

Weiteres zur Theorie und Technik des Nachweises von gasförmigem O₂ in Lungen- und Darmgasen von Leichen¹.

Von

Med.-Rat Dr. F. Dyrenfurth,

Gerichtsarzt in Berlin.

Auf der Grazer Tagung der Deutschen Gesellschaft für Gerichtliche Medizin habe ich über den qualitativen Nachweis von O₂ in Lungen- und Darmgasen von Leichen Mitteilungen gemacht und beiläufig erwähnt, daß in geeigneter Weise konservierte Lungen sehr lange ihre Schwimmfähigkeit behalten, so daß damit die Möglichkeit gegeben wäre, an konserviertem Material die Sauerstoffuntersuchungen vorzunehmen. Als dann darauf aufmerksam gemacht wurde, daß die Konservierungsflüssigkeiten zur Absorption von O₂ an sich geeignet wären und den qualitativen Nachweis beeinflussen müßten, habe ich sofort gesagt, daß die Konservierung von Leichenlungen ja nicht das Wesentliche an der Methode sei, und daß man nach Möglichkeit am frischen Material seine Untersuchungen anstellen müsse.

Weitere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß wässrige Konservierungsmittel, wie z. B. Formalinlösungen, doch recht brauchbar sein können, wenn sie in der für Gasanalyse geeigneten Weise vorbehandelt werden. Es war nämlich nur notwendig, eine solche Formalinlösung zu kochen und dann durch Paraffinum liquidum vor der Berührung mit atmosphärischer Luft zu schützen. Die Aufbewahrung von Leichenlunge oder Leichendarm, der in geeigneter Weise unterbunden ist, kann dann in einer so geschützten Lösung leicht erfolgen, wenn man ein Gasesäckchen mit Bleikugeln beschwert und auf diese Weise das Material versenkt. Ich habe noch aus Lungen, die ein halbes Jahr und länger auf diese Weise konserviert waren, große Gasmengen gewonnen, so daß also auch der Anwendung von Konservierungsmitteln theoretisch nichts im Wege stehen würde.

Mit größerem Recht hätte aber vielleicht darauf aufmerksam gemacht werden können, daß es sehr schwer ist, völlig O-freies destilliertes Wasser zu gewinnen, was natürlich zur Folge haben kann, daß gewisse Farbtöne auftreten, wenn man mit alkalischem Pyrogallol arbeitet, die unter Umständen positive Reaktionen vortäuschen können.

¹ In Anlehnung an einen auf der XVII. Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin in Hamburg im September 1928 gehaltenen Vortrag.

Es war deshalb das Gegebene, statt der qualitativen Untersuchungsmethode quantitativ zu arbeiten, und wenn man sich einmal dazu entschlossen hatte, so war man ja auch nicht mehr auf die Absorption mit alkalischem Pyrogallol angewiesen, sondern konnte mit dem weit bequemeren Natriumhydrosulfit arbeiten, das in promptester Weise ebenfalls die Absorption von Sauerstoff in kürzester Zeit besorgt.

Was die Lösungen dieses Reagens anbetrifft, so sind in der Literatur verschiedene Mischungen angegeben. Ich nenne die bei *Peter Rona* gegebene Vorschrift von 9 g Natriumhydrosulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) in 50 ccm einer 10proz. Kalilauge, wozu Anthrahydrochinon-sulfonsaures Natrium gegeben werden kann und zwar im Verhältnis von 1:10 g Natriumhydrosulfit. Eine andere Vorschrift lautet: 10 g Natriumhydrosulfit in 50 ccm Wasser, dazu 50 ccm einer 10proz. Natronlauge. Eine dritte schreibt vor: 50 g Natrium hydrosulfit auf 250 ccm Wasser + 40 ccm Kalilauge (500 KOH:700 H_2O).

Als Absorptionsapparat kommen die Büretten von Hempel und Bunte in Betracht, ferner die Apparaturen von Clas Sonden und Haldane; endlich die Mikroapparatur nach Krogh. Die letztgenannte Apparatur wird, wie schon der Name sagt, nur für Mikrogasanalyse, z. B. für den Insektenstoffwechsel, angewendet. Die beiden erstgenannten Apparaturen sind im allgemeinen für größere Gasmengen in der Technik bestimmt, ebenso wie übrigens die Apparaturen von Sonden und Haldane mit größeren Mengen arbeiten. Da alle Methoden auch ziemlich kompliziert sind, so schien die Konstruktion einer einfachen Apparatur wünschenswert, die für mittlere Gasmengen geeignet sein konnte.

