

(Aus dem Gasanalytischen Institut der Technischen Hochschule, Charlottenburg.
Professor Dr. Wirth.)

Über gasanalytische Untersuchungen bei CO-Vergiftungen, beim Atmungsnachweis und die Anwendbarkeit des NO bei der Herzgasanalyse auf O₂.

Von
Med.-Rat Dr. F. Dyrenfurth,
Gerichtsarzt in Berlin.

Mit 4 Textabbildungen.

In einer Reihe von Abhandlungen, die in den Jahren 1927 und 1928 meist in der Deutschen Zeitschrift für die gesamte Gerichtliche Medizin erschienen sind, habe ich mich mit dem von mir zuerst angeschnittenen Problem beschäftigt, die in den Lungen enthaltenen Gase gasanalytischen Untersuchungen zuzuführen. Ich ging dabei von dem Gedanken aus, daß es möglich sein müsse, die Gase in den Lungen von dem Gewebe zu trennen und auf diese Weise den Lungensauerstoff durch die gewöhnlichen gasanalytischen Untersuchungsmethoden nachzuweisen. Als Trennungsmittel der Gewebsbestandteile und der eingeschlossenen Gase benutzte ich das Auskochen in Flüssigkeiten, und zwar zunächst in destilliertem Wasser. Tatsächlich gelang es, durch Kochen das Lungengewebe und das eingeschlossene Gas zu trennen, so daß theoretisch die Möglichkeit vorlag, beispielsweise den in der Lunge enthaltenen Sauerstoff auf diese Weise zu gewinnen und durch gasanalytische Untersuchungen zu bestimmen. Ich habe dann eine Reihe von Apparaten konstruiert, die entsprechend den gewonnenen Erfahrungen sich dem schwierigen gasanalytischen Forschungsgebiete anpaßten, und habe im Laufe der Untersuchungen, die schließlich im Einvernehmen und in gemeinsamer Arbeit mit Herrn Professor Dr. Wirth und Herrn Dr. Goldstein im Gasanalytischen Institut der Technischen Hochschule in Berlin vorgenommen wurden, erkannt, daß speziell für den Nachweis der stattgehabten Atmung in den Lungen die Verhältnisse äußerst kompliziert liegen, was in späteren Ausführungen eingehend beleuchtet werden soll.

Verhältnismäßig einfach gestaltete sich dagegen der Nachweis eines wichtigen, häufig auftretenden Giftgases, das bisher nur auf dem Wege über die Veränderung des Blutfarbstoffes nachweisbar war, nämlich der Nachweis der Vergiftung durch *Kohlenoxydgase*, wie sie besonders im Leuchtgas des Hausgebrauchs vorhanden sind.

Das Gasanalytische Institut der Technischen Hochschule in Charlottenburg hat eine Methode angewandt, die es ermöglicht, das Kohlenoxydgas von den Kohlenwasserstoffen der Fettreihe zu trennen und auch in geringsten Mengen gasanalytisch zu bestimmen. Diese Methode besteht kurz gesagt im Überleiten des Kohlenoxydgases über Jodpentoxyd und verläuft nach der Formel $J_2O_5 + 5CO = 5CO_2 + J_2$. Zum näheren Verständnis sei bemerkt, daß das sonst einwertige Jod in der Verbindung Jodpentoxyd mit 5 Valenzen auftritt und daß die beiden Jodatome über eine O-Brücke gekoppelt sind.

