

(Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Berlin. — Direktor:
Geh. Med.-Rat Professor Dr. F. Strassmann.)

**Über den qualitativen und quantitativen Nachweis von
Sauerstoff in Lungen- und Darmgasen von Leichen und
seine Anwendung bei der gerichtsarztlichen Feststellung
der Atmung Neugeborener.**

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

Mit 3 Textabbildungen.

In Nr. 9 des Jahrgangs 1927 der Medizinischen Klinik habe ich eine kurze Mitteilung über ein Verfahren gegeben, nach dem es möglich war, die Gase der Leichenlunge und die Darmgase der Leiche gasanalytischer Untersuchung zuzuführen. Die von mir beschriebene Methode gestattete zum ersten Male, die Gase der Leichenlunge vom Lungengewebe selbst zu trennen und ferner sich so viel Darmgase zu sichern, wie man nur irgendwie brauchen konnte. Die Untersuchungen nahmen ihren Ausgang von den Schwierigkeiten, die sich ergaben, als es sich darum handelte, die Sauerstoffreaktion mit alkalischem Pyrogallol auch für das O₂ der Lungen anzuwenden. Es zeigte sich nämlich, daß jedes tierische Gewebe, solange es nicht gekocht oder nicht anderweitig chemisch schwer verändert ist, mit alkalischem Pyrogallol eine intensive O₂-Reaktion gibt, wahrscheinlich deswegen, weil der Blutfarbstoff und die Gewebszellen noch lange nach dem Tode des Individuums die Fähigkeit behalten, O₂ in irgendeiner Weise zu binden, so daß es für die alkalische Pyrogallollösung aktionsfähig bleibt. Es schien nur keine Möglichkeit vorhanden, diesen Gewebs-O₂ von dem gasförmig in der Lunge enthaltenen O₂ zu unterscheiden, bis es gelang, durch Kochen den gasförmigen O₂ der Lunge von dem Gewebs-O₂ zu trennen und diesen gleichzeitig zu inaktivieren. Von den Vorversuchen sei erwähnt, daß alles Körpergewebe, was gekocht worden ist, mit alkalischer Pyrogallollösung zusammengebracht werden kann, ohne daß eine Reaktion eintritt. Wird aber Lunge gekocht und gelingt es, das Lungengas aufzufangen, so ist dieses Gas ebenso wie die atmosphärische Luft imstande, die alkalische Pyrogallollösung zu bräunen, so daß auf diese Weise der Nachweis des O₂ gegeben ist. Weitere

Schwierigkeiten erwuchsen natürlich aus dem Umstände, daß in gewöhnlichem Leitungswasser reichlich O₂ gelöst ist; es folgt daraus, daß dieses Leitungswasser für die hier im Auge behaltenen Zwecke nicht brauchbar war, und daß man destilliertes Wasser anzuwenden gezwungen war, wenn man brauchbare Resultate erzielen wollte; aber auch das destillierte

Wasser nimmt dann wieder O₂ auf, wenn es mit Luft in Berührung kommt, so daß es sich als notwendig erwies, das destillierte Wasser, was zu dem O₂-Nachweis in der Lunge gebraucht wurde, kurz vor dem O₂-Nachweis abzukochen.

Die in der angezogenen Arbeit angewandte Methode wurde im Laufe der Zeit in mancher Beziehung modifiziert. Zwar blieb der Kochkolben mit seinen Ansatzarmen und dem eingeschliffenen Glasstöpsel im ganzen unverändert, doch erwies es sich für manche Zwecke als untunlich, den Überdruck einfach in ein großes Gefäß mit Wasser abzuleiten, weil auf diese Weise zu große Flüssigkeitsmengen in Aktion traten, und die chemische quantitative Analyse dieser Flüssigkeiten unter Umständen Schwierigkeiten bereiten konnte. Es erwies sich des-

