Ueber die Methoden, den Sauerstoff im Blute zu bestimmen.

Von

Felix Nawrocki aus **Warschau.*)**

(Unter Dr. L. Meyer's specieller Leitung.)

(Hierzu Tafel I.)

Hoppe**) hat zuerst unsere Aufmerksamkeit auf die merkwürdige Einwirkung des Kohlenoxydes auf das Blut gelenkt. Dasselbe wird durch Kohlenoxyd kirschroth gefärbt; diese Farbe wird weder durch Sauerstoff noch durch Kohlensäure verändert, somit durch das Kohlenoxyd jeglicher Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blute aufgehoben. Beide Arten des normalen Blutes werden durch Auspumpen schwarz, das kohlenoxydhaltige behält seine Färbung. Diese Färbung hält an und lässt sich nicht einmal durch Fäulniss zum Verschwinden bringen.

Hoppe hat ferner eine Methode angegeben, in gerichtlichen Fällen die Vergiftung durch Kohlenoxyd schnell und prägnant nachzuweisen, indem er darthat, dass kohlenoxydhaltiges Blut durch concentrirte Kalilauge mennigroth gefärbt wird, während das normale, wenn es mit Kali in Berührung gekommen ist, eine schmutzig grüne Farbe annimmt. Nach meinem Erachten dürfte auch das Eintrocknen des Blutes einige Anhaltspunkte an die Hand geben. Das normale Blut wird beim Eintrocknen schwarz, das kohlenoxydhaltige verbleibt roth und behält diese Färbung auch nach mehreren Monaten.

Lothar Meyer***) hat Absorptionsversuche mit Kohlenoxyd und Blut angestellt und gefunden, dass Kohlenoxyd sich ganz in derselben Weise

*) Vom Verfasser mitgetheilt.

**) Virchow, Archiv f. path. Anatomie. Bd XI, S. 288 und Bd XIII, S. 104.

***) De sanguine oxydo carbonico infecto. Inauguraldiss. Juli 1858; und Henle und Pfeufer's Zeitsch. f. rat. Med. 1858, Sept.

verhalte, wie Sauerstoff. Es wird in derselben Menge wie Sauerstoff vom Blute aufgenommen, und ebenso ist die aufgenommene Menge vom Drucke unabhängig. Ferner hat Lothar Meyer dargethan, dass, wenn Kohlenoxyd zum Blut zugelassen wird, welches bereits Sauerstoff aufgenommen hat, der Sauerstoff durch ein gleiches Volumen des Kohlenoxydes im Blute ersetzt wird.

Claude Bernard, der bereits im April 1856 Versuche über das Verhalten des Kohlenoxydes zum Blute angestellt hat, gibt in seinen: „*Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses*. Paris 1857. p. 172“ an, dass das Kohlenoxyd den Sauerstoff im Blute ersetze. Er gründete darauf eine elegante und leicht anwendbare Methode, den Sauerstoff im Blute zu bestimmen, die er in „*Comptes rendus*“ Sept. 1858 zuerst publicirt und in seinen: „*Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme* I. Paris 1859. p. 365 ff.“ näher beschrieben hat.

In dem chemischen Laboratorio des hiesigen physiologischen Institutes versuchte ich unter Leitung Dr. Lothar Meyer's experimentell die Frage zu beantworten, ob es nicht irgend wie möglich sei, das Kohlenoxyd aus dem Blute wieder zu vertreiben. Ausgehend von der Beobachtung, dass das Stickoxydul sehr begierig vom Blute aufgenommen wird*), dass dieses Gas von allen Gasen ausser Sauerstoff einigermaßen für lebendige Wesen zuträglich ist, versuchte ich, ob es vielleicht nicht im Stande wäre, das Kohlenoxyd aus dem Blute frei zu machen. Als ich negative Resultate erhielt, suchte ich denselben Zweck zu erreichen durch ein Gemisch aus gleichen Theilen Sauerstoff und Stickoxydul. Doch auch in diesem Falle gelang es mir nicht, Kohlenoxyd aus dem Blute zu entfernen. Ausserdem habe ich mich überzeugt,

*) Herr stud. Theodor Jürgensen führte schon vor längerer Zeit im Laboratorio des Institutes eine Versuchsreihe aus, die von luftfreiem Blute aufgenommene Menge dieses Gases quantitativ zu bestimmen. 100 Volumina Blut nahmen auf:

bei 18,7 °C. und 0,4143 M. Druck 29,9 Vol. gem. bei 0° und 1 M.

„ 18,9 „ „ 0,5218 „ „ 35,1 „ „ „

„ 18,9 „ „ 0,6943 „ „ 45,6 „ „ „

„ 18,9 „ „ 0,7152 „ „ 47,0 „ „ „

Das Blut verhält sich also gegen Stickoxydul kaum anders als ein gleiches Volumen Wasser. Denn nach Bunsen's Versuchen würden 100 Vol. Wasser unter denselben Umständen aufnehmen resp.