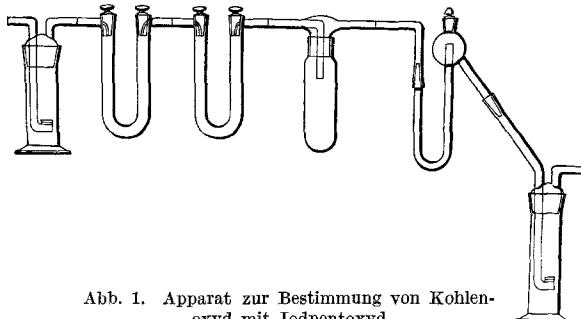
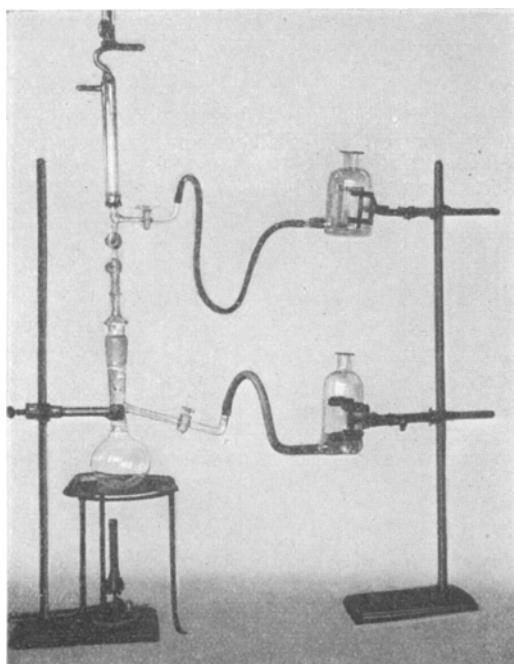


Abb. 1. Apparat zur Bestimmung von Kohlenoxyd mit Jodpentoxyd.

Zur Ausführung der Methode wird das zu untersuchende Gas durchgeleitet und gewaschen mit 1. rauchender Schwefelsäure, 2. konzentrierter Schwefelsäure, 3. Kalilauge, 4. aktiver Kohle (hergestellt von der Auer-Gesellschaft), 5. Chlorcalcium und 6. Phosphorpentoxyd. Dieses so gereinigte Gas wird dann bei 140—150° über Jodpentoxyd geleitet, wobei die abgeschiedene Jodmenge (vgl. obige Formel) in Jodkalilösung aufgefangen wird. Das nunmehr in der Jodkalilösung wiederum gelöste Jod wird darauf mit Thiosulfat titriert und aus dem Verbrauch von Thiosulfat die vorhandene CO-Menge berechnet. Für den qualitativen Nachweis genügt natürlich der Farbumschlag der Jodkalilösung nach Gelb hin, der außerordentlich fein ist und schon bei geringsten Mengen sichtbar wird. Eine weitere Verdeutlichung ist durch Einbringung von Stärkelösung in die Jodkalilösung möglich, wobei natürlich die bekannte Blaufärbung bei Anwesenheit von Jod und Stärkelösung auftreten muß.

Im einzelnen sei zur Technik der Reaktion noch bemerkt: Die verwandte rauchende Schwefelsäure dient zur Absorption ungesättigter Kohlenwasserstoffe, z. B. von Äthylen. Die konzentrierte Schwefelsäure nimmt die Dämpfe der

rauchenden Schwefelsäure wiederum auf, die Kalilauge dient zur Entsäuerung von eventuell überspringenden Schwefelsäuretröpfchen, die aktive Kohle reinigt das Gas weiter von störenden Beimengungen wie z. B. flüchtigen Ölen und Fett-dämpfen, das Chlorcalcium und Phosphorpentoxyd dienen zur vollkommenen Trocknung der Gase. Die Apparatur muß Schlauchverbindungen nach Möglichkeit vermeiden, da sonst nicht der nötige Grad von Trockenheit des Gases erreicht werden kann. Zur Sicherung des Untersuchungsergebnisses ist es notwendig, vor jeder Untersuchung einen Blindversuch mit strömender Luft unter Erwärmung des Jodpentoxydes auf etwa 198° vorzunehmen, um das Jodpentoxyd vollständig zu aktivieren.



Abs. 2. Vorrichtung zum Auskochen von Lungen.

Diese Methode wurde nun zur Untersuchung des durch Kochen gewonnenen Lungengases angewandt, das bei Leuchtgasvergiftungen bzw. Kohlenoxydgasvergiftungen entstand. Die Apparatur, die zur Trennung und Überleitung des Lungengases verwandt wurde, hat im Laufe der Untersuchungen schließlich folgende Formen angenommen:

Ein Glaskolben, wie er bereits bei den Anfangsversuchen gebraucht wurde, wird mit nahezu gesättigter, ausgekochter Kochsalzlösung gefüllt und gleichzeitig mit dem zu untersuchenden Lungenstück beschickt. Das Ausweichen des Überdrucks wird durch eine seitlich angebrachte Niveauflasche gewährleistet. Ist nun durch Hitzewirkung

das Lungengas vom Gewebe getrennt, so steigt das gewonnene Gas vermittels eines geeigneten Zwischenstückes in eine darüber befindliche, ebenfalls mit Kochsalzlösung gefüllte Bürette mit Wasserkühlung und kann durch Abschluß der Hähne abgesperrt werden. Das so gesicherte Gas wird nun durch ein zweites, an der Bürette angebrachtes Niveaugefäß in die oben beschriebene Apparatur zum Nachweise des Kohlenoxydgases gedrückt und auf diese Weise auf Kohlenoxydgas geprüft.

