

**Bemerkungen zur vorstehenden IV. Mittheilung von Herrn T. Araki  
über die Wirkungen des Sauerstoffmangels.**

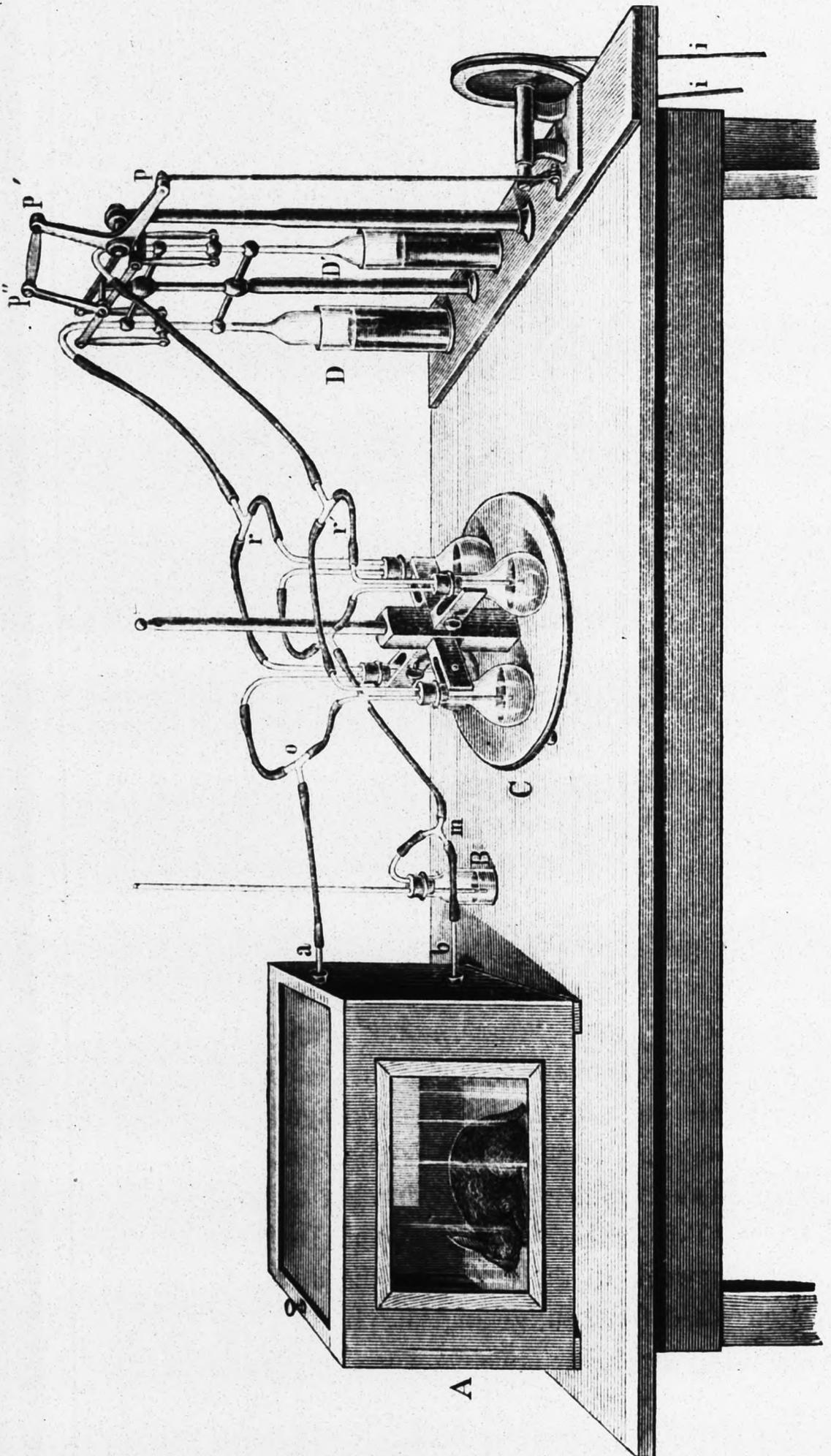
Von

**F. Hoppe-Seyler.**

In seinen früheren Mittheilungen über die Ausscheidung von Milchsäure und Glycose im Harn gesunder, gut genährter Thiere hat Herr Araki die Einwirkung verschiedenartiger Stoffe beschrieben, welche in dieser Hinsicht übereinstimmen. Bei seinen jetzigen Untersuchungen über die Beziehungen dieser Ausscheidungen der Nieren zum Glycogengehalt der Leber und der Muskeln, sowie zum Alkaligehalte des Blutes dieser Thiere und zur Aenderung der Reaction des Harnes hat Herr Araki zur Herstellung des Sauerstoffmangels sich auf die Anwendung der Vergiftung mit Kohlenoxyd, oder mit Amylnitrit oder endlich der Athmung der Thiere in sauerstoffarmer Luft beschränkt. Diese Auswahl erscheint gewiss gerechtfertigt, weil bei den letztgenannten Einwirkungen jeder Zweifel an dem wirklich vorhandenen Sauerstoffmangel ausgeschlossen war und die Ausführung der Versuche keine erhebliche Schwierigkeiten darbot, auch die Versuchsthierc keinen Qualen ausgesetzt zu werden brauchten. Die Einwirkung starker Abkühlung oder der Vergiftung mit Strychnin, welche gleichfalls reichliche Ausscheidung von Glycose und Milchsäure bewirken, sind nicht so entschieden beweisend, weil das Zustandekommen des Sauerstoffmangels complicirter erscheint, auch sind diese Versuche für die Thiere quälend.

Unter den obengenannten 3 Einwirkungsarten dürfte die Anwendung der sauerstoffarmen Luft als das Verfahren angesehen werden, welches die sichersten Resultate liefert, weil die Thiere in diesen Versuchen im Uebrigen sich unter ganz normalen Verhältnissen befanden, insbesondere auch ein erhöhter  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der eingeathmeten Luft ganz ausgeschlossen war. Für diese Versuche hat sich Herr Araki eines Apparates bedient, den ich bereits vor längerer Zeit für zahlreiche Versuche anderer Art, besonders aber zur Auffindung der Grenze des Sauerstoffdruckes in der Luft, unter welcher das Leben der warmblutigen Thiere nicht mehr bestehen kann, benutzt habe. Auch von Stroganow ist in seinen vor langer Zeit im physiologisch-chemischen Institute angestellten Untersuchungen eine sehr ähnliche Apparatanordnung verwendet.