29,9 36,3 47,8 und 49,7 Vol.

gemessen ebenfalls bei 0° und 1 M.

dass das Kohlenoxyd weder durch Ludwig's Gaspumpe, noch durch überschüssigen Sauerstoff aus dem Blute entfernbar ist.

Durch diese Versuche wurde ich auf die Claude Bernard'sche Methode, den Sauerstoff quantitativ im Blute zu bestimmen, hingeleitet. Da diese Methode sehr einfach und leicht ausführbar ist, so hielt ich es der Mühe werth, darüber Versuche anzustellen, ob dieselbe wirklich genaue Resultate liefere. Es schien diess um so wünschenswerther, als Claude Bernard die Richtigkeit seiner Methode nur daraus erschlossen hatte, dass die von ihm erhaltenen Sauerstoffmengen im Hundeblute nicht allzusehr von den Magnus'schen Zahlen differirten.

Am einfachsten war diese Frage zu lösen durch gleichzeitige Bestimmung des Sauerstoffs in zwei ganz gleichen Blutportionen nach dieser und nach einer andern schon bewährten Methode; und als solche glaubte ich die in den letzten Jahren in C. Ludwig's Institute ausgebildete*) wählen zu müssen.

Zuerst handelte es sich darum, zwei ganz gleiche Theile Blut zu erhalten. Zu diesem Zwecke fing ich das Blut aus der *Carotis* eines Hundes in einem mit Quecksilber gefüllten Bunsen'schen Gasometer auf.***) Es wurde dann die untere Oeffnung des Gasometers mit einem gut schliessenden Pfropfen verstopft, und das Blut mit Quecksilber ungefähr eine Viertelstunde lang geschüttelt, um es von Faserstoff zu befreien.

Durch bekannte Manipulationen wurde nun das defibrinirte Blut, ohne mit der Luft in Berührung zu kommen, aus dem Gasometer in das zum genauen Abmessen eines bestimmten Volumens dienende Gefäss hinübergetrieben. Die Einrichtung des letzteren wird, hoffe ich, aus der Fig. 1, Taf. I. zur Genüge ersichtlich. Es ist eine Art Glaspipette, die an der verengten Stelle eine Marke *u* besitzt.

Durch die untere Oeffnung dieser mittelst des eingesetzten Eingussrohres *A* mit Quecksilber gefüllten, in der Wanne stehenden Pipette, lässt man, nach Entfernung jenes Rohres, so lange Blut aufsteigen, bis es nicht nur das eigentliche Maassgefäss *B*, sondern auch den untern glockenförmigen Theil *C*. z. Th. erfüllt. Nun giesst man durch das wiedereingesetzte Rohr *A* tropfenweise Quecksilber hinzu, bis das Blut bis an die Marke *u* verdrängt ist. Die genaue Einstellung bringt man

*) J. Setschenow, Beiträge zur Pneumatologie des Blutes. Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1859. Bd. XXXVI S. 293. A. Schöffler, Die Kohlensäure des Blutes und ihre Ausscheidung durch die Lunge. *ibid.* Bd. XLI S. 589.

**) Bunsen, Gasometrische Methoden p. 22.

dadurch zu Stande, dass man zuletzt die Pipette in der Wanne etwas emporhebt, und sie wieder einsenkt, sobald das Quecksilber die Marke *u* erreicht hat. Um den Rauminhalt dieser Pipette zu bestimmen, füllt man dieselbe bis zur Marke *u* mit Wasser, und treibt dasselbe in ein in der Wanne stehendes ganz mit Quecksilber gefülltes und calibrirtes Absorptionsrohr hinüber. Durch Ablesen des Quecksilberstandes nach dieser Ueberführung erhält man das Volumen des Wassers unmittelbar durch dieselbe Volumeneinheit ausgedrückt, durch welche die Gase gemessen werden. Vermittelst dieser Pipette kann man nun wohlabgemessene gleiche Theile Blut ohne Luftzutritt bequem in jedes andere Gefäss hinüberführen.

