

*Wechselrede.* Herr *Giese-Freiburg* weist darauf hin, daß der Tod im Anschluß an Luftembolie oft später, oft erst 24 Stunden nach dem Eindringen der Luft eintritt. Das ist besonders dann der Fall, wenn relativ geringe Mengen Luft in die Blutbahn kommen und in den großen Kreislauf gelangen.

Herr *Schackwitz*: Manuskript nicht eingegangen.

---

(Aus dem Institut für Gasanalyse der Technischen Hochschule zu Berlin-Charlottenburg. — Prof. Dr. *Wirth*.)

## Über die Anwendbarkeit des NO zur Feststellung der Luftembolie und zum Atmungsnachweis beim Neugeborenen.

(II. Mitteilung<sup>1</sup>.)

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

Mit 1 Textabbildung.

Die Bemühungen, den Nachweis der Luftembolie auf eine exakte Grundlage zu stellen, haben mich seinerzeit veranlaßt, Apparate zu konstruieren, in denen das aus dem Herzen gewonnene Gas in verschiedener Weise mit alkalischer Pyrogallollösung zusammengebracht wurde. Es entstand dann bei Anwesenheit von O<sub>2</sub>-haltigem Gas eine Braunfärbung der genannten Lösung.

Im Laufe der Zeit sind Modifikationen meiner Apparate entstanden, von denen ich an dieser Stelle die von *Schmidt* konstruierten erwähne. Gleichzeitig mit den Bestrebungen, die Luftembolie auf diese gasanalytische Weise festzustellen, gingen Bemühungen darauf aus, den Atmungsnachweis auf derselben Grundlage zu erbringen; doch zeigte es sich hier bald, daß dabei Schwierigkeiten entstanden, die hauptsächlich aus 2 Gründen herstammten, die hier kurz angeführt und charakterisiert sein sollen:

Das Lösungsvermögen von Flüssigkeiten für Luft und dadurch auch für Sauerstoff ist bekannt, und stellte sich sehr bald als eine ernste Schwierigkeit heraus, wenn man den Versuch machte, beispielsweise das Lungengas durch Kochen zu gewinnen und das gewonnene Gas mit alkalischer Pyrogallollösung qualitativ zu bestimmen. Eine andere sehr beachtliche Fehlerquelle liegt darin, daß alle tierischen Gewebe und Gewebsflüssigkeiten, insbesondere aber das Blut, ja bekanntlich reichlich

---

<sup>1</sup> In Anlehnung an den auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche Medizin im September 1932 gehaltenen Experimentalvortrag.

Sauerstoff enthalten und diesen beim Kochen abgeben, so daß sich dann nicht mehr unterscheiden läßt, wieviel von dem gewonnenen Gas physikalisch in den einzelnen Lungenbläschen abgesperrt war und wieviel chemisch gebunden in dem Gewebe sich aufgespeichert hatte.

Weitere Arbeiten auf diesem Gebiete zielten darauf ab, den genannten Fehlerquellen nach Möglichkeit zu begegnen. Es ergab sich sehr bald, daß bei Behandlung mit konservierenden Flüssigkeiten, z. B. mit Sublimat und Formalin, der Sauerstoff der Gewebe unschädlich gemacht werden konnte. Es konnte dann weiter auf die Tatsache zurückgegriffen werden, daß konzentrierte Salzlösungen ein sehr geringes Lösungsvermögen für Gase und also auch für Luft besitzen, so daß diese Fehlerquelle auch von dieser Seite reduziert werden konnte. Indessen gingen doch alle Versuche darauf aus, die Flüssigkeiten zu eliminieren und ein Verfahren zu ersinnen, bei dem die Entnahme des Gases aus der Lunge ohne Beanspruchung von Flüssigkeiten erfolgen konnte. Es war folgerichtig, daß wir dazu übergingen, ein indifferentes Gas als Medium für die Entnahme der Lungenluft zu benutzen, und zwar konnte, wenn es sich um die Feststellung von  $O_2$  handelte, lediglich Stickstoff in Betracht kommen, da dieser allein reaktionsträge genug war, um bei nachfolgenden Analysen Störungen und Fehler auszuschließen.