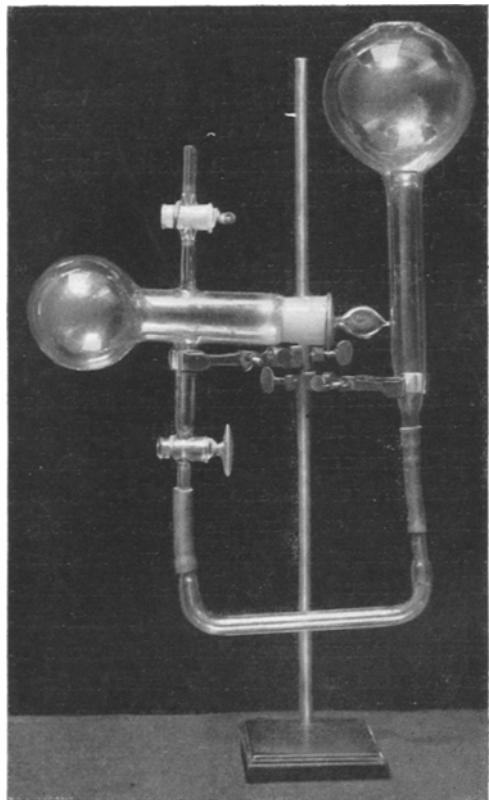


Abb. 1. Linker Teil der Apparatur: Kochkolben, rechter Teil Ausgleichskolben; die Verbindung erfolgt durch das U-Röhrensystem. Montage auf Stativ.

halb als empfehlenswert, den Überdruck durch ein U-förmig gestaltetes Ausgleichssystem zu ersetzen, und zwar gelangte ich im Laufe der Untersuchungen dahin, den Ausgleichskolben voluminöser zu gestalten und die U-Verbindung durch besondere Verbindungen mit Ausgleichskolben und Kochkolben zu vereinigen (Abb. 1). Im übrigen zeigte es sich, daß das Röhrensystem beliebig lang gestaltet werden konnte und beliebige Formen möglich waren. So war es z. B. möglich, eine Glasschlange zu benutzen und diese durch ein Kniestück mit dem Kochkolben zu ver-

binden, Hauptsache war bei allen diesen Ausgleichssystemen, daß ein Teil des Kniestücks bzw. der U-Verbindung mit destilliertem Wasser gefüllt war, so daß beim Erhitzen des Kochkolbens atmosphärische Luft in dem Kochkolben nicht aufsteigen konnte.

Wurde nun Lunge in dem Kochkolben mit frisch abgekochtem destilliertem Wasser zusammengebracht, das Ausgleichssystem in geeigneter Weise mit abgekochtem destilliertem Wasser beschickt und wurde der Kochkolben erhitzt, so gab die Lunge ihre Gase ab, und gleichzeitig konnte sich der Überdruck durch das U-Röhrensystem bzw. den offenen Kolben ausgleichen. War das Gas der Lunge vom Gewebe getrennt und ließ man die Apparatur erkalten, so zeigte es sich, daß die ausgekochte Lunge allmählich untersank, während das Gas sich oben ansammelte und beliebiger Untersuchung zugeführt werden konnte. War in der Apparatur Darm vorhanden, und zwar in der Weise, daß durch Catgut abgefangene wurstförmige Darmenden in den Kochkolben gebracht waren, so zeigte es sich beim Erhitzen, daß das Catgut sich löste bzw. der Darm platzte und sich am höchsten Pol des Apparates das Gas ansammelte, das nun seinerseits zur Untersuchung bereitstand.

Bei qualitativer Untersuchung auf O_2 wird das gewonnene Gas einfach in Vorlagen ge-

saugt, die mit konzentrierter Kalilauge beschickt sind. Befindet sich das Gas in der Vorlage, so wird 10—20 proz. Pyrogallol nachgesaugt, wobei sofort bei Anwesenheit von O_2 die charakteristische Schwarzfärbung eintritt. Begnügt man sich mit der qualitativen Reaktion, so sind Vergleichsproben mit einem indifferenten Gas, z. B. Leuchtgas, notwendig bei Anwendung der gleichen Reagentien. Der quantitative Nachweis von O_2 , der selbstverständlich vorzuziehen ist, läßt sich mit der unten zu beschreibenden Apparatur leicht ausführen.