Bei den vorgenommenen praktischen Versuchen ergab sich nun einwandfrei beim Vorhandensein von Kohlenoxydgas in den Lungen die charakteristische Gelbfärbung der Jodkalilösung, ein Resultat, das bei den Kontrollversuchen nicht beobachtet wurde. Diese Kontrollversuche wurden nicht nur mit frischen Lungenstücken angestellt, sondern auch mit hochgradig faulem Lungengewebe.

Für die Zwecke der gerichtlichen Medizin genügt vollständig der angegebene qualitative Nachweis, d. h. der Farbumschlag in Gelb bzw. Blau bei Anwesenheit von Stärkelösung. Für quantitative Untersuchungen sei bemerkt, daß 1 ccm $n/_{100}$ Thiosulfatlösung 0,56 ccm CO-Gas bei 0° und 760 mm Druck entspricht.

Die Untersuchung der durch Kochen gewonnenen Lungengase auf *Sauerstoff* bot, wie zu erwarten war, weit größere Schwierigkeiten. Da nämlich die Notwendigkeit gegeben war, für kurze Zeit den Kolbenverschluß zum Einbringen des Lungenstückes zu entfernen, so mußte immer wieder die durch Kochen möglichst luftfrei gemachte Kochsalzlösung für einen kurzen Moment mit atmosphärischer Luft in Verbindung gebracht werden, der, wie es sich herausstellte, genügte, um Spuren von Luftsauerstoff in die Kochsalzlösung gelangen zu lassen.

Bei einem Blindversuch, der in dieser Richtung angestellt wurde, ergaben sich bei der verwandten Apparatur, d. h. bei etwa 250 ccm Flüssigkeit 0,31 ccm Gas und speziell Sauerstoff 0,06 ccm, d. h. rund $\frac{1}{5}$ der gefundenen Gasmenge, während Kohlendioxyd natürlich nicht nachgewiesen werden konnte, da an und für sich in der Luft nur 0,03% Kohlendioxyd enthalten sind. Eine weitere Fehlerquelle ergab sich bei einer großen Reihe von Untersuchungen darin, daß blutige oder frischen Gewebssaft enthaltende Organe stets große Gasmengen lieferten, die reichlich Sauerstoff enthielten. Diese Gasmengen, die anders als die physikalisch abgesperrten Lungengase offenbar in labiler Form chemisch präformiert waren, täuschten Atmungsgase vor, so daß also unbehandelte Organe für den Nachweis des Lungensauerstoffes vollständig auszuscheiden hatten.

Es mußte deshalb auf meinen alten Gedankengang, der bereits in den erwähnten Vorarbeiten mehrfach zum Ausdruck gekommen ist, zurückgegriffen werden, nämlich den Blut- und Gewebssauerstoff

irgendwie zu inaktivieren bzw. chemisch unschädlich zu machen. In dieser Richtung wurden eine Reihe von Versuchen unternommen, die als Resultat erbrachten, daß mit zunehmender Härtung bzw. zunehmender Berühring mit konservierenden Flüssigkeiten im allgemeinen der Gewebs- bzw. Blutsauerstoff zum Verschwinden gebracht werden konnte, so daß er später beim Auskochen nicht mehr störend auftrat. Je blutreicher das Organ war, desto gründlicher mußte die Härtung bzw. die Berühring mit konservierenden Flüssigkeiten vor sich gehen. Bei Anwendung von 20 proz. Sublimatlösung war erst nach 22 Tagen bei einem Leberstückchen die gewonnene Gasmenge analog dem beim Blindversuch mit Kochsalzlösung gewonnenen Resultate.