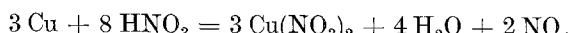
Wir brachten in Verfolg dieser Ideengänge Lungenstücke nach gehöriger Trocknung und Härtung in einen Zylinder, der mit N gefüllt werden konnte. Die Trocknung erfolgte im Exsiccator über Chlorcalcium, am besten mehrere Tage lang. Die N-Menge, die der Zylinder faßte, mußte vor jedem Versuch bekannt sein, sei es durch Graduierung oder durch Übertreiben in eine Bunte-Bürette und Abmessen in dieser. An technischen Schwierigkeiten ergab sich dabei, daß die Lunge in einer bestimmten Höhe des Zylinders festzuhalten war, am besten durch ein Diaphragma aus Draht. War der Zylinder dann mit sauerstofffreiem N gefüllt, so konnte auf beliebige Weise eine Erhitzung des Inhalts erfolgen. Wir erwähnen in dieser Hinsicht Erhitzung durch Wasserdampf oder durch Öldampf und endlich die elektrische Erhitzung durch Widerstandsdraht, bei der man am besten die Temperatur regulieren kann. Durch hohe Temperaturen ist es nun möglich, das Lungengewebe zur Abgabe seines physikalisch abgesperrten Gases zu bringen. Dieses Gas mischt sich mit dem ursprünglichen N-Volumen und ist dann der Menge nach zu bestimmen. Die weitere Analyse nach Qualität und Quantität kann erst erfolgen, wenn die Ausgangstemperaturen wiederhergestellt sind bzw. wenn alle Versuchsbedingungen auf  $0^\circ$  und 760 mm Druck umgerechnet sind. Die mit alkalischer Pyrogallollösung beschickte Bunte-Bürette ermöglicht sowohl die qualitative Feststellung des gewonnenen  $O_2$  wie seine quantitative Messung.

Verzichtet man auf die Bestimmung der Kohlensäure im Lungengas, so kann auch die Beschickung des Gaszylinders mit Kohlensäure, die nachher durch Kalilauge restlos resorbiert werden kann, erfolgen, so daß als Restgas kohlensäurefreies Lungengas zur Analyse bereit steht. Der letztgenannte Weg bringt als Vorteil, daß eine vorherige Messung des indifferenten Gases nicht nötig ist, hat aber den oben angedeuteten Nachteil, daß nämlich eine Kohlensäurebestimmung nicht möglich ist.

Im weiteren Verlauf unserer Arbeiten versuchten wir den gewonnenen Sauerstoff nicht nur durch alkalisches Pyrogallol, sondern auch spektrographisch festzulegen. Wir brachten dazu an den Versuchszylinder seitlich eine Geisslersche Röhre an, die nach Beendigung des Versuchs naturgemäß außer Stickstoff auch Lungengas enthalten mußte. Wurde dann diese Geisslersche Röhre auf ein passendes Vakuum gebracht, so konnte man sie mit Wechselstrom in Verbindung bringen, um aus den ausgesandten Linien auf das Gasgemisch Rückschlüsse machen zu können. Indessen konnte Charakteristisches bei den bisherigen Versuchen nicht erkannt werden. Weitere Arbeiten auf diesem Gebiete bleiben vorbehalten.

Bei weiteren Versuchen gingen wir dazu über, Stickoxyd an Stelle von alkalischer Pyrogallollösung als Sauerstoffreagens zu benutzen. Es ist bekannt, daß Stickoxyd an der Luft braune Dämpfe entwickelt, weil es sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Stickstoffdioxyd verbindet. Wenn wir nun den Gaszylinder mit NO füllten und in der bekannten Weise das vorbehandelte Lungengewebe zur Abgabe seines Gases brachten, so wurde zunächst erwartet, daß der entweichende Sauerstoff sich mit NO zu den braunen  $\text{NO}_2$ -Dämpfen verbinden, und daß man diese Reaktion mit dem Auge verfolgen können würde. Es zeigte sich aber, daß braune Dämpfe nur ganz minimal und bei Verwendung großer Lungenmengen auftraten, was für die Praxis den beschriebenen Weg wenig empfehlenswert machte.

