1000 cc	Kohlensäure u. dgl. be- rechnet auf cc CO in 1000 cc
1. Warmluftkanal . . .	0,41	2,44	—
2. Desgl.	0,36	1,05	—
3. Klassenzimmer . . .	1,28	18,30	0,67
4. Desgl.	0,49	9,82	0,40
5. Desgl.	0,72	7,53	0,90
6. Directorzimmer . . .	0,82	4,73	—
7. Klassenzimmer . . .	1,70	9,80	0,75
8. Desgl.	1,55	6,25	0,12
9. Anlagen 60 m v. d. Schule	0,39	1,77	0,32
10. Schulhof	0,57	2,62	0,72
11. Desgl.	0,43	6,00	0,52

Diese Angaben sind unmöglich richtig. Zunächst ist das analytische Verfahren falsch, da Schwefelsäure das hier wesentliche Methan nicht zurückhält. Ferner liegt die Gefahr vor, dass das Wasser, welches die Luft aus der Flasche verdrängt, Kohlensäure abgibt, welche nun als Kohlenoxyd berechnet wurde. Jedenfalls müssen Irrthümer vorgekommen sein. So ist bei den Versuchen 1, 2, 4, 9 und 11 der Kohlensäuregehalt der untersuchten Luft nicht höher, als sie im Freien zu sein pflegt; die Luft müsste hier also mit reinem Kohlenoxyd verunreinigt sein,

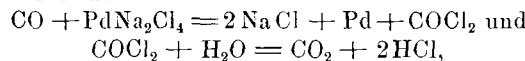
haupt erhaltenen Niederschlages lieferte. Es wurde daher auch die Analyse unterbrochen und die durchgegangene Luftmenge angenähert zu 2,4 l. bestimmt. Die auf dieses Volum berechnete Menge Kohlenoxydgas ergab 10 auf 1000; schätzt man die Luftmenge, welche während des hauptsächlichen Niederschlages durchströmte, auf etwa 0,5 l, so würde die in dieser Luft enthaltene Kohlenoxydgasmengen auf wenigstens 30 bis 40 Th. in 1000 zu berechnen sein. Dabei ist zu beachten, dass die durchgeleitete Luft in diesem einzigen Falle dem Zimmer selbst entnommen war.“

¹⁰⁾ Anfangs trat auch eine Verunreinigung der Luft dadurch ein, dass die Scheidewand zwischen Warmluftkanal und Schornstein nicht dicht war.

was doch unmöglich ist. Zieht man bei den übrigen Analysen die Kohlensäure der freien Luft (0,4) und die von den Schülern gelieferte ab, so kommen auf 1 cc Kohlensäure 20 bis 50 cc Kohlenoxyd. Nun enthält aber rohes Leuchtgas oder Generatorgas¹¹⁾ auf 1 Th. Kohlensäure nur 2 bis 5 Th. Kohlenoxyd. Also selbst wenn die Heizkörper wie Leuchtgasretorten oder Generatoren arbeiteten, wäre das von Voller gefundene Verhältniss von Kohlenoxyd zu Kohlensäure unerklärlich. Ganz unmöglich ist dieses Verhältniss für die Aussenluft, da die den Schornsteinen entweichenden Gase selbst bei den schlechtest bedienten Feuerungen schon innerhalb einer halben Stunde viel weniger Kohlenoxyd enthalten als Kohlensäure.

Unbegreiflich sind auch die angeblichen Mengen des Kohlenoxyds; die Luft in den Anlagen, 60 m von der Schule entfernt, soll 1,8 Th., auf dem Schulhofe selbst 6 Th. Kohlenoxyd enthalten, Zimmerluft bis 13, ja selbst 40 Th., während schon 4 Th. betäubend, ja tödtlich wirken. Die Voller'schen Versuche können somit für die Beurtheilung von Heizungsanlagen nicht ernstlich in Frage kommen.