Ganz anders verhielten sich gehärtete bzw. konservierte Lungenstücke; bei ihnen wurden niemals die dem Blindversuch mit Kochsalzlösung analogen Resultate erreicht, sondern stets erhebliche Gas Mengen, die natürlich nach der Größe des untersuchten Lungenstückes schwankten.

Das bei den Lungenuntersuchungen gewonnene Gas gab nun nicht die Zusammensetzungserhältlinisse der atmosphärischen Luft wieder, sondern hatte einen erheblichen Anteil von CO₂-Gas, wie ja von vornherein nach den physiologischen Vorgängen in der Lunge zu erwarten war. Es war also das gefunden worden, was ich bereits in meiner Arbeit Bd. 13, Heft 4 der Deutschen Zeitschrift für die gesamte Gerichtliche Medizin als Vermutung ausgesprochen hatte, und weiter ergab sich bei der Untersuchung von gehärteten bzw. konservierten Lungen von Neugeborenen, die nicht geatmet hatten und frisch in Konservierungsmittel gebracht wurden, daß in diesen Lungen CO₂ nicht nachgewiesen werden konnte.

Von den einschlägigen Untersuchungen sei erwähnt das Protokoll vom 1. XI. 1930, das die unbeatmete Lunge eines männlichen Neugeborenen betraf. Die Obduktion war am 24. VI. 1930 erfolgt, die Konservierung durch Formalinlösung bewerkstelligt. Das Volumen der untersuchten Lunge betrug 10 ccm, und zwar handelte es sich um ein Stück zu 4 ccm und ein Stück zu 6 ccm. An Gasmenge wurden 0,4 ccm erhalten, was etwa den durch den Blindversuch aufgezeigten Fehlerquellen analog ist. Die genauere Gasanalyse für die erhaltene Gasmenge von 0,4 ccm ergab einen Sauerstoffanteil von 0,07 ccm, während Kohlendioxyd nicht nachgewiesen werden konnte. Die Untersuchung auf Kohlendioxyd erfolgte natürlich durch Absorption mit der in der Gasanalyse regelmäßig verwandten Kalilauge 3:1 und war eben, wie erwähnt, vollständig negativ.

Als Gegenstück mögen die Resultate der Lungenuntersuchung einer relativ frischen Wasserleiche dienen, die am 22. V. 1930 aus der Spree geborgen wurde. Die erhaltene Gasmenge nach Kochen des gehärteten Lungenstückes betrug 2,8 ccm, davon Sauerstoff 0,3 ccm und Kohlendioxyd 0,1 ccm = 3,58 % der erhaltenen Gasmenge.

Das Ergebnis dieser zweiten Untersuchungsreihe ist also, daß die gasanalytische Untersuchung frischer Organe zu keinem brauchbaren

Resultat hinsichtlich des Sauerstoffnachweises und damit der stattgehabten Atmung führen kann, wenn man an der Trennung des Gases vom Gewebe durch Auskochen festhält, während der Nachweis von CO_2 auf diesem Wege sehr wohl möglich ist und besonders dann, wenn man sich an gehärtete, unbedingt frische Gewebsstücke hält, während bei faulen Organen der CO_2 -Anteil auch bei Lungen, die nicht geatmet haben, vorkommen könnte.

Es war deshalb eine Methode zu erstreben, die die Trennung des physikalisch in den Lungen vorhandenen Gases vom Gewebe ohne Anwendung von Flüssigkeiten und Auskochen durch diese gestattete. Theoretisch ergab sich nun die Möglichkeit, das zu untersuchende Lungenstück in reinen Stickstoff oder ein sonstiges indifferentes Gas zu bringen und dieses dann auf Temperaturen zu erhitzen, bei denen das Gewebe das eingeschlossene Gas freigeben müßte. Außerdem ergab sich theoretisch die Möglichkeit, das zu untersuchende Lungenstück in ein Vakuum zu bringen, in geeigneter Weise zu erhitzen und auf diese Weise Gase und Gewebe zu trennen. Die angegedeuteten Möglichkeiten konnten verwirklicht werden.