Ich habe in der Festschrift für Herrn Geheimrat *Strassmann* (Vjschr. gerichtl. Med. 12, 1. bis 3. Heft) eine solche Apparatur beschrieben. Das Wesentliche der Apparatur ist, daß die Vereinigung der beiden die O_2 -Absorption bedingenden Flüssigkeiten zu einem beliebigen Zeitpunkt erfolgen kann, nachdem man die zu untersuchende Gasmenge in das Natriumhydrosulfit gesaugt hat. Wird der Verbindungshahn zwischen der Lauge und der Natriumhydrosulfitlösung geöffnet, so geht die Resorption vor sich und kann in einer seitlich angebrachten Bürette verfolgt werden, nachdem die notwendigen Korrekturen vorgenommen worden sind. Es ist dabei zu bemerken, daß das eigentliche Ablesen erst erfolgen darf, wenn der Ausgleich des Luftdrucks in der Bürette vor sich gegangen ist. Dieser Ausgleich erfolgt entsprechend dem bekannten Boyle-Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetz nach der Formel $p v = p_0 v_0 (1 + \alpha t)$, wobei p und v Druck und Volumen des Gases unter den Versuchsbedingungen, t die zugehörige Temperatur, p_0 und v_0 Druck und Volumen bei 0° und 760 mm Druck sind und $\alpha = 1:273,1 = 0,00366$ als Ausdehnungskoeffizient der Gase zu berücksichtigen ist. Es wäre endlich hier noch zu erwähnen, daß das Volumen eines Gases von dem sog. Dampfdruck abhängig ist, so daß also das errechnete Resultat noch entsprechend $f =$ der Dampfdichte zu modifizieren wäre, welche beispielsweise bei 20° und 760 mm Luftdruck etwa 2,2% des gewonnenen Gases beträgt.

Alle diese Einzelheiten sind aber nur zu berücksichtigen, wenn es sich um ganz genaue Messungen handelt, die für die Erfordernisse der gerichtlichen Medizin, wo es sich ja im wesentlichen um den einwandfreien Nachweis von mittleren Mengen von O₂ zu handeln hat, nicht immer notwendig sind. Außerdem ist das Ausrechnen der Formeln kein unbedingtes Erfordernis, wenn man die leicht erhältlichen Tabellen benutzt, die für jede Versuchsbedingung die notwendige Reduktion erkennen lassen.

Es ist an dieser Stelle angebracht, über die Absorptionsverhältnisse von Sauerstoff in Wasser einige Zahlen zu geben. Diese zeigen nämlich, daß die in Betracht kommenden Mengen nicht sehr groß sind. Es absorbieren 1000 ccm Wasser bei 20° und 760 mm Druck etwa 6,50 ccm Sauerstoff; das wären für 100 ccm, womit etwa der Inhalt der Kochflasche, soweit er wirklich benutzt wird, getroffen wird, nur 0,6 ccm, die theoretisch leicht von der Menge des Absorptionsvolumens abgezogen werden können. Es wäre also theoretisch durchaus angängig, mit unabgekochtem Wasser Untersuchungen anzustellen, wenn man die angegebene Absorptionsmenge berücksichtigt. Indessen ist es doch zu empfehlen, in der Apparatur selbst das destillierte Wasser auszukochen und die Absorptionsluft durch einen der Arme zu entfernen, wobei es freisteht, diesen Vorgang öfters zu wiederholen, um möglichst reine Untersuchungsbedingungen zu erreichen. Zunächst wird man auch dann meist eine kleine Gasblase erhalten, die $\frac{1}{4}$ ccm nicht erreicht und rechnerisch bei quantitativer Messung das Absorptionsresultat nicht beeinflussen kann, wenn man sich mit Genauigkeiten von 0,1 ccm begnügt.