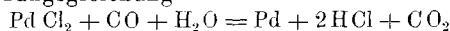
Böttger (J. pr. Ch. 76 S. 233) beobachtete, dass mit Palladiumchlorür geträuktes Papier durch Kohlenoxyd schwarz wird. Gottschalk¹²⁾ saugt die zu untersuchende Luft durch Natriumpalladiumchlorür; enthält dieselbe 0,22 Th. Kohlenoxyd, so fällt schwarzes Palladium aus. Gottschalk meint, diese Reaction gehe nach folgender Formel vor sich:



so dass man das Kohlenoxyd durch Bestimmen der gebildeten Kohlensäure mittels Barytwasser auch quantitativ feststellen könne. Verf. (Dingl. 235 S. 441) konnte jedoch hiermit keine brauchbaren Resultate erhalten.

Nach Fodor (V. öff. Ges. 1880 S. 377) wird zur qualitativen Nachweisung des Kohlenoxydes feines Filtrerpapier in eine neutrale Lösung von 0,2 g Palladiumchlorür in 100 cc Wasser getaucht, getrocknet und danu in Streifen geschnitten. Nun füllt man eine 10 l fassende Flasche mit der zu untersuchenden Luft, bringt einige Cubikcentimeter reines Wasser und an einem Platinendraht das Reagenspapier hinein und verkorkt die Flasche. Bei 1,5 Th. Kohlenoxyd zeigt sich auf dem Papier schon nach einigen Minuten ein schwarzes glänzendes

Häutchen, bei 0,1 Th. nach 2 bis 4 Stunden, bei 0,05 Th. nach 12 bis 24 Stunden. Man kann auch Blut wiederholt mit der zu untersuchenden Luft schütteln und das aufgenommene Kohlenoxyd in Palladiumlösung leiten. Zur quantitativen Bestimmung wird eine grössere Menge Luft durch mehrere mit neutraler Palladiumchlorürlösung gefüllte Kugelapparate gesaugt. Der nach der Zersetzungsgleichung



gebildete Niederschlag wird auf einem Filter gesammelt, dann sammt dem in den Gläsern gebliebenen in Königswasser gelöst, getrocknet und in schwacher Salzsäure gelöst. 53,24 Th. Palladium entsprechen dann 14 Th. Kohlenoxyd. Man löst nun 1,486 g reines Jodkalium zu 1 l, erwärmt die verdünnte saure Palladiumlösung im Wasserbade und lässt so lange Jodkalium zufliessen, als sich noch schwarzes Palladiumjodid abscheidet. Um diese Grenze zu finden, filtrirt man einige Cubikcentimeter ab und fügt 1 Tropfen Jodkaliumlösung hinzu, welche keine braune Trübung mehr hervorbringen darf. 1 cc Jodkaliumlösung entspricht dann 0,1 cc Kohlenoxyd.

Da auch Äthylen, Methylen, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium und ähnliche Gase, welche in der Luft vorkommen können, zersetzen auf die Palladiumlösung einwirken, so erfordert diese Bestimmung Vorsicht. Zur qualitativen Prüfung ist das Verfahren aber zu empfehlen.

Hoppe-Seyler (Z. anal. 1864 S. 439) empfahl zuerst die Prüfung des Kohlenoxyd haltigen Blutes im Spectralapparat. Eine französische Commission (C. r. 68 S. 1006) hat den Kohlenoxydgehalt des Blutes von Kaninchen bestimmt, welche der zu untersuchenden Luft ausgesetzt waren; wie sie dies ausgeführt hat, ist leider nicht angegeben. H. W. Vogel (Ber. deutsch. G. 1878 S. 235) schüttelt in einer Flasche etwa 100 cc der zu untersuchenden Luft mit 2 cc stark verdünntem Blut und bringt dieses dann vor den Spalt eines Spectralapparates. Enthielt die Luft auch nur 2,5 Th. Kohlenoxyd (0,25 Proc.), so erhält man die Kohlenoxydstreifen. Euthält das zu prüfende Gas keinen Sauerstoff, so lässt sich auf diese Weise noch 1 Th. Kohlenoxyd in 1000 Th. Luft auffinden. Hempel (Ber. deutsch. G. 1879 S. 399) saugt etwa 10 l der zu untersuchenden Luft durch wenige Cubikcentimeter stark verdünntes Blut hindurch und untersucht letzteres dann spectralanalytisch, oder er setzt eine Maus der zu untersuchenden Luft aus und untersucht deren Blut. Auf ersterem Wege lassen sich

¹¹⁾ F. Fischer: Handbuch der chemischen Technologie (1889) S. 47, 52 u. 97.