Die Bewegung der gewonnenen Gase kann auf verschiedene Weise erfolgen, z. B. sehr zweckmäßig und einfach durch Arbeiten mit dem Niveaugefäß, wie dies in der gasanalytischen Technik allgemein üblich ist. Ich selbst habe in meinen früheren Arbeiten auch auf die Woulffesche Flasche als Saugapparat hingewiesen. Neuerdings arbeite ich neben dem Niveaugefäß auch mit einem von mir konstruierten Apparat, mit dem es möglich ist, Gas- und Flüssigkeitsmengen beliebig zu bewegen bzw. auszutauschen (Abb. 2).

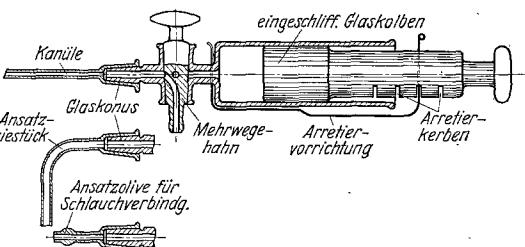


Abb. 2.

Der Apparat, der gesetzlich geschützt ist, besteht aus einem Zylinder mit eingeschliffenem Glaskolben; er trägt an seinem Kopf einen Zweifwegehahn, der je nach der Stellung ein Ansaugen von Flüssigkeiten oder Gasen gestattet oder Gase bzw. Flüssigkeiten, die sich im Glaskolben befinden, in beliebige Vorlagen einpressen läßt. Die Apparatur ist ferner dadurch ausgezeichnet, daß in ihr ein Vakuum geschaffen werden kann, das sich durch eine Sperrvorrichtung so lange festhalten läßt, bis die Zeit des Gebrauches herankommt. Es tritt also erst dann in Erscheinung, wenn die Hahnstellung so ist, daß ein Ansaugen der Flüssigkeiten oder Gase möglich ist. Die angesaugten Flüssigkeiten oder Gase können dann, wie schon erwähnt, an beliebige andere Stellen dislociert werden. Es gelingt mit dieser Apparatur, die einen geringen Raum einnimmt, sehr leicht, das im Kolben befindliche Gas einzusaugen, wenn man einen Arm des Kochkolbens in einen Zylinder mit destilliertem Wasser taucht, der das Nachströmen von destilliertem Wasser zum Ersatz des abgesaugten Gases gestattet. Es ist natürlich, wenn es sich um Gasuntersuchungen handelt, notwendig, in den beschriebenen Apparat zunächst destilliertes Wasser zu saugen und dieses durch den Kopfhahn beliebig abzuleiten, so daß ein Ansaugen durch destilliertes Wasser in den Apparat nachher möglich ist. Handelt es sich um die Schaffung eines Vakuum, um Gase in einer Vorlage zu bewegen, die mit dem Kochkolben bereits verbunden ist, so ist die vorherige Füllung des Saugapparates nicht notwendig, sondern es kann die direkte Saugwirkung auf die Vorlage ausgenutzt werden.

Bei Untersuchungen im Institut für gerichtliche Medizin der Universität Berlin, die mit der beschriebenen Methode angestellt wurden, zeigte es sich, daß O_2 im allgemeinen qualitativ immer dann nachweisbar war, wenn die Lunge ihre Schwindfähigkeit behalten hatte und letztere nicht lediglich durch Fäulnis bedingt war; auch Lungen, die einige Tage in Konservierungsflüssigkeiten gelegen hatten, gestatteten den qualitativen Nachweis. Dabei wurde natürlich beachtet, daß Konservierungsflüssigkeiten an sich O_2 absorbieren können, so daß ein sorgfältiges Abtropfen mit nachfolgendem Abtrocknen an Filtrerpapier vorgenommen wurde, obwohl an sich die minimalen Mengen des in den Tropfen gelösten O_2 keine Rolle spielen könnten gegenüber den relativ großen Gasmengen, die das Kochen im Kolben lieferte. Immerhin regte gerade der Hinweis *Pregls* in Graz 1927 auf diese kleinen gelösten Mengen O_2 als Fehlerquellen dazu an, die ganze Untersuchungsmethode auf den quantitativen Nachweis vom O_2 nach dem später zu beschreibenden Verfahren umzustellen. Doch konnten bereits mit der qualitativen Methode unter den beschriebenen Vorsichtsmaßregeln bemerkenswerte Resultate erzielt werden, so auch in einem Falle, der Juni 1927 von Professor *Strauch* und mir obduziert wurde.