Der von Herrn Araki benutzte Apparat ist im beigefügten Holzschnitte abgebildet. Er besteht aus einem ziemlich luftdichten Kasten A, dessen Deckel als Schieber geöffnet werden kann; in diesem Behälter befindet sich das Versuchsthier. An Stelle des Kastens A kann eine auf abgeschliffener Glasplatte luftdicht aufgesetzte tubulirte Glasglocke verwendet werden. B ist ein theilweise mit Wasser gefülltes Fläschchen, C ein Stativ mit 4 mit Kalilauge von 1,27 spec. Gew. theilweise gefüllten Waschflaschen. D und D' sind unten offene, oben in engere Röhren verlängerte Glascylinder, welche durch einen kleinen Wassermotor (von Schmid, Zürich) mittelst Transmissionen  $i, i, p, p', p''$  in den Quecksilberbehältern auf und ab bewegt als Pumpen wirken, deren Ventile die mit Kalilauge gefüllten Waschflaschen in C darstellen. Die aus dem Thierbehälter A oben durch a austretende Luft geht durch das T-Röhrchen o, je nachdem D oder D' sich gerade aufwärts bewegt, in die eine oder die andere der beiden angefügten Waschflaschen, gelangt durch die Kalilauge streichend in den im Quecksilber aufsteigenden Glascylinder und wird, wenn derselbe wieder abwärts sich bewegt, durch das Röhrchen r (aus D) oder durch r' (aus D') wieder durch Kalilauge getrieben durch m in die kleine Flasche B und von dort



durch b in den Thierbehälter A eingeleitet. Bei dem Auf- und Abgehen von D und D' wird also von a her abwechselnd Luft nach beiden Cylindern angesaugt und dann wieder nach b zurückgepresst; indem dabei die Luft bei der Hin- und Rückbewegung der Cylinder D und D' jedesmal durch Kalilauge streichen muss, strömt gleichzeitig ein ebenso grosses Luftvolumen von A her in die Cylinder ein, als aus denselben nach dem Behälter A zurückkehrt.

Durch den Stopfen der kleinen Flasche B ist ein oben und unten offenes, senkrechtes Glasrohr so tief eingesteckt, dass das untere Ende unter dem Wasserniveau steht. Das T-Röhrchen m communicirt mit dem Luftraum in B. Da die von dem Thier ausgeathmete  $\text{CO}_2$  durch die Kalilauge absorbiert wird, erleidet das im Behälter und Röhrensysteme des Apparates abgeschlossene Luftvolumen bei gleichbleibender Temperatur und unverändertem Barometerstand eine Aenderung nur entsprechender Aufnahme von Sauerstoff aus der inspirirten Luft im lebenden Thiere. Entsprechend dieser Druckabnahme strömt durch das offene senkrechte Rohr und das Sperrwasser in B atm. Luft von aussen ein, so dass bei dem Ersatz des verschwindenden Sauerstoffs durch atm. Luft im Athemraum des Thieres der Sauerstoffprocentgehalt weiter und weiter abnimmt.