¹²⁾ Die Nachweisbarkeit des Kohlenoxyds (Leipzig 1877) S. 2.

noch 0,5, auf letzterem noch 0,3 Tausendstel Kohlenoxyd nachweisen. Wolff (Jahresb. 1880 S. *351) saugt 10 l der zu untersuchenden Luft durch einen kleinen mit Glaspulver und verdünntem Blut gefüllten Absorptionsapparat und prüft dann spectroskopisch. Weyl und Anrep (Ber. deutsch. G. 1880 S. 1294) empfehlen, das Blut in ganz gefüllter Flasche bis zur Untersuchung abzuschliessen und im Dunkeln bei niederer Temperatur aufzubewahren. Tritt dann auf Zusatz von Schwefelammonium oder der von Stokes angegebenen Lösung von weinsaurem Eisenoxydulammoniak keine Reduction zu Hämoglobin auf, so liegt Kohlenoxydhämoglobin vor. Tritt auf Zusatz weniger Tropfen einer 0,025 proc. Chamäleonlösung im passend verdünnten Blute innerhalb 20 Minuten kein Methäoglobin auf, bleibt das Blut roth und klar, so ist Kohlenoxydhämoglobin vorhanden.

Fodor (s. o.) konnte durch spectralanalytische Untersuchung des Blutes von Thieren, welche die verunreinigte Luft eingearathmet hatten, keine geringeren Mengen als 1 Th. Kohlenoxyd nachweisen. Empfindlicher als das Spectroskop ist die Natronprobe von Hoppe-Seyler und die Farbenprüfung des mit Schwefelammonium geschüttelten Blutes mit freiem Auge, da sich dann durch Behandeln des Blutes mit 10 l Luft noch 0,5 Th. Kohlenoxyd nachweisen liessen. Schüttelt man aber 10 cc Blut 5 bis 7 mal nach einander mit je 6 l Luft, welche nur 0,05 Th. Kohlenoxyd enthält, erwärmt das Blut auf 90 bis 95° unter Hindurchleiten von atmosphärischer Luft, welche dann durch einen Kugelapparat mit einer neutralen Lösung von 1 Th. Chlorpalladium in 500 Th. Wasser geht, so wird Palladium ausgeschieden. Auf diese Weise liess sich noch Kohlenoxyd in dem verdünnten Blute von Kaninchen nachweisen, welche einige Zeit eine Luft eingearathmet hatten mit nur 0,04 Kohlenoxyd.

Nach J. Uffelmann (Arch. Hygiene 1884 S. 207) bereitet man eine Lösung von frischem Rindsblute und 50 Th. Wasser und giesst 50 cc in eine 2 bis 4 l fassende Glasflasche, nachdem man diese zuvor mit der zu untersuchenden Luft gefüllt hatte. Dann verschliesst man und schüttelt nunmehr stark, so dass die Flüssigkeit ringsum an der Wandung sich vertheilt, stellt 2 Minuten hin, schüttelt aufs neue und wiederholt dies 4 bis 5 mal. Dann entleert man die Blutlösung, prüft zunächst die Farbe derselben durch einen Vergleich mit der nicht zur Untersuchung verwendeten Blutlösung und schreitet weiterhin zur spec-

troscopischen Betrachtung. Zu dieser verwendet man farblose Gläser von 1 cm Weite und prüft bei Tageslicht. Zeigt sich beim Zusatz von Schwefelammonium keine Änderung im Verhalten der Blutbänder, so ist kein Kohlenoxyd vorhanden. Sehr zweckmässig ist es auch, die zu untersuchende Luft mit einer Blutlösung zu schütteln, welche man vorher mit Ammoniumsulfid versetzte und in welcher man die vollständig normale Bildung des Reductionsbandes feststellte. Ist in der Luft nur etwas Kohlenoxyd, so wird man nach dem Schütteln in der entleerten Flüssigkeit Kohlenoxyd- und Oxyhämoglobin haben. Letzteres wird allmählich wieder reducirt, ersteres aber nicht, und so bietet sich nach einem Stehenlassen von etwa 15 Minuten ein anderes Bild, als vorher, ehe man die Blutlösung mit der Luft schüttelte. Schüttelt man ferner eine Blutlösung, welche nach der Behandlung mit Ammoniumsulfid und Kalilauge keine Spur der Blutbänder oder des Reductionsbandes, sondern nur die charakteristische Absorption des Hämochromogens darbietet, mit einer Luft, welche auch nur sehr geringe Mengen von Kohlenoxyd enthält, so zeigt sich bei ruhigem Stehenlassen nicht wieder das vorige spectroskopische Bild, sondern eine weniger intensive Absorption des Hämochromogens und daneben mehr oder weniger starke Kohlenoxydhämoglobinbänder. Man kann auf diese Weise noch 0,33 Th. Kohlenoxyd auffinden.