Die dazu notwendige Apparatur wurde folgendermaßen zusammengestellt: Ein Hohlzylinder konnte von dem Vorratsbehälter (Gasbombe) aus mit sauerstofffreiem Stickstoff beschickt werden, der zur Erreichung dieses Ziels eine Vorlage mit alkalischem Pyrogallol passiert hatte. Dieser Hohlzylinder war durch einen breiten Schliff an seinem oberen Ende verschließbar und ermöglichte so das Einbringen von Organteilen. Er war mit einem zylindrischen Hohlmantel umgeben, durch den Wasserdampf oder andere erhitze Medien getrieben werden konnten. Der ersterwähnte Zylinder stand außerdem in Verbindung mit einem Quecksilberniveaugefäß, das die Herstellung eines beliebigen Gasvolumens in diesem Zylinder gestattete. Dieses Niveaugefäß mit Quecksilber erlaubte die notwendige Stickstoffatmosphäre zu variiieren, und auch weiter war es durch dasselbe Niveaugefäß möglich, die in dem Zylinder befindliche Gasmenge in eine Bunte-Bürette zu treiben, die mit ausgekochter Kochsalzlösung gefüllt war. Wenn man nun in diese Apparatur Organteile hineinbrachte, so wurde das theoretisch postulierte Ergebnis erreicht: Die Lunge gab ihre Gase ab, so daß eine Volumenzunahme der im Versuch stehenden Gasmenge kenntlich wurde, bzw. daß die Bunte-Bürette eine Zunahme des Gasvolumens anzeigen würde.

Das so gewonnene Gas war natürlich ein Gemisch von Stickstoff und Lungengas, das weiterer Analyse zugänglich war und in einwand-

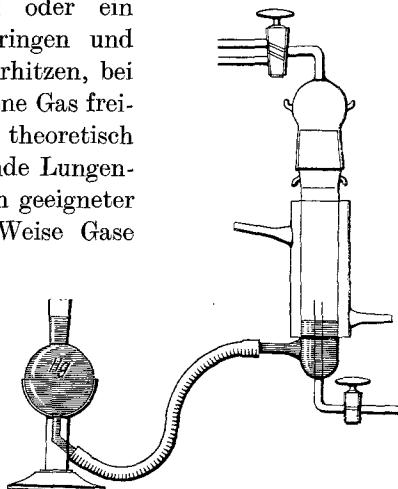


Abb. 3. Apparatur zum Entgasen von Lungen mittels erhitztem Stickstoffs.

freier Weise den Nachweis des Sauerstoffes gestattete. Ein Vorzug dieser Apparatur ist natürlich der Fortfall aller der Fehlerquellen, die nun einmal mit der Verwendung von Flüssigkeiten verbunden sind. Sie bestehen, wie oben auseinandergesetzt, in der Absorptionsavidität der Flüssigkeiten, die besonders bei tiefen Temperaturen recht beträchtliche Werte erreichen kann. Die verwandte Apparatur hat außerdem den Vorteil, daß das Lungengewebe beim Senken des Niveaugefäßes gewissermaßen sich in einer Gasatmosphäre unter Unterdruck befindet und so leichter seine Gase bei Erwärmung des Mantelzylinders hergibt.

Die beschriebene Apparatur hat noch besondere Vorteile, wenn es sich um Untersuchung von Gasen bzw. Nachweis von Gasen handelt, bei denen Kohlensäure keine Rolle spielt, z. B. beim Nachweis von Sauerstoff, CO und anderen Gasen; man kann dann nämlich statt mit Stickstoff die Füllung mit reinem CO_2 besorgen und dieses dann restlos in der Bunte-Bürette mit Kalilauge zur Absorption bringen, wenn das zu untersuchende Organ seine Gase abgegeben hat, wobei dann der Restbestand an Gas das der Analyse zugängliche Gas darstellt. Die gleiche Apparatur ist anwendbar, wenn man darauf verzichtet, im indifferenten Gas Organteile zu entgasen; man hat dann nur nötig, den inneren Hohlzylinder bis zum Zweiwegehahn mit Quecksilber zu füllen und in geeigneter Weise die Lunge unter das Quecksilber zu drücken. Senkt man nämlich bei geschlossenem Zweiwegehahn das Niveaugefäß, so muß ein Vakuum entstehen, das auch schon rein mechanisch beim Erwärmen die Lungengase bzw. andere Organe heraustreibt. Die beschriebene Methode wird voraussichtlich bei der Untersuchung der Blutgase und anderer Gewebsflüssigkeiten eine Rolle spielen, weil eben die Fehlerquellen, die sich aus der Anwendung von Flüssigkeiten bei der Gasanalyse ergeben, vermieden werden.