Um die beiden Methoden, den Sauerstoff im Blute zu bestimmen, mit einander zu vergleichen, verfuhr ich folgendermassen: In der einen Quantität Blut bestimmte ich den Sauerstoff vermittelst der Ludwig'schen Gaspumpe in der von Setschenow*) beschriebenen Weise. Eine zweite behandelte ich mit Kohlenoxyd, und zwar folgendermassen:

Zum Messen des Gases diente ein nach dem Princip des Bunsen'schen Gasometers erbautes Eudiometer. Das Ausflussrohr wurde, um eine Kautschukverbindung zu vermeiden, einfach an das obere Ende des Eudiometers angelöthet und zusammen mit demselben calibrirt. Das Gas wurde auf bekannte Weise vollständig in das Gefäss Fig. 2 *B* hinübergetrieben. Die untere Oeffnung dieses kann nach Belieben sowohl mit dem Eingussrohr *A*, als auch mit dem eisernen Fuss *C* versehen werden. Eine in Coulissen gleitende mit Kautschuk versehene eiserne Platte *t* kann vermittelst der Schraube *r* an die untere Oeffnung *B* angepresst werden; so wird hier der luftdichte Verschluss auf ähnliche Weise zu Stande gebracht, wie bei dem Bunsen'schen Absorptiometer neuerer Construction. In dieses bereits Kohlenoxyd enthaltende Gefäss wird die zweite Quantität Blut hinübergeführt.

Da an der für das hiesige physiologische Institut construirten Ludwig'schen Gaspumpe, die ich benutzte, Herr Dr. Meyer einige Veränderungen hat anbringen lassen, die, wie es scheint, den Apparat in seiner jetzigen Form bequemer handhaben lassen, so erscheint es mir nicht unzweckmässig, denselben hier näher zu beschreiben und durch eine Abbildung zu erläutern.

Fig. 3 stellt den ganzen Apparat in $\frac{1}{12}$ der natürlichen Grösse dar, Fig. 4 dagegen den verticalen Durchschnitt des mittlern Theiles. In der eisernen Platte *A* befindet sich ein querer Kanal, von dem aus

*) Setschenow a. a. O.

zwei kurze verticale Kanäle nach oben zu führen. Auf die Mündung des einen verticalen Kanales wird das starke gläserne Gefäß *B* von ungefähr $\frac{3}{4}$ Liter Capacität aufgeschraubt, das zur Erzeugung des Vacuums dient. Dieses Gefäß besteht aus zwei auf der Hütte zusammengelötheten Theilen. Das obere Stück hat ungefähr die Gestalt eines Ellipsoids; es läuft nach unten wie nach oben in eine offene Spitze aus. An die obere Spitze wird vermittelt einer dicken Kautschukröhre das im Lichten etwa 2 Millim. messende dickwandige Rohr *M* angefügt, welches die Gase aus dem Vacuum in die Wanne *N* zu führen bestimmt ist. Die untere schräg abgeschnittene Spitze ragt etwa 2—3 Centim. in das untere kuglige Stück *b* hinein; dieses endet nach unten in eine dickwandige Röhre, die in die eiserne Fassung *c* eingekittet ist. Auf dem vorspringenden Rande letzterer läuft die Schraubenmutter *p*, vermittelt welcher das Gefäß auf den mit einer gut gefetteten, nicht vulkanisirten Kautschukplatte versehenen Fortsatz *a* aufgeschraubt ist. Dieser Verschluss ist leicht anzulegen und leicht zu lösen. Er ist vollkommen luftdicht, wenn nur die einander berührenden Flächen eine genügende Breite (circa 4 Centim. im Durchmesser) haben, und die Schraubenmutter vermittelt eines starken Schlüssels gut angezogen wird. An dem untern Theile *b* befindet sich auch ein horizontales Ansatzrohr *d*, an welches das Blutgefäß *e* von ungefähr 40 CC. Inhalt vermittelt einer dicken Kautschukröhre befestigt wird. Man schafft sich zweckmässig mehrere Gefäße *B* und mehrere Röhren *M* an, um, wenn man mit einer Auspumpung fertig ist, sofort statt des gebrauchten ein neues Gefäß *B* sammt neuem Rohre *M* anschrauben zu können.

An die Mündung des zweiten verticalen Kanales ist das Hahnstück *i* eingeschraubt und in dieses das Eingussrohr *C* eingekittet. Dieses Eingussrohr endet nach oben zu trichterartig und wird der grösseren Sicherheit halber durch einen Ring *f* an der verticalen eisernen Stange *D* festgehalten.

In die Mündung des horizontalen Kanales ist vermittelt des Hahnstückes *K* das zum Ablassen des Quecksilbers bestimmte etwas über 70 Cm. lange Barometerrohr *E* befestigt. Dieses reicht bis auf den Boden des kleinen etwas Quecksilber enthaltenden Gefäßes *F*, und ist mit diesem durch den Kautschukschlauch *h* luftdicht verbunden. Durch einen an das seitliche Rohr *g* befestigten Schlauch fließt das Quecksilber aus *F* in die Sammelflasche *K'*.