Gruber (s. o.) schüttelt 20 l Luft mit 10 cc Blut und prüft das Blut nach Fodor auf Kohlenoxyd. Das Spülwasser davon wird im Spectralapparate untersucht. Erhält man die Reaction nach Fodor, aber die im Spectralapparate nicht, so weiss man, dass der Gehalt weniger als 1 Th. und mehr als 0,05 Th. beträgt. Ferner nimmt man 100 cc Luft und prüft nach Vogel. Gab die Untersuchung der grossen Luftprobe die Absorptionsstreifen, die zweite aber nicht, dann liegt der Kohlenoxydgehalt zwischen 1 und 2,5 Th. in 1000 Th. Luft.

Bei der grossen Giftigkeit des Kohlenoxyds ist eine quantitative Bestimmung desselben wohl kaum erforderlich. Zur qualitativen Prüfung hängt man in eine etwa 10 l Luft haltende Flasche einen Streifen Palladiumpapier und einen Streifen Bleipapier. Wird nur das Palladiumpapier geschwärzt, so ist fast sicher Kohlenoxyd vorhanden. In zweifelhaften Fällen wird dann noch die Blutprobe ausgeführt.

Die Verunreinigung der Zimmerluft mit Kohlenoxyd durch eiserne

Öfen wurde besonders von Carret (C. r. 60 S. 793; 61 S. 417) behauptet. Michaud (C. r. 60 S. 966; 66 S. 271) widerlegte dessen Angaben und die Commission der französischen Academie zeigte, dass eiserne Öfen nur dann Kohlenoxyd an die Zimmerluft abgeben, wenn sie rothglühend sind (C. r. 68 S. 1006). Nach Regnault und Chevreul (C. r. 60 S. 794) kann Kohlenoxyd nur durch Verkohlung des auf die eisernen Heizflächen abgesetzten organischen Staubes in die Zimmerluft gelangen. — Die hierdurch gebildeten Kohlenoxydmengen können offenbar nur bei grosser Fahrlässigkeit wahrnehmbar werden. Die hierbei gleichzeitig auftretenden empyreumatischen Stoffe machen sich z. B. bemerkbar, wenn ein Ofen nach längerer Zeit zum ersten Male wieder geheizt wird, ohne vorher abgestaubt zu sein.

Deville und Troost (C. r. 57 S. 965; 66 S. 83) erklären das Vorkommen von Kohlenoxyd und Wasserstoff in der Heizluft durch die Diffusion dieser Gase durch glühende Eisenwände, welche auch von Graham (Poggend. A. 134 S. 326) und neuerdings von Wolfhügel (Z. f. Biolog. 1878 S. 526) nachgewiesen wurde. Zu bezweifeln ist dagegen die Angabe von Cailletet (C. r. 60 S. 344; 66 S. 847), dass Gusseisen auch bei gewöhnlicher Temperatur für Gase durchlässig sei.

Diese Luftverunreinigung mit Kohlenoxyd lässt sich somit vermeiden, wenn man durch Aussetzen der Heizapparate mit feuerfesten Steinen das Glühendwerden der Eisenwände verhütet. Die entgegenstehenden Angaben von Fodor hat Verf. bereits früher widerlegt (Jahresb. 1880 S. 940). Zu berücksichtigen ist noch, dass das Diffusionsbestreben zwischen Kohlenoxyd und Luft sehr gering ist, weil beide fast genau dieselbe Dichte haben, während Methan und besonders Wasserstoff leicht durch porige Wandungen in die Luft diffundiren.