Die Erhitzung des Versuchszylinders kann naturgemäß nicht nur durch strömende Wasserdämpfe, sondern auch durch Einbringen in eine elektrisch geheizte Muffe erfolgen oder durch eine Heizdrahtschlange, die den Zylinder umgibt. Unter Zugrundelegung dieser Apparatur, d. h. unter Anwendung reinen, erhitzten Stickstoffs wurden dann Organstücke untersucht, und zwar sowohl Lungen, die geatmet hatten, und solche, die nicht geatmet hatten, ferner auch Leberstücke. Es ergab sich bei diesen Versuchen ein deutlicher Unterschied, je nachdem Atmung stattgefunden hatte oder nicht.

Zur Technik sei bemerkt, daß es sich als notwendig herausstellte, die zu untersuchenden Organteile sowohl zu härteten als auch zu trocknen. Dieses entsprach durchaus den bisherigen Erfahrungen und dem ganzen Gedankengange, der den Untersuchungen zugrunde liegt, nämlich alle Flüssigkeiten, einschließlich Blut und Gewebssaft, auszuschalten. Diese Ausschaltung erfolgt, wie bereits oben mitgeteilt, durch langdauernde

Behandlung mit hochprozentiger Sublimatlösung, die am besten mehrfach zu wechseln ist; die Austrocknung erfolgt im Exsiccator über Chlorcalcium bei gewöhnlichem atmosphärischem Druck, da Unterdruck die Lungenalveolen sprengen könnte.

Bei dieser Untersuchungsmethode fanden sich in 12 ccm einer Lunge, die nicht geatmet hatte, 0,9 ccm Gas, von denen nur 0,08 ccm als Sauerstoff bestimmt werden konnten. Die so erhaltene Sauerstoffmenge ist außerordentlich gering und kann vielleicht durch Verfeinerung der Vorbehandlungsmethoden noch gedrückt werden.

Ganz ähnlich war das Resultat bei gehärteter und getrockneter Leber, von der 14 ccm untersucht wurden. Hierbei ergaben sich an Lebergasen 0,8 ccm, von denen 0,6 Kohlensäure waren, während Sauerstoff überhaupt nicht nachgewiesen werden konnte. Im Gegensatz dazu ergab die Untersuchung (20 ccm) einer Lunge, die geatmet hatte, mit der vorbeschriebenen Apparatur eine Gasmenge von 3 ccm. Die weitere Analyse dieser Gasmenge wies einen Sauerstoffgehalt von 0,35 ccm und einen Kohlensäuregehalt von 0,11 ccm auf, mithin auf gleiche Volumina bezogen die 3fache Menge Sauerstoff wie beim Parallelversuch mit ungeatmeter Lunge. Da bei den Auskochversuchen der Sauerstoffgehalt von Lungen, die geatmet hatten, als erheblich höher — auch unter Berücksichtigung des Blindwertes — festgestellt werden konnte, so ist durch die zuletzt mitgeteilten Resultate der Weg gewiesen, auf dem voraussichtlich zwischen Lungen, die geatmet haben und die nicht geatmet haben, unterschieden werden kann.

Nachdem diese Untersuchungsmethoden zu einem gewissen Abschluß gelangt waren, wurde versucht, das gewonnene Gasgemenge noch auf andere Weise zu untersuchen. Es wurde dabei an die Möglichkeit gedacht, spektroskopisch den Sauerstoff der Lunge zu bestimmen, und deshalb an den Hohlzylinder seitlich eine Geislersche Röhre angebracht, die ihren Teil an den gewonnenen Lungengasen abbekam. Nach Beendigung des Austreibungsprozesses wurde das ganze System hoch evakuiert, nachdem das Quecksilber entsprechend abgesperrt war. Hierauf wurde auch die Geislersche Röhre geschlossen und das in ihr enthaltene Gas durch einen Induktionsstrom zum Leuchten gebracht. Das Emissionsspektrum des Gases wurde photographisch festgelegt und zeigte eine Reihe von Linien, die indessen nicht ohne weiteres als Sauerstofflinien identifiziert werden konnten, so daß sich dieser Weg als vorläufig nicht gangbar erwies. Weitere Versuche in dieser Richtung bleiben vorbehalten.