Der ganze Apparat wird vermittelt Schrauben auf einer Tischvorrichtung befestigt, deren Gestalt man zur Genüge aus der Abbildung erkennen kann. Oben an der einen Seite befindet sich der Tisch *G*,

den man höher und niedriger je nach Bedürfniss stellen und in jeder Lage durch einen drehbaren Riegel unverrückbar machen kann. Unten an der andern Seite befindet sich eine kleine Stütze *H* für das oben erwähnte Gefäss *F*, welche in einen schwalbenschwanzartigen Einschnitt eingeschoben wird. Damit der Apparat gut schliesse, sind folgende Punkte von Wichtigkeit. Die sehr dickwandigen Kautschuckschläuche müssen vorher bei der Temperatur des siedenden Wassers gut mit Fett imprägnirt werden; zum Zubinden derselben habe ich nach Meyer's Vorgang Blumendraht angewandt, dem ich in diesem, wie in allen ähnlichen Fällen vor den sonst üblichen Seidenschnüren weitaus den Vorzug gebe. Die Flächen, mit denen die Hahnstücke *i* und *K* dem Theil *A* aufsitzen, sind genau abgedreht und blank geschliffen. Der luftdichte Verschluss wird dadurch zu Stande gebracht, dass man die Stücke vor dem Aufschrauben erwärmt, die aufeinanderpassenden Flächen mit leicht schmelzbarem Kitt überzieht und hernach so schnell wie möglich die Stücke im Schraubstock gut zusammendrehet. — Die aus Stahl gemachten Hähne *i* und *k* werden mit einer Schmiere bedeckt, die man durch Zusammenschmelzen von Fett mit rohem Kautschuk erhält. Das Hahnstück *i* besitzt ein kleines Loch, durch welches die Schmiere eingegossen wird; der Hahn *K* ist zu gleichem Zweck oben mit einer ringförmigen Vertiefung umgeben, und steckt mit seinem untern Theil in einem in den Tisch eingesenkten ebenfalls mit der erwähnten Kautschukschmiere gefüllten Näpfchen *v*. Man muss darauf sehen, dass diese Schmiere stets flüssig bleibe; es ist daher zweckmässig, wenn der Apparat längere Zeit, namentlich im Winter, gestanden hat, vor dem Gebrauch die Hähne etwas zu erwärmen, um die etwa erstarrte Schmiere wieder in den flüssigen Zustand zu bringen.

Die Klemmen *m* und *n* waren, wie bei Ludwigs' Apparat, die bekannten Desaga'schen, die Dr. Meyer beschrieben und abgebildet hat*).

Jetzt gehe ich zur Beschreibung des Verfahrens über. Das Blut wird aus der *Art. Carotis* mittelst eines mit Hahn versehenen Kautschukschlauchs in einem Bunsen'schen Gasometer aufgefangen, durch Schütteln defibrinirt, in der Pipette (Fig. 1) gemessen, und in das birnförmig gestaltete und mit einem geraden Hals versehene Gefäss *e* auf bekannte Weise hinübergeführt. Dieses wird an dem vorher ihm aufgesetzten Kautschukschlauch mittelst einer Klemme wohl unter

*) Lothar Meyer. Die Gase des Blutes in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift N. F. Bd. VIII. Tafel VI. Fig. II.

Quecksilber verschlossen, nachher aus der Wanne herausgehoben, und an das Ansatzrohr *d* befestigt.