Es handelte sich um ein unbekanntes neugeborenes Mädchen von 51 cm Länge und 2250 g Gewicht, das am 23. VI. 1927 im Viktoriapark im Gebüsch von einem Parkwächter gefunden wurde. Die Leiche war in graues Packpapier gewickelt; sie trug um den Hals — was übrigens die Kriminalpolizei nicht bemerkt hatte — eine vierfach drosselnde Schnur, die scharf in den Hals einschnitt. Zwischen den Schnüren lagen Hautkämme und nach Entfernung des Schnürwerkzeugs sah man tiefe Furchen um den Hals herumziehen, zwischen denen die erwähnten Kämme lagen. Die sehr faule Leiche zeigte auf der Lunge teilweise Marmorierungen, teilweise große Gasblasen; sie sah hellrosa aus und schwamm vollständig. Auch vom Darm schwammen etwa 20 ccm samt dem Magen. Im Gutachten sprachen wir uns dahin aus, daß als Todesursache Erdrosselung anzunehmen sei, wenn das Kind gelebt habe; wir behielten uns zur Feststellung des Lebens sowohl die mikroskopische Untersuchung als auch die gasanalytische Untersuchung der Lungen vor, die einige Tage später vorgenommen wurde, nachdem wir die Lunge unter leichter Beschwerung in Formalin gehärtet hatten.

Nachdem in dem Kochkolben das Gas vom vorher abgetrockneten Lungengewebe getrennt war, wurde dann die Untersuchung mit alkalischem Pyrogallol vorgenommen. Es zeigte sich, nachdem die Reaktionsfähigkeit der Lösung vorher festgelegt war, eine sehr starke Braunkärbung mit dem unter allen Kautelen gewonnenen Gasgemisch, während Kontrollproben mit der Lunge eines totgeborenen Kindes negativ blieben, die ebenfalls große Gasblasen aufwies, nachdem es der Fäulnis in Spreewasser ausgesetzt war. Das gewonnene positive Resultat war in diesem Fall um so wertvoller, als die mikroskopische Untersuchung der Lungen ein völlig unsicheres Ergebnis zeitigte. Es fand sich nämlich nirgends die gewöhnliche Lungenbläschenzeichnung, sondern überall große runde Hohlräume, kurz das Bild, das man bei faulen Lungen Neugeborener gewöhnt ist.

Es war zufällig noch möglich, die gasanalytische Methode zum Vergleich in einem Falle heranzuziehen, der 1927 großes Aufsehen erregte.

Es handelte sich nämlich um den Fall des Dienstmädchens Oe., das bei dem Seifenhändler G. tot vorgefunden und am 8. VIII. von *Fraenckel* und mir gerichtlich obduziert wurde. Zwischen den Oberschenkeln der Leiche lag in den unverschrten Fruchthüllen eine Frucht von erheblicher Länge, sie war vollständig faul und auch die Lungen wiesen Gasblasen auf, die nach der angegebenen Methode einer gasanalytischen Untersuchung unterzogen werden konnten. Es zeigte sich auch in diesem Falle, daß die Reaktion völlig negativ blieb, ein Resultat, das das positive Ergebnis bei dem erdrosselten neugeborenen Mädchen um so bemerkenswerter macht.

Endlich habe ich bei einem von Herrn Geheimrat *Strassmann* obduzierten Neugeborenen in Magen und Darm O₂ nachweisen können, während in den Lungen Atmung nicht nachweisbar war.