Will man dann bei einem bestimmten Gehalte an  $\text{O}_2$  dieser abgeschlossenen Luft diesen Gehalt für längere Zeit fixiren, so verbindet man, sobald dieser Gehalt hergestellt ist, das obere Ende des senkrechten offenen Glasrohres in B mit einem Sauerstoffgasometer unter Atmosphärendruck, so dass von da ab der durch die Athmung des Thieres aufgenommenen Sauerstoff durch Sauerstoff aus dem Gasometer ersetzt wird.

Das Verhalten des Thieres lässt nun recht wohl erkennen, ob bereits ein erheblicher Sauerstoffmangel eingetreten ist. Es ist durchaus nicht starke Dyspnö, welche denselben kennzeichnet, sondern zunehmende Mattigkeit und Unfähigkeit sich aufrecht zu erhalten, Hinabsinken des Kopfes u. s. w.

In mehreren neueren Arbeiten und besonders im neuen Lehrbuch der Pathologie des Stoffwechsels von v. Noorden,

Berlin 1893, wird auf Fälle von bedeutender Dyspnö und hochgradiger Circulationsstörungen hingewiesen, in welchen Glycose und Milchsäure im Urin vergeblich gesucht wurden. Dieser Befund entspricht unsern Beobachtungen an Thieren, welche entweder durch fieberhafte Krankheiten geschwächt waren oder im vorgerückten Hungerzustand sich befanden. Es ist ausserdem wohl zu beachten, dass bei Thieren, die gesund und gut genährt sind, ein vorgerückter Zustand des Sauerstoffmangels nicht durch Dyspnö angegeben wird, sondern durch Lähmungen der Motilität, der Sensibilität und Verlust des Bewusstseins, wie dies am Besten geschildert ist in dem Berichte von Tissandier über die Ballonfahrt, bei welcher Sivel und Crocé-Spinelli das Leben verloren im Jahre 1875 am 15. April. Dieselben allgemeinen Erscheinungen zeigt der Sauerstoffmangel durch starke Temperaturerniedrigung, durch Vergiftung mit CO oder Amylnitrit.

Weitere Mittheilungen über das Zustandekommen der Oxydationen in den Muskeln bei ihren Contractionen hoffe ich, bald bringen zu können. Man hat sich so sehr an die Annahme gewöhnt, dass unter normalen Verhältnissen in den thätigen Muskeln Milchsäure gebildet werde, dieselbe in das Blut übertrete und nun in anderen Organen irgend wie verarbeitet werde, dass man sogar hier und da der Ansicht begegnet, als sei ein solcher Vorgang experimental erwiesen. Es wird dabei völlig übersehen, dass diese Meinung den bekannten feststehenden Thatsachen durchaus widerspricht. Die mit der Thätigkeit der Muskeln ausserordentlich stark gesteigerte Ausscheidung von CO<sub>2</sub> und Aufnahme von Sauerstoff wird wohl von keiner Seite mehr bestritten; die mit dieser Thätigkeit Hand in Hand gehende Kohlehydratzersetzung ist durch die besten neueren und neuesten Arbeiten völlig bestätigt. Man muss also zugeben, dass, wenn sich hierbei intermediär Milchsäure bildet, diese irgendwo zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O umgesetzt werden muss. An den Orten aber, wo diese Oxydation stattfindet, muss diesen chemischen Processen äquivalente Anhäufung von Spannung oder Steigerung von Bewegung, Wärmeentwicklung u. dergl. eintreten. Man hat nun

diese starke Wärmeentwicklung auch bei der Muskelthätigkeit gefunden, aber weder in der Leber (welche überhaupt in dieser Frage gar nicht in Betracht kommen kann, weil sie das sauerstoffärmste Organ ist), noch in den Nieren (hier wenigstens nur in geringerem Maasse), sondern ausserordentlich stark in den Muskeln. Die Versuche von Leyden, von Fick und Billroth, von Meade-Smith haben Resultate ergeben von so bedeutender Wärmeentwicklung in den Muskeln bei ihrer Reizung (Tetanisirung) im lebenden Thiere mit ungestörter Circulation, dass durch die Temperaturerhöhung der Tod der Thiere zu drohen scheint. Wie man nun diese Thatsachen in Einklang bringen will mit der Ansicht, in den Muskeln bilde sich Milchsäure, und diese werde in anderen Organen in der einen oder anderen Weise chemisch verändert, kann ich nicht einsehen, es sei denn, man wolle dies nur annehmen bezüglich einer geringfügigen Quantität eines Nebenproductes der Umsetzung des Kohlehydrats, wie ja auch bei der Oxydation des Zuckers durch alkalische Kupferoxydlösung unter den günstigsten Verhältnissen immer noch Spuren von Milchsäure gefunden werden können.

Die angestellten Versuche, von der Anwendung eines partiellen Sauerstoffmangels her zur Erkennung des normalen Spaltungs- und Oxydationsvorgangs vorzudringen, sind bis jetzt von geringem Erfolge gewesen.