Arbeitet man mit blutigen Organen und Flüssigkeiten, so ist naturgemäß noch ein anderer Faktor zu berücksichtigen, so lange dieses Blut nicht chemisch verändert ist. Wir wissen, daß das arterielle Blut ganz erhebliche Mengen von gasförmigem Sauerstoff enthält, daß aber schon das venöse Blut sehr viel weniger birgt, und daß endlich das Leichenblut sich wieder anders verhält; wenn nämlich im arteriellen Menschenblut 18–21,6 Vol.-% gelöst sind, so sind im Venenblut im Durchschnitt nur 7,15%, und im Erstickungsblute fanden sich nach *Setchenow*, *Holmgreen* u. a. (zitiert bei *Tigerstedt*) nur 0,96 Vol.-%, die berücksichtigt werden müssen. Indessen besteht die Fähigkeit, zur Absorption geeignetes O₂ zu binden nur so lange, als die roten Blutkörperchen, die die Träger des Vorganges sind, nicht chemisch verändert wurden, wie dies z. B. nicht nur durch Kochen, sondern auch durch Konservierungsflüssigkeiten geschieht, so daß man der Schwierigkeiten überhoben ist, wenn man auf die eingangs gezeigte Weise Konservierungsflüssigkeiten anwendet. Indessen sind auch bei Untersuchung frischer Organe die zur Absorption geeigneten Mengen,

wie sich aus der genannten Zahl ergibt, ziemlich gering und können nach den später zu entwickelnden Überlegungen berücksichtigt werden.

Was die Grenze der Leistungsfähigkeit des quantitativen Sauerstoffnachweises anbetrifft, so wird sie vor allem dadurch gegeben sein, daß das tierische Gewebe O_2 zehrt und über andere Oxydationsstufen zu CO_2 bindet. Um Mißverständnisse zu verhüten, soll betont werden, daß dieses festgebundene O_2 für die Absorptionsanalyse ausscheidet, und daß schließlich gar kein O_2 gasanalytisch in dem durch Kochen gewonnenen Gasgemisch nachweisbar sein dürfte.

Ich erinnere dabei an die Resultate meiner Tierversuche mit künstlichen Luftembolien, bei denen von Tag zu Tag die qualitative Reaktion mit alkalischem Pyrogallol schwächer wurde. Es wird aber voraussichtlich dann möglich sein, durch den CO_2 -Anteil des Gasgemisches weiterzukommen, da vermutlich dieser Faktor bei Lungen, die nicht geatmet haben, viel geringer sein wird, oder vielleicht fehlt, als bei Lungen, die geatmet haben.

Andererseits habe ich für blutreiche Organe bereits angedeutet, daß in den Blutgasen und vielleicht in den Gewebsflüssigkeiten überhaupt ein Faktor enthalten ist, der Berücksichtigung fordert. Hieraus folgt, daß es bei Untersuchung eines Organs auf gasförmiges O_2 schließlich auf den Quotienten zwischen gewonnenem Gasvolumen an O_2 und dem Ursprungsvolumen des zu untersuchenden Organs ankommt, da eben aus jedem Organ gewisse minimale Mengen von gasförmigem O_2 erzielt werden können. Erst von einem bestimmten, allerdings sehr niedrigen Schwellenwert an werden also nachgewiesene Mengen von gasförmigem O_2 entscheidend für stattgehabte Atmung sein, und ähnlich werden sich vielleicht voraussichtlich gewisse Proportionen hinsichtlich von CO_2 -Mengen ergeben, wenn man Lungen, die geatmet haben, und andere Organe vergleicht.

Enthalten aber Magen und Darm von Neugeborenen, in der von mir beschriebenen Weise unterbunden und untersucht, O_2 , so ist dies bei Berücksichtigung der allgemeinen Absorptionsverhältnisse von O_2 in Wasser an sich beweisend für stattgehabte Atmung.

Zum Schluß noch die vorläufige Mitteilung, daß die verschiedenen Arten von Paraffin, manche Öle, Glyceringelatinegemische und ähnliches Vorteile gegenüber dem abgekochten destillierten Wasser bei Untersuchung von Lungen zu bieten scheinen, besonders dann, wenn sie mit bestimmten antiseptischen Zutaten versetzt sind. Über die Ergebnisse der im Gange befindlichen Untersuchungen nach dieser Richtung sowie über den Schwellenquotienten für den Nachweis stattgehabter Atmung bleibt weiterer Bericht vorbehalten.