

bindungen enthält und welche dann, nach Ueberführung in Oxyde, nach den bestehenden Methoden leicht von einander getrennt werden können.

Diese Beispiele mögen genügen, um die vortheilhafte Anwendbarkeit dieser Bestimmungs- und Trennungsmethoden darzuthun. — Die vorstehenden Mittheilungen kann ich nicht abschliessen, ohne Herrn A. von Reis für seine eifrige Unterstützung bei dieser Arbeit hiermit meinen besten Dank auszudrücken.

Aachen. Laboratorium der k. technischen Hochschule.

Ueber die Grenze der Nachweisbarkeit des Kohlenoxydgases.

Von

Dr. **Walther Hempel.**

Entsprechend den aller Orten auftretenden sanitären Bestrebungen ist die Nachweisbarkeit des Kohlenoxydgases in der Heizluft Gegenstand vielfacher Untersuchungen gewesen.

Es ist wohl kein Zweifel, dass unter den dazu brauchbaren analytischen Methoden, die von Herm. W. Vogel *) angegebene Probe mittelst Bluts, was die Sicherheit und Einfachheit der Ausführung anbelangt, alle andern bei Weitem übertrifft. Dem Palladium-Natrium-Chlorür und Kupferchlorür gegenüber besitzt dieselbe den Vorzug, dass sie unbeeinflusst durch die Gegenwart von Kohlenwasserstoffen, wenig durch die des Sauerstoffs, eine ganz unzweideutige Reaction gibt.

Zum Nachweis des Kohlenoxyds verfährt man nach Vogel in der Weise, dass man eine mit Wasser gefüllte Flasche von 100 cc Inhalt in dem das Gas enthaltenden Zimmer entleert, 2—3 cc eines sehr stark mit Wasser verdünnten Blutes, welches eben nur noch einen Stich in's Rothe, dabei aber die bekannten Absorptionsstreifen im Spectroskop bei Reagensglasdicke deutlich zeigt, zusetzt und einige Minuten umschüttelt. Bei Kohlenoxydgehalt tritt dann sofort eine Farbenänderung in Rosa ein, auf Zusatz von einigen Tropfen starken Schwefelammoniums verschwinden die beiden Absorptionsstreifen nicht, während dieselben bekanntlich im kohlenoxydfreien Blut bei dieser Reaction durch ein breites, verwaschenes Band ersetzt werden.

*) Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. z. Berlin **11**, 235; ferner **10**, 794.

Vogel gibt an, dass sich bis 0,25 % Kohlenoxyd noch deutlich nachweisen lassen, dass er eine Steigerung der Empfindlichkeit durch Anwendung grösserer Luftvolumen nicht erreicht habe.

Ausgehend von der Thatsache, welche ich durch dahin zielende Versuche festgestellt hatte, dass es nicht gelingt einem Gasgemisch, welches sehr geringe Mengen von Kohlenoxyd enthält, mit einer sehr verdünnten Lösung von Blut, wie man sie nach Vogel zur Probe verwendet, in einem Liebig'schen Kaliapparat oder durch Schütteln, dasselbe vollständig zu entziehen, concentrirte Blutlösungen aber des starken Schäumens wegen überhaupt unverwendbar sind, kam ich auf den Gedanken zu untersuchen, ob es nicht möglich sei in lebenden Thieren, deren Lungen Absorptionsapparate von unvergleichlicher Vollkommenheit darbieten und die Anwendung des unverdünnten Blutes gestatten, Kohlenoxydgas zu concentriren und so die Grenze des Nachweises weiter her auszurücken.

Diese Vermuthung ist durch die im Nachfolgenden beschriebenen Versuche zum Theil bestätigt worden und hat zu einer schärferen Bestimmungsmethode geführt.

Als Versuchsthiere dienten Mäuse, welche in zwei mit den grössten Durchmesser gegeneinander stossenden Trichtern, die durch Ueberspannen eines breiten dünnwandigen Gummibandes mit einander zu einem doppelconischen Raume vereinigt waren, den auf Kohlenoxyd zu prüfenden Gasen ausgesetzt wurden. Es gestatten so die Ausflussröhren der Trichter mittelst Gummischläuchen die leichte und sichere Verbindung mit den Gasometern und etwaigen Absorptionsapparaten.