Voller (s. S. 248) bezeichnet als Grund des Kohlenoxydgehaltes der Hamburger Schulluft explosive Verbrennungen, welche bei den verfeuerten gasreichen Kohlen auftreten, wenn grössere Mengen Kohlen aufgeworfen werden und nun Rauchgase durch die Fugen der Heizkörper in die Heizkammer treiben¹³⁾.

Eine gleichmässige Erwärmung der Zimmer ist nur durch ununterbrochene Heizung zu erreichen, diese schliesst aber von vorn herein die Verwendung gasreicher

backender Kohlen aus. Bei Luftheizungsanlagen kann somit nur dann Kohlenoxyd und Rauch durch die Fugen des Heizkörpers in die Warmluftkanäle treten, wenn der Schornsteinzug nicht höher ist als die saugende Wirkung der aufsteigenden Warmluft, was doch nur bei sehr mangelhaften Anlagen vorkommen kann. Immerhin ist es empfehlenswerth, Heizkammer und Schornstein mit Zugmesser zu verbinden. Selbstverständlich ist es unstatthaft, grössere Mengen Kohlenstaub, Sägespäne (von der Schulreinigung) u. dgl. in die Heizung zu werfen, da hierdurch allerdings ein Austreten von Kohlenoxyd und Rauch veranlasst werden könnte.

Bei Verwendung magerer oder anthracitischer Kohlen wird bei einiger Aufmerksamkeit in der Feuerung sehr wenig, meist aber gar kein Kohlenoxyd gebildet. Soll das Feuer gemässigt werden, so muss die Luftzufuhr unter den Rost völlig geschlossen werden, während durch die obere Füllthür wenig Luft eintreten kann, welche über die Kohle hinzieht; die Kohlenoxydbildung ist dann sehr gering, sodass bei verständiger Regelung des Schornsteinzuges eine Verunreinigung der Luft in der Heizkammer durch Kohlenoxyd ganz ausgeschlossen ist. Bei wiederholt in meinem Hause (Z. 1887, 2 S. 5) und bei zwei Versuchen in der Bürgerschule an der Uhlandstrasse (s. nächstes Heft) ausgeführten Proben konnte ich dementsprechend in der aus den Warmluftkanälen in die Zimmer tretenden Luft mit Palladiumchlorür kein Kohlenoxyd auffinden.

Dass man die Warmluftkanäle vom Schornstein völlig trennt, auch die Frischluft nicht unmittelbar neben der Schornsteinmündung entnimmt, wie dieses nach Voller bei der Hamburger Schule der Fall ist, bedarf wohl kaum der Erwähnung.

Bei Ofenheizung wird die Zimmerluft leichter mit Kohlenoxyd verunreinigt als bei sog. Luftheizung, da hier bei schlechtem Schornsteinzuge und unzweckmässiger Behandlung des Feuers Gase nicht nur durch die Fugen, sondern auch aus der Ofenthür ins Zimmer treten. Besonders geben die sog. Reguliröfen nach dem Zuschrauben leicht an Kohlenoxyd reiche Verbrennungsgase, welche bei schlechtem Schornsteinzuge sogar aus einem Ofen des unteren Geschosses in ein mit demselben Schornstein verbundenes Zimmer des oberen Geschosses austreten können.

Die Verunreinigung der Zimmerluft durch Staub ist bei Ofenheizung ganz unvermeidlich, falls man nicht vom Vorplatz aus

¹³⁾ Auffallender Weise hat Voller nicht an die Untersuchung der Feuergase gedacht, welche hier doch sehr nöthig war (vgl. S. 242).

heizen will, was doch nur unter gewissen Voraussetzungen angeht und andere Übelstände hat. Legt sich der Kohlenstaub auf die Heizflächen, so wird er entgast und verunreinigt die Luft durch Kohlenoxyd und empyreumatische Stoffe, d. h. Theerbestandtheile (S. 214 d. Z.). Der Asche- und Kohlenstaub, welcher durch Ofenheizung in die Schulzimmer gebracht wird, ist oft geradezu erschreckend.

Bezüglich der Reinlichkeit der Zimmerluft sind daher Sammelheizungen den Zimmeröfen zweifellos vorzuziehen.

[Fortsetzung folgt.]