Um nun den Apparat zu füllen, lässt man das Quecksilber aus der Flasche *I* durch Neigen des drehbaren Ausflussrohres in das Rohr *C* fliessen, während *i* geöffnet, *k* geschlossen und die Klemme *m* abgenommen ist. Die im Apparate befindliche Luft entweicht dann durch die Röhre *M*. Ist das zur Erzeugung des Vacuums dienende Gefäss sammt dem Rohr *M* mit Quecksilber erfüllt, so legt man die Klemme *m* wieder an, schliesst *i*, macht *K* auf und lässt das Quecksilber durch das Rohr *E* ablaufen. Um vollständiges Vacuum zu erhalten, muss man diese Operation mindestens drei Mal wiederholen, denn beim ersten und zweiten Male fängt sich immer ziemlich viel Luft im untern Theile *b*, namentlich im Raume *s*. Es ist schwer, ja beinahe unmöglich, beim ersten Füllen des Apparates die Luft ganz aus dem Abflussrohr *E* so wie aus den in dem Eisenstück *A* gebohrten Kanälen zu entfernen; man erleichtert sich diese Operation, wenn man das Abflussrohr dadurch verlängert, dass man *g* vermittelst einer Kautschukröhre luftdicht mit dem Ausflussrohr der Flasche *K'* verbindet: auf diese Weise kann man das Quecksilber soweit ablaufen lassen, dass in dem Stück *E* ein Vacuum entsteht, in das die heruntergerissenen Luftblasen aufsteigen; nachher füllt man das Rohr *E* wieder durch Heben der Flasche *K'*. Um dieser etwas langweiligen Operation zu entgehen, lässt man gewöhnlich das Rohr *E* stets mit Quecksilber wohlgefüllt. — Nachdem man sicher ist, dass vollständiges Vacuum in *B* erzeugt worden ist, und dass der Apparat gut schliesst, senkt man das Blutgefäss *e* in ein mit lauwarmem Wasser gefülltes Gefäss *L*, nimmt bald darauf die Klemme *n* fort, und setzt dadurch das Blut mit dem Vacuum in Verbindung. Es ist zweckmässig, vor dem Lösen der Klemme, das Blut auf etwa 20—25° C., aber nicht höher, zu erwärmen, denn ohne diese Vorsicht bildet es einen sehr zähen Schaum und fliesst nur schwierig und langsam in das Gefäss *e* zurück; durch vorangehendes Erwärmen beschleunigt man das Zusammenfallen des Schaumes und gewinnt daher bedeutend an Zeit. Nachdem der Schaum sich abgesetzt und das Blut in das Gefäss *e* zurückgeflossen ist, lässt man, um den etwa übriggebliebenen Raum des Blutgefässes zu füllen, Quecksilber zufliesen, legt die Klemme *n* an und comprimirt möglichst schnell die Gase, die dann nach dem Oeffnen der Klemme *m* in das Eudiometerrohr *O* hinüberströmen. Zur Feststellung dieses Eudiometers in der Wanne dient ein an der eisernen Stange *D* verschiebbarer Halter *l*. Die Wanne selbst steht auf einem Untersatz *Q*, durch dessen Wegnahme sie gesenkt werden kann. Da

das Blut selten vollständig in das Gefäss *e* zurückfliesst, dient der oben in seiner Einrichtung beschriebene untere Theil *b* dazu, das zurückgebliebene Blut in dem Raum *s* zurückzuhalten; im obern Theile *B* verdichtet sich nur etwas Wasserdampf. Dieses ist nicht zu vermeiden; der daraus entspringende Fehler aber ist sehr gering, da das verdichtete Wasser nur wenige Kubikmillimeter beträgt. Nachdem die Gase durch das Rohr *M* hinausgetrieben sind, tritt auch jene geringe Menge Wasser in das Rohr ein, kann aber durch rechtzeitiges Schliessen der Klemme so gut wie vollständig vom Gase getrennt werden. Beim nächsten Erzeugen des Vacuums zieht man diese kleine Menge Wasser in das Gefäss *B* zurück und gewinnt die von ihm etwa wieder absorbirte geringe Gasmenge bei der neuen Auspumpung.

Man setzt das Evacuiren so lange fort, als man noch messbare Quantitäten Gas erhält. Eine dreimalige Erneuerung des Vacuums genügt, wie ich mich überzeugt habe, bei richtiger Operation in der Regel vollkommen, wenigstens für das arterielle ohne Luftzutritt aufgefangene Hundeblood. Man steigert dabei die Temperatur des Blutes allmählich bis auf 40° C. Auf eine höhere Temperatur das Blut zu bringen ist bedenklich, da es namentlich da, wo es das Quecksilber berührt, leicht kleine Coagula bildet. Dass das Blut alle absorbirten Gase abgegeben hat, verräth sich, wie bereits Setschenow angegeben und wie ich immer bei frischem Arterienblut von Hunden bestätigt fand, dadurch, dass es vollkommen schwarz wird. Beim frischen Kalbs- oder Rindsblut, das vom Schlachthof herkam und vorher mit Luft geschüttelt wurde, konnte ich nie das rechte Schwarzwerden trotz 12—13maliger Erneuerung des Vacuums erreichen. Das vollständig schwarzgewordene Blut wurde, wie schon Setschenow bemerkt hat, durch Schütteln mit atmosphärischer Luft oder mit reinem Sauerstoff dunkelroth, konnte aber nie die eigentliche Färbung des arteriellen Blutes wieder erlangen. Nur in einem einzigen Falle sah ich das schwarzgewordene arterielle Hundeblood nach dem Schütteln mit atmosphärischer Luft wieder ganz sauerstoffroth werden.