Um eine Maus ohne jede Quälerei in diesen einfachen Apparat zu bringen, überdeckt man sie in einem grossen, weiten Glascylinder mit einem der Trichter, hebt Thier und Trichter mit einer unter dieselben geschobenen Glasplatte heraus, bringt den andern Trichter in der angegebenen Stellung dagegen, zieht die Platte dazwischen weg und spannt den Gummiring über.

Die zur Untersuchung verwendeten Gasgemische von Luft und Kohlenoxyd wurden mit grösster Sorgfalt aus reinem Kohlenoxydgas, welches zum Theil aus Ferrocyankalium und Schwefelsäure, zum Theil aus Oxalsäure und Schwefelsäure in bekannter Weise hergestellt und mit Natronlauge gereinigt war, bereitet und stets nach erfolgter Mischung, indem das leichtere Kohlenoxyd von unten in die Luft trat, mindestens 12 Stunden diffundiren gelassen.

Der Gasstrom ward so regulirt, dass den Apparat 10 l Gas in 1—2 Stunden passirten, wobei die aus den Trichtern abströmenden Gase einen von der Respiration des Thieres herrührenden Kohlensäuregehalt zwischen 0,3 und 2,8 % zeigten, der jedoch nach sehr oft wiederholten Analysen gewöhnlich 1 % nicht überstieg, so dass eine Vergiftung durch Kohlensäure ausgeschlossen war.

Es wurde ferner bei einzelnen Versuchen, wie weiter unten speciell angegeben, entweder vor oder hinter dem Thiere ein Liebig'scher Kaliapparat mit frischem, nach Vogel stark verdünntem Blute angebracht.

Die Mäuse wurden durch Eintauchen der Trichter in Wasser getödtet, durch Zerschneiden in der Herzgegend aus denselben reichliche Mengen Blut gewonnen.

Der Nachweis des Kohlenoxydhämoglobins ward immer mit frisch bereitetem, farblosem Schwefelammonium geführt und zur Controle stets frisches, kohlenoxydfreies Blut von gleicher Verdünnung mit der gleichen Menge Schwefelammonium behandelt. Zu diesen Versuchsreactionen ward kurz vor dem Versuch eine Maus, welche nicht mit Kohlenoxyd in Berührung gekommen war, getödtet.

Bei den meisten Versuchen habe ich zur Controle als Reductionsmittel auch frisch bereitetes weinsaures Eisenoxydul-Ammoniak mit gleichem Erfolge angewendet. Ich glaube aber dem farblosen Schwefelammonium den Vorzug geben zu müssen, da man bei Anwendung desselben auch ohne Spectralapparat bei Spuren von Kohlenoxyd eine Verschiedenheit der Färbung der reducirten Lösungen leichter erkennt. Die Kohlenoxydhämoglobin haltende Flüssigkeit bleibt röthlicher.

Zur Spectralprobe diente ein Vogel'scher Universalspectralapparat von Schmidt & Haensch.

1. Versuch. Gas enthielt 0,022 % Kohlenoxyd. Vor dem Thiere war ein Absorptionsapparat mit Blut.

Das Thier zeigte keine Vergiftungssymptome. Versuch nach 3 Stunden unterbrochen.

Der Nachweis des Kohlenoxyds gelang weder im Thiere noch im vorgelegten Blute.

2. Versuch. Gas enthielt 0,032 % Kohlenoxyd. Vor dem Thiere war kein Absorptionsapparat mit Blut.

Das Thier zeigte keine Vergiftungssymptome. Versuch nach 3 Stunden unterbrochen.

Das Blut desselben gab eine schwache aber unverkennbare Reaction auf Kohlenoxyd.

3. Versuch. Gas enthielt 0,032 % Kohlenoxyd. Es war nur ein Absorptionsapparat mit verdünntem Blute vorgelegt.

Kohlenoxyd war nicht nachweisbar. Es war viel Eiweiss coagulirt, so dass die vorher klare Lösung stark trübe war.

4. Versuch. Gas enthielt 0,043 % Kohlenoxyd.

Thier zeigte keine Vergiftungssymptome. Versuch nach 4 Stunden unterbrochen. Deutliche Reaction auf Kohlenoxyd. Auch ohne Spectralapparat war an dem röthlichen Tone des reducirten Blutes das Kohlenoxyd scharf erkennbar.

5. Versuch. Gas enthielt 0,067 % Kohlenoxyd. Vor dem Thiere war ein Absorptionsapparat mit Blut eingeschaltet.

Nach $\frac{1}{2}$ Stunde zeigten sich am Thiere schwache Vergiftungssymptome, starke Athemnoth. Nach 3 Stunden Versuch unterbrochen.