Brennstoffe, Feuerungen.

Koksofen. Nach F. Ströhmer (D.R.P. No. 46 595) sind die drei oberen Kanäle *e* *d* *f* (Fig. 102 bis 105) durch Öffnungen mit einander verbunden und an ihrer Sohle mit

so zwei nebeneinander liegende Öfen mit einander und mit Kanal *c* verbinden kann. In derselben Weise sind die unter der Sohle der Öfen gelegenen Kanäle *g* *h* mit einander zu verbinden. Die aus den Füllröhren abgehenden Röhren *n* können durch die Schlussplatten *z* geschlossen werden. Bei gehobener Schlussplatte gehen die durch die Röhren *n* abgehenden Gase durch die Röhren *p* in das Sammelrohr *q*, von wo die Gase über die ganze Ofenreihe hinweg in die Abtheilung zur Gewinnung von Theer und Ammoniak gehen. Die Abführung der Gase kann sowohl aus der oberen Hälfte der ersten Ofenkammer, als auch unter deren Rosten weg durch einen besonderen Kanal *u* geschehen, welcher an der einen Seite des Ofens weg nach der letzten Kammer des ganzen Systems führt und dort sowohl oben wie unten die Gase dieser Kammer zuführen kann.

Die von Theer und Ammoniak befreiten Gase gehen in die an der Seite der Ofenreihe entlang führende Hauptgasleitung *v*,

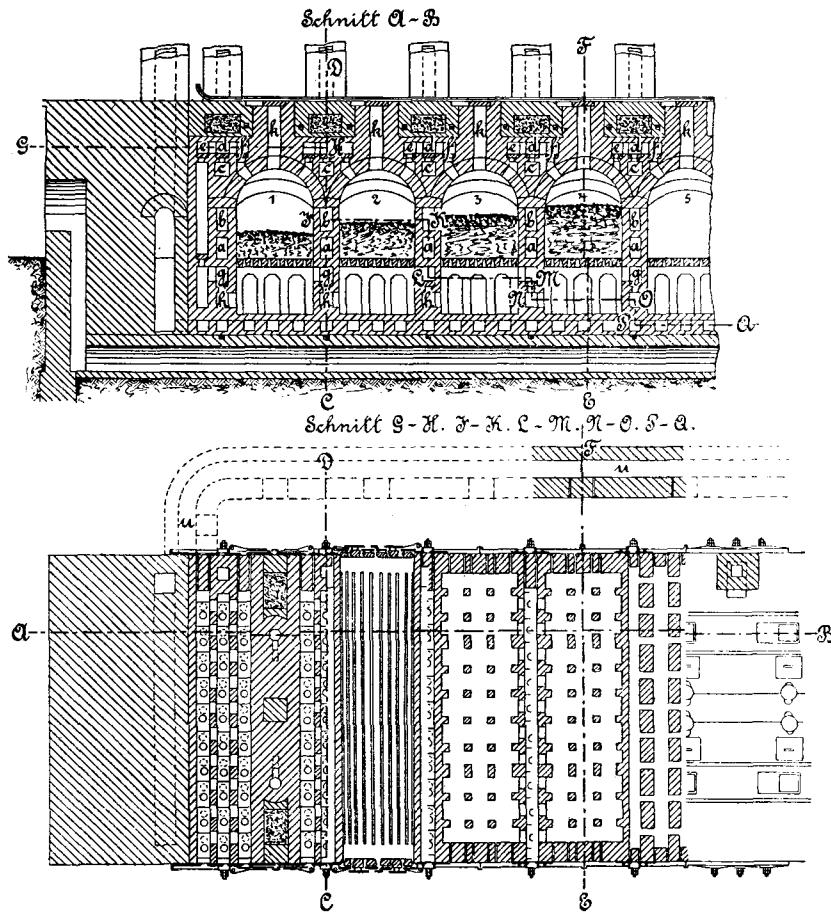


Fig. 102 u. 103.

Öffnungen versehen, auf denen mit Löchern versehene Scharmotteplatten liegen, so dass man dieselben öffnen oder verschliessen, und

von wo die einzelnen Zuführungsrohre *w* abzweigen, welche das Gas in die Feuerungs-kanäle *a*, gemischt mit Luft, einführen.