Bei der Auskochung der chemisch gebundenen Kohlensäure verfuhr ich folgendermassen. Die zum Austreiben derselben zu verwendende Weinsäurelösung befreite ich in demselben Apparate von ihren Gasen auf ähnliche Weise, wie das Blut. Hier kann die Operation dadurch erleichtert werden, dass man von vorn herein zum Lösen der Weinsäurekrystalle ausgekochtes und noch heisses Wasser anwendet. Die Concentration dieser Lösung wählte ich gewöhnlich so, dass 5—6 Gramm Weinsäure auf 150 CC. Wasser kamen. Die von Gasen ganz

befreite Lösung führte ich durch das Rohr *M* in ungefähr 15—18 CC. enthaltende Fläschchen (Fig. 5), die dann unter Quecksilber mit wohl ausgekochten Korken verstopft und in Wachs eingeschmolzen zum Gebrauch aufbewahrt wurden. Wenn ich nun die Säure zum Blut zusetzen wollte, so wurde das Fläschchen aus dem Wachs herausgenommen, unter Quecksilber aufgemacht und in der Wanne *N* über das aufwärtsgebogene Ende des Rohres *M* gestülpt. Durch Erzeugen des Vacuums in *B* konnte man leicht die Säure hineinziehen, und nachher durch Ab- und Zulassen des Quecksilbers wohl mit dem Blute mischen. Es ist hier ebenfalls zweckmässig, ehe man die Säure zusetzt, das Blut etwas zu erwärmen; denn hierdurch beugt man dem allzuheftigen Aufschäumen vor und befördert das Absetzen des Blutes. Die nun gewonnenen Gase werden auf oben erwähnte Weise in ein anderes zweckmässig schon vorher mit einer gemessenen Menge Wasserstoffgas oder Luft gefülltes Absorptionsrohr hinübergeführt.

Zum Prüfen des Apparates habe ich sehr viele Versuche mit vom Schlachthof geholtem und mit Luft geschütteltem Blute angestellt. Da jedoch die Bestimmung der Gase eines solchen Blutes kein besonderes Interesse darbietet, so gehe ich sofort über zu den Experimenten, welche ich zur Prüfung der Claude Bernard'schen Methode, den Sauerstoff im Blute zu bestimmen, ausgeführt habe.

Wie oben erwähnt wurde, bestimmte ich in der einen Blutportion den Sauerstoff durch Auspumpen, in der andern, ganz gleichen, durch Schütteln mit Kohlenoxyd und nachherige Analyse des vom Blute entfernten Gases. Mit der zweiten Portion verfuhr ich im Speciellen folgendermassen. Nachdem das Blut in das Gefäss Fig. 2, in welchem schon eine abgemessene Menge Kohlenoxyd sich befand, hineingebracht und die untere Oeffnung unter Quecksilber luftdicht mittelst der Schraubenvorrichtung *C* verschlossen war, hob ich den Apparat aus der Wanne heraus, stellte ihn in ein mit 30—35° C. warmem Wasser gefülltes Gefäss und erst, nachdem das Blut sich erwärmt haben musste, schüttelte ich 3—4 Mal tüchtig durch, um Kohlenoxyd mit dem Blute gut zu mischen. Es ist zweckmässig mit dem Schütteln zu warten, bis sich das Blut erwärmt hat, denn dadurch beugt man der zu heftigen Schaumbildung vor und beschleunigt das Absetzen des Schaumes. Je vollständiger aber letzteres erfolgt, desto schärfer kann das Blut von dem darüber stehenden Gase getrennt werden. Schon Claude Bernard bemerkt, dass man diese Operation am besten bei 30° C. vornimmt; ich habe einmal das Blut mit Kohlenoxyd bei der Zimmertemperatur 12—13° C. geschüttelt, der Sauerstoff wurde zwar ganz ent-

fernt, wie die nachfolgende Analyse zeigt; aber ich war gezwungen, bis zum andern Tage zu warten, bis sich das Blut einigermassen absetzte. Ich habe ungefähr gleiche Raumtheile Kohlenoxyd und Blut behufs der Entfernung des Sauerstoffs angewandt. Das Kohlenoxyd wurde aus ameisensaurer Magnesia und Schwefelsäure dargestellt, und vor jedem Versuch durch vollständige Analyse auf seine Reinheit geprüft. Damit der Versuch gelinge, ist es Hauptsache, wenn auch nicht mehr als 2—3 Mal, doch gut das Blut zu schütteln, damit gleichsam jedes Theilchen mit Kohlenoxyd in Berührung komme. Deshalb ist der untere Verschluss nach meiner Erfahrung durchaus nöthig. Als ich früher ein nicht verschliessbares Gefäss benutzte, das also nur in der Wanne stehend geschüttelt werden konnte, gelang es mir in vielen Versuchen kaum auch nur ein Drittel oder die Hälfte des Sauerstoffgehaltes aus dem Blute durch Kohlenoxyd zu entfernen. Erst später bemerkte ich, dass es nur daran lag, dass das Kohlenoxyd nicht mit allen Theilen des Blutes in Berührung gekommen ist.