Brachte für die Analyse des Lungengases die Verwendung von NO zunächst keine besonderen Vorteile, so erwies sich das NO aber günstiger für die Feststellung der Luftembolie. Die Darstellung des notwendigen NO-Gases geschieht mit Hilfe von Kupfer und 20 proz. Salpetersäure und vollzieht sich nach folgender Formel:



Das sich nun bildende farblose NO-Gas wird in einem Niveaugefäß über Wasser aufgefangen, in dem es fast unlöslich ist. Wird dieses NO-Gas nun mit Luft vermischt, so entwickeln sich die schon erwähnten braunen Dämpfe von  $\text{NO}_2$ , die sich mit Wasser sehr rasch in Stickoxyd und Salpetersäure umsetzen und so wieder farblos werden. Soll nun das  $\text{NO}_2$  erhalten bleiben und sich nicht wieder zersetzen, so ist jede Feuch-

tigkeit auszuschließen, was in der Praxis Schwierigkeiten macht. Wir versuchten deshalb, das NO-Gas über Vaseline als Sperrflüssigkeit aufzufangen, um in einem möglichst wasserfreien Raum die Reaktion vor sich gehen zu lassen. Aber auch dieser Weg brachte keinen großen Vorteil!

Dagegen erwies sich folgender Weg als sehr brauchbar: Wir benutzten nämlich die Oxydationskraft des  $\text{NO}_2$  gegenüber Jodkaliumlösung, die Stickstoffoxyd nicht besitzt, als Unterscheidungsmittel beider Gase. Die Umsetzung der Jodkaliumlösung mit Stickstoffdioxyd geschieht nach folgender Gleichung:



Zu dieser Jodabscheidung ist NO nicht befähigt. Das abgeschiedene Jod löst sich in überschüssiger Jodkaliumlösung auf, färbt die Lösung und kann titriert oder mit Stärkelösug noch besser sichtbar gemacht werden.

Will man nun an der Leiche Herzgas auf diese Weise bestimmen, so empfiehlt sich folgendes Vorgehen.

Der Herzbeutel wird mit Flüssigkeit gefüllt und mit folgender Apparatur eröffnet (vgl. Abb. 1). Eine Art Reagensglas, das der Abbildung entspricht, kann durch einen Glasschliff verschlossen werden, der in der üblichen Weise durch Hükchen und Federn gesichert werden kann. Dieses modifizierte Reagensglas wird mit einer Jodkaliumlösung gefüllt, in die Metallhülse gebracht, mit Wasser aufgefüllt und verschlossen. Die Metallhülse, die aus 2 ineinander verschraubbaren Teilen besteht (vgl. Abbildung),

hat einen dolchartigen Fortsatz, der durch eine bewegliche Führung über die Breite des Reagensglases gezogen werden kann und auf diese Weise in beträchtlichem Ausmaße die Herzkammer eröffnet. Befinden sich nun Gase im Herzen, so steigen diese durch die Jodkaliumlösung auf und sammeln sich im oberen Ende des Apparates. Die Flüssigkeitssäule muß dementsprechend absinken. Ist das Gas gewonnenen, was durch seitliches Pressen am Herzen be-

schleunigt bzw. befördert werden kann, so wird der Apparat geschlossen, so daß das gewonnene Herzgas der Analyse zugänglich gemacht werden kann. Es ist selbstverständlich, daß das Eröffnen des Herzens unter Wasser bzw. unter Flüssigkeit erfolgen muß. Es ist ferner angängig, lediglich mit Wasser zu arbeiten, d. h. Jodkaliumlösung erst später durch ein Niveaugefäß in das Reagensglas zu bringen, nachdem das Herzgas gewonnen worden ist. Für manche Fälle, besonders dann, wenn Blutbeimischungen und andere Unreinlichkeiten sich ergeben haben bzw. zu erwarten sind, würde die nachträgliche Einfüllung, d. h. das Ersetzen des Wassers durch Jodkaliumlösung, sogar die Methode der Wahl darstellen.