Wegen der Notwendigkeit, bei dem qualitativen O₂-Nachweis Kontrollproben mit indifferenten Gasen anzustellen, schien es von vornherein wünschenswert, das gewonnene Gas quantitativ zu bestimmen. Die Büretten nach *Bunte* und *Hempel* sind an sich in der Hand eines geübten

Gasanalytikers natürlich hierzu geeignet, sie sind aber im allgemeinen für größere Gasmengen bestimmt, während die *Kroghsche Mikroapparatur* zur Analyse kleinster Gasmengen, etwa bei Insektenstoffwechselversuchen, angewandt wird; für die mittleren Gasmengen, um die es sich bei den gerichtlich-medizinischen Versuchen handelt, habe ich deshalb eine neue Apparatur zusammengestellt, die prinzipielle Verschiedenheiten



Abb. 3. Links: die übereinander gelagerten Hohlkugeln, die zur Aufnahme von Pyrogallol und zur Aufnahme von Kalilauge und dem zu untersuchenden Gase bestimmt sind; rechts: die angeschlossene Registrierbürette.

von den angegebenen Apparaturen aufweist (Abb. 3). Eine dieser Verschiedenheiten besteht darin, daß die O₂ absorbierende Flüssigkeit, d. h. das alkalische Pyrogallol, erst mit dem Beginn der Analyse entsteht. Dies wird dadurch erreicht, daß Kalilauge und Pyrogallol in 2 übereinander gelagerten Hohlkugeln gehalten werden, die durch einen breiten Hahn in Verbindung stehen. Eine Hohlkugel wird vollständig mit Kalilauge gefüllt, die andere mit Pyrogallol. Im Verbindungshahn befindet sich destilliertes Wasser, mit dem am Anfang der Untersuchung beide Hohlkugeln gefüllt werden müssen. In die Hohlkugel, die Kalilauge

enthält, wird das gewonnene Gas eingesaugt, wobei sofort etwa vorhandenes CO_2 absorbiert wird, auf einen der Seitenarme der Kalilaugen-Hohlkugel wird eine kalibrierte Bürette montiert, die ebenfalls mit Kalilauge gefüllt ist. Der Abschluß des mit Kalilauge gefüllten Systems geschieht in der Bürette mit einem Öltropfen zum Schutze gegen O_2 der atmosphärischen Luft. Zum Nachweis der Absorption braucht jetzt nur der Verbindungshahn zwischen den beiden Hohlkugeln in Verbindungsstellung gedreht werden, so daß sich Pyrogallol und Kalilauge mischen können, wobei natürlich die zu untersuchende Gasblase aus der unteren Hohlkugel in die obere steigt. Die Absorption geht nun sofort vonstatten und kann in der Seitenbürette abgelesen werden, da natürlich mit steigender Resorption an dieser die Flüssigkeitssäule sinkt. Die Resorption geht bei Zimmertemperatur rasch und sinnfällig vonstatten. Soll eine genaue Berechnung stattfinden, so sind Barometerdruck und Temperatur zu berücksichtigen und ist nach den bekannten Formeln die Reduktion des Resultates vorzunehmen, worüber Näheres in Treadwell 1928, 2. Bd., Teil III und Rona 1928, Praktikum der physiologischen Chemie, nachgesehen werden kann.

Die beschriebene Apparatur eignet sich auch zum quantitativen Nachweis von O_2 durch alkalisches Natriumhydrosulfit, sowie zum quantitativen Nachweis anderer Gase, wenn zusammengesetzte Absorptionsflüssigkeiten angewandt werden, deren Vereinigung analog von Kalilauge und Pyrogallol erfolgen kann.

Darauf, daß diese quantitative Bestimmung des Sauerstoffs auch für den Nachweis der Luftembolie unter Anwendung der von mir in dieser Zeitschrift beschriebenen Apparatur der qualitativen colorimetrischen an Exaktheit überlegen ist, sei schließlich hingewiesen.¹

¹ Die gesamte Apparatur ist bei Geißler & Co., Berlin W 50, Schaperstr. 32, erhältlich.