Nachdem das Kohlenoxyd vom Blute entfernt worden, entzog ich dem nun vergifteten Blute (der Kürze wegen habe ich es so benannt) durch's Vacuum die übriggebliebenen Gase, um zu sehen, ob nicht vielleicht etwas Sauerstoff von demselben zurückgehalten wurde. Wenn nun der Versuch in der richtigen Weise angestellt wurde, fand ich in den durch's Vacuum entfernten Gasen nur Spuren von Sauerstoff, während in allen früheren Fällen, wo wegen des mangelhaften Schüttelns nicht der ganze Sauerstoff durch Kohlenoxyd ersetzt wurde, ich stets die ganze zurückgebliebene Menge beim nachherigen Evacuiren erhalten habe. Ich lasse jetzt die Zahlenresultate der Versuche folgen. Die angewandte Blutmenge betrug circa 30 CC. Die Analysen der Gase sind nach der Bunsen'schen Methode ausgeführt, und die Gasvolumina auf 1 M. Druck und 0° zurückgeführt. Da, während ich die Versuche anstellte, die Temperatur niedrig war, so habe ich die Kalikugel behufs der vollständigen Kohlensäureabsorption absichtlich recht lange im Absorptionsrohr gelassen. Als Normalmaass brauchte ich die für das Absorptionsrohr No. 1 geltende Volumeinheit, nach welcher ich auch die Messpipette ausgemessen (sie entspricht 134,2 Volumeinheiten des Rohres No. 1) und auf welche ich stets die in andern Absorptionsröhren analysirten Gasvolumina behufs der Vergleichung zurückgeführt habe. Die Volumeinheiten der Röhren No. 1, 2, 4, 6 und A verhalten sich zu einander wie 1 : 1,006 : 1,006 : 0,7389 : 0,7582.

Exp. I. Fast gleiche Raumtheile Kohlenoxyd und Blut wurden im Gefäss Fig. 2 mehrmals gut mit einander geschüttelt. Das Gefäss stand

in Wasser von 30—35° C. Nach 2 Stunden wurde das Gas vom Blute entfernt. Angewandt wurden 52,89 (1 M.; 0°) Volumeinheiten Kohlenoxyd; das vom Blut entfernte Gas gab 50,5 Volumeinheiten*).

1) Kohlenoxyd, welches vom Blute entfernt wurde.

	V	t°	P	(1M.; 0°)
<i>FN</i> 6 Anfangsvolumen	100,20	10,2	0,6793 M.	64,71
Nach Anwendung von Kalihydrat	92,32	9,2	0,6903	61,66
Im End. <i>B.</i> Anfangsvol.	58,35	9,6	0,3260	17,87
Nach Zusatz von Sauerstoff	107,20	9,8	0,3754	37,92
Nach Verpuffung mit Knallgas	90,43	10,8	0,3578	30,30
Nach Anwendung von Kalihydrat	50,35	10,0	0,3136	15,23
Nach Zusatz von Wasserstoff, trocken	199,60	9,9	0,4559	87,84
Nach Verpuffung und Austrocknung des Gases mit Kalihydrat	120,50	9,2	0,3732	43,49

Es enthalten also 64,71 Volumeinheiten :

Kohlensäure 3,05

Kohlenoxyd 52,11

Sauerstoff 8,04

Stickstoff 1,51

2) Gase des unversehrten Blutes, die vermittelt der Gaspumpe gewonnen wurden.

	V	t°	P	v
<i>FN</i> 1 Anfangsvolumen	78,75	10,2	0,6408 M.	47,94
Nach Anwendung von Kalihydrat	21,43	9,7	0,6015	12,46
Im End. <i>B.</i> Anfangsvolumen	26,45	9,7	0,2924	7,24
Nach Zusatz von Wasserstoff	127,50	9,8	0,3960	47,63
Nach Verpuffung	85,82	10,0	0,3555	28,68

Es enthalten also 47,94 Volumeinheiten :

Kohlensäure 35,48

Sauerstoff 10,87

Stickstoff 1,59

*) Die Volumeinheiten des Rohres *FN* 6, in dem das vom Blut entfernte Gas analysirt wurde, wurden auf die Volumeinheiten des zum Abmessen des Kohlenoxydes dienenden Gefäßes zurückgeführt, und so die erhaltene Gasmenge mit der zugesetzten verglichen.

3) Gase, die das mit Kohlenoxyd behandelte Blut an das Vacuum abgab.