Wenn nun das Gas, wie beschrieben, geborgen ist und im Reagensglas sich Jodkaliumlösung befand, so ist es nunmehr notwendig, NO mit dem gewonnenen Gas in Verbindung zu bringen. Enthält das gewonnene Gas  $\text{O}_2$ , so wird NO zu  $\text{NO}_2$  oxydiert, löst sich in der Jodkaliumlösung und scheidet aus dieser Jod ab.

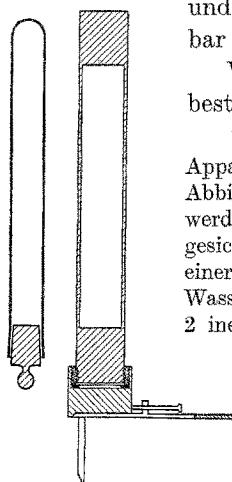


Abb. 1.

Geht man darauf aus, nicht qualitativ, sondern auch quantitativ zu arbeiten, so ist es notwendig, das gewonnene Gas in eine besondere Apparatur überzuleiten, was selbstverständlich unter den gehörigen Vorsichtsmaßregeln unter Wasser erfolgen muß, und dort die Umsetzung mit NO und Jodkalium erfolgen zu lassen. Diese Apparatur hat zwei seitliche Ansatzhähne, die es erlauben, Stickstoff hindurchzuleiten und auf diese Weise unverbrauchtes NO herauszuspülen, so daß der Sauerstoff der Luft ohne chemische Umsetzung mit Rest-NO nunmehr an die Jodkaliumlösung herantreten kann, und die Braunfärbung der Jodlösung lediglich der Einwirkung des Herz-O<sub>2</sub> zugeschrieben werden muß. Die Jodtitration erfolgt wie üblich mit Thiosulfat, wobei 1 ccm Normal/10 Thiosulfat-Lösung = 1,14 ccm Sauerstoff entspricht.

Die Brauchbarkeit des NO-Gases, die sich auf diese Weise für die Feststellung der Luftembolie ergibt, ermutigte zu weiteren Versuchen, die auf die Analyse des Lungengases hinzielten. Man kann nämlich durch mechanische Bearbeitung der Lungen, so durch Zerzupfen oder Pressen, einen Teil des Lungengases gewinnen und in einem nach ähnlichem Prinzip gearbeiteten Apparat zur Reaktion mit NO und zur Absonderung von Jod und Jodkaliumlösung bringen; es hat sich jedoch herausgestellt, daß die Gasgewinnung im N-Zylinder und die sich daran anschließenden Untersuchungen an Exaktheit und Sicherheit der NO-Jodkaliumreaktion wenigstens in ihrer jetzigen Gestalt bei weitem überlegen sind, wenn man die in der ersten Arbeit genannten Vorsichtsmaßregeln, nämlich vorherige Härtung und anschließende Trocknung, beobachtet.

*Wechselrede.* Herr Schwarzacher: Es ist der Einwand zu erheben, daß bei dem O-Nachweis technisch in den Lungen die unüberwindliche Schwierigkeit besteht, wie man die Lungen ohne fremde O-Zufuhr an die Reaktionen heranbringt.

Herr Mueller weist darauf hin, daß das Lungengas allmählich den Sauerstoff fast verliert, daß es anderseits praktisch nicht recht möglich ist, das Lungen-gas ohne Verunreinigung durch Luftsauerstoff zu gewinnen.

Herr Meixner: Für die Anwendbarkeit des vorgeschlagenen Verfahrens zum Nachweis der Luftembolie muß die Vorfrage geprüft werden, was freier Sauerstoff in einem Gasgemisch innerhalb des Herzens bedeutet; ob er auch in Fäulnisgasen vorkommt, und wieviel anderseits vom O eingedrungener Luft verschwindet. Ich habe vor mehr als 10 Jahren Gasanalysen zur Prüfung dieser Frage anstellen lassen. Sie wurden nicht beendet, da ich die Chemikerin durch Heirat verlor. Die anfänglichen Ergebnisse waren nicht ermutigend, doch möchte ich nicht ausschließen, daß ihre Fortsetzung Grundlagen für die Anwendung des empfohlenen Verfahrens schafft.