Im Thier war das Kohlenoxyd deutlich nachweisbar, im vorgelegten Blut ebenfalls, aber viel schwächer.

6. Versuch. Gas enthielt 0,0593 % Kohlenoxyd. Ein Absorptionsapparat mit Blut war hinter dem Thiere angebracht.

Nach $\frac{1}{2}$ Stunde zeigten sich unverkennbare Vergiftungssymptome, das Thier hatte Athemnoth, lag matt auf der Seite. Nach $47\frac{1}{2}$ Minute Versuch unterbrochen. Kohlenoxyd im Thier scharf erkennbar, weniger gut im vorgelegten Blute.

7. Versuch. Gas enthielt 0,127 % Kohlenoxyd. Vor dem Thiere war ein Absorptionsapparat mit Blut.

Schon nach 7 Minuten starke Vergiftungssymptome. Vorgelegtes Blut wie Thier zeigten nach 2 Stunden die Kohlenoxyd-Reaction.

8. Versuch. Gas enthielt 2,9 % Kohlenoxyd. Das Thier starb in Zeit von 1—2 Minuten unter krampfartigen Erscheinungen. Blut zeigte starke Kohlenoxydreaction.

Dieser letzte Versuch ist geeignet um in drastischer Weise die furchtbar giftige Wirkung des Kohlenoxydgases zu zeigen, da wenige Cubikcentimeter dieses immerhin noch sehr verdünnten Kohlenoxydgases genügen, um an einer Maus sehr starke Vergiftungserscheinungen sofort hervorzurufen.

Fasst man die Resultate zusammen, so ist durch die Versuche festgestellt:

- 1) Dass man bei Verwendung grösserer Gasvolumen von mindestens 10 l, sowohl mit verdünntem Blute als mit dem lebenden Thier (Maus) Kohlenoxyd in einer Verdünnung bis zu 0,05 % mit Leichtigkeit ohne irgend welchen Zweifel nachweisen kann.
- 2) Dass die Grenze der Nachweisbarkeit mittelst einer Maus bei 0,03 %, im verdünnten Blut etwa bei 0,05 % liegt.
- 3) Dass starke Vergiftungserscheinungen von 0,05 % an zu beobachten sind.

Hiernach glaube ich, dass man zur Untersuchung der Zimmerluft auf Kohlenoxyd sich entweder der Vogel'schen Probe in der Weise bedienen muss, dass man wenige Cubikcentimeter ganz verdünntes Blut in einen Absorptionsapparat bringt und dann mindestens 10 l Luft durchleitet, oder, was in vielen Fällen bequemer sein wird und einen schärferen Nachweis gestattet, dass man eine Maus in einer der gebräuchlichen haubenförmigen Drahtsiebfallen einige Stunden in dem Raum athmen lässt und dann ihr Blut der Untersuchung unterwirft.

Wenn früher Vogel*) und neuerdings Gustav Wolffhügel in einer sehr interessanten Abhandlung über »Kohlenoxyd und gusseiserne Oefen«**) sich dahin ausgesprochen haben, dass sie glauben geringere Gehalte von Kohlenoxyd als 0,25 %, der Empfindlichkeitsgrenze der Vogel'schen Blutprobe bei Anwendung von 100 cc Luft, als vom hygienischen Standpunkt aus unbedenklich ansehen zu dürfen, indem sie die Gegenwart von Spuren von Kohlenoxyd in der Zimmerluft wie die der organischen Substanzen, der Salpetersäure u. s. w. im Trinkwasser, die der Kohlensäure in der Luft, behandelt wissen wollen, so glaube ich, dass man dieser Ansicht auf Grund vorstehender Versuche und der Erwägung, dass Kohlenoxyd nicht wie die Kohlensäure zu den unvermeidlichen Bestandtheilen der Zimmerluft gehört, nicht beitreten darf, dass vielmehr bei der Beurtheilung von Heizanlagen (ganz unabhängig von der Empfindlichkeitsgrenze der analytischen Methoden, wenn auch behauptet werden kann, dass eine untere Grenze existiren muss, wo Kohlenoxyd keinerlei giftige Wirkung auf den menschlichen Organismus ausübt) vom Standpunkt der Salubrität aus die Gegenwart von Kohlenoxyd als unzulässig angesehen werden muss.

Dresden, den 19. Februar 1879.

*) Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. z. Berlin 11, 236.

**) Zeitschrift für Biologie 14, 506.