Ein anderer Weg erwies sich als aussichtsreicher. Nachdem einmal dazu übergegangen worden war, im Zerstörungszylinder mit Gasen zu arbeiten, anstatt mit Flüssigkeiten, lag es nahe, ein Gas zu benutzen, das bei Berührung mit Sauerstoff eine Farbreaktion ergibt. Ein solches Gas ist bekanntlich das farblose Stickoxyd (NO), das bei Berührung mit atmosphärischer Luft sich in das intensiv braun gefärbte Stickstoffdioxyd verwandelt (NO_2). Ist das braune Gas einmal vorhanden (NO_2), so kann man es durch H_2O in Salpetersäure überführen und

diese quantitativ nachweisen. Einen qualitativen Nachweis der Salpetersäure kann man bekanntlich noch leicht durch Schwefelsäure-diphenylamin erhalten.

Es wurden eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Gewebsstücken in dieser Richtung unternommen; es zeigte sich aber, daß die Braufärbung bei Lungen, die geatmet hatten, doch nur sehr gering bzw. manchmal sehr zweifelhaft war, so daß also für weitere Untersuchungen sich die Forderung ergibt, mit großen Organmengen zu arbeiten, da nur diese ein sinnfälliges Resultat gewährleisten können, nicht aber kleine Organstücke, für die die Zerstörung im N-Zylinder und die gewöhnliche Untersuchung durch Pyrogallol der gegebene Weg zu sein scheint.

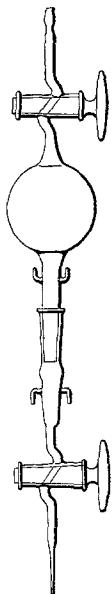


Abb. 4. Stickoxyd-
röhre zum Nach-
weis von Sauerstoff
in Herzgasen.

Die Apparatur kann öfter gebraucht werden, da der untere Teil mit seinem Kohlefilter durch einen auswechselbaren Normalenschliff mit dem Hauptteil in Verbindung steht. Die Füllung der Apparatur geschieht durch Evakuieren und Nachströmen von Stickoxyd. Nach erfolgter Füllung mit reinem Stickoxyd wird nochmals ein wenig evakuiert, um Unterdruck herzustellen. Bei einem Leichenversuch, der am Herzen einer faulen Leiche angestellt wurde, blieb das Gas farblos, während in einem andern Falle, bei dem es sich um eine schwere Schädelzertrümmerung durch einen Nahschuß handelte, eine intensive Braufärbung eintrat, womit der Nachweis von Sauerstoff im Herzgase gegeben war.

Bei den letzten Versuchen wurde anstelle einer Spitze mit einem trichterförmigen Ansatz gearbeitet; in diesem Trichter sammelten sich

die Herzgase, wenn sie durch Anstich des Herzens unter Wasser ausströmten. Im übrigen erfolgte die Vereinigung der Gase wie in den Voruntersuchungen. Der Vorteil dieser Methode gegenüber der oben beschriebenen besteht in der absoluten Sicherheit, die Ansaugung atmosphärischer Luft auszuschließen. Endlich ergaben sich für die Untersuchung der Lungengase neue Möglichkeiten, als wir dazu übergingen, die Lungengase durch mechanische Zerkleinerung zu gewinnen, anstatt sie durch Erhitzen auszutreiben. Auf diese Weise wurden alle Fehlerquellen ausgeschaltet, die sich sonst beim Erhitzen von Blut und Gewebsflüssigkeit ergaben. Man konnte also analog der Herzgasuntersuchung auf O₂ unter Wasser in einem trichterförmigen Ansatz Lungen-gase sammeln und sie in derselben Weise durch Zusammenbringen mit NO auf Sauerstoff untersuchen, wie dies bereits bei der Untersuchung der Herzgase auf O₂ geglückt war. Ausführliche Mitteilungen über diese völlig neuen Untersuchungsmethoden bleiben vorbehalten.