	V	t°	P	v
<i>FN</i> 2 Anfangsvolumen	67,30	10,2	0,6444 M.	41,21
Nach Zusatz von Wasserstoff	102,30	10,4	0,6812	66,19
Nach Anwendung von Kalihydrat	44,00	10,0	0,6398	27,16
Im Eud. <i>B</i> Anfangsvolumen	53,35	10,0	0,3197	15,99
Nach Zusatz von Sauerstoff	122,60	10,2	0,3899	44,99
Nach Verpuffung	70,25	9,2	0,3409	22,57
Nach Zusatz von Wasserstoff	251,90	9,3	0,5234	125,40
Nach Verpuffung	153,20	11,4	0,4130	59,28

Es enthalten also 41,21 Volumeinheiten:

Kohlensäure 39,03

Sauerstoff 0,85

Stickstoff 1,33

Wenn wir alle diese Zahlen auf 100 Volumina Blut berechnen, so erhalten wir:

	1) Im Kohlenoxyde, das vom Blute entfernt wurde.	2) Gase des unversehrten Blutes.	3) Gase des mit Kohlenoxyd behandelten Blutes.
Kohlensäure	3,0	26,4	28,9
Sauerstoff	8,1	8,1	0,6
Stickstoff	1,5	1,2	0,9
Im Ganzen	12,6	35,7	30,4

Exp. II. Das Blut wurde bei der Zimmertemperatur (12,6° C.) mit Kohlenoxyd behandelt; da der Blutschaum sich nicht absetzen wollte, so wurde das Gas erst den darauffolgenden Tag vom Blute entfernt. Ich habe angewandt 52,66 Vol., das vom Blute entfernte Gas betrug 49,9 Vol.

1) Kohlenoxyd, das vom Blute entfernt wurde.

	V	t°	P	v
<i>FN</i> 6 Anfangsvolumen	98,88	10,3	0,6811 M.	64,03
Nach Anwendung von Kalihydrat	93,30	10,2	0,6975	62,75
Im Eud. <i>B</i> Anfangsvolumen	61,85	10,4	0,3366	19,54
Nach Zusatz von Sauerstoff	100,90	10,5	0,3754	35,55
Nach Verpuffung	81,60	11,0	0,3550	27,08
Nach Anwendung von Kalihydrat	38,05	11,5	0,2990	10,91
Nach Zusatz von Wasserstoff, trocken	169,50	10,6	0,4007	65,40
Nach Verpuffung (trocken)	108,40	11,0	0,3502	36,51

Es enthalten also 64,03 Vol.:

Kohlensäure	1,28
Kohlenoxyd	54,42
Sauerstoff	6,808
Stickstoff	1,52

2) Gase des normalen Blutes.

	V	t°	P	v
<i>FN</i> 1 Anfangsvolumen	65,38	9,6	0,6454 M.	40,20
Nach Anwendung von Kalihydrat	20,32	10,3	0,6014	11,78
Im Eud. <i>B.</i> Anfangsvolumen	26,75	10,8	0,2961	7,374
Nach Zusatz von Wasserstoff	136,1	10,7	0,3978	47,10
Nach Verpuffung	83,2	10,6	0,3630	28,32

Also enthalten 40,20 Vol.:

Kohlensäure	28,42
Sauerstoff	10,00
Stickstoff	1,78

3) Gase des mit Kohlenoxyd behandelten Blutes.

	V	t°	P	v
<i>FN</i> 2 Anfangsvolumen	59,9	10,3	0,6397 M.	36,39
Nach Zusatz von Wasserstoff	101,9	10,2	0,6877	66,62
Nach Anwendung von Kalihydrat	52,3	10,6	0,6581	33,13
Im Eud. <i>B.</i> Anfangsvolumen	63,55	10,8	0,3419	20,32
Nach Zusatz von Sauerstoff	143,2	10,8	0,4217	56,76
Nach Verpuffung	83,8	10,2	0,3611	28,42
Nach Zusatz von Wasserstoff	303,9	10,2	0,5809	167,40
Nach Verpuffung	194,1	10,3	0,4711	86,38

Also enthalten 36,39 Vol.:

Kohlensäure	33,49
Stickstoff	2,90

Wenn wir diese Zahlen in gleicher Weise auf 100 Th. Blut berechnen, erhalten wir:

	1) In dem vom Blute entfernten Kohlenoxyde.	2) Gase des normalen Blutes.	3) Gase des mit Kohlenoxyd behandelten Blutes.
Kohlensäure	1,29	21,17	24,81
Sauerstoff	6,92	7,45	
Stickstoff	1,13	1,33	2,15
Im Ganzen	9,34	29,95	26,96

Exp. III. Das Blut wurde mit Kohlenoxyd bei 30—35° C. behandelt; nach drei Stunden das Gas vom Blute entfernt. Es wurden angewandt 52,12 Vol., das vom Blute entfernte Gas betrug 51,59 Vol. Beim Sondern des Gases vom Blute war in das Gasrohr etwas Blut hinübergerissen worden, das mit einem an Platindraht befestigten, befeuchteten und wieder ausgedrückten Stückchen Seidenpapier weggenommen werden musste, um die Analyse möglich zu machen.

1) Kohlenoxyd, das vom Blute entfernt wurde.

	V	t°	P	v
<i>FN 6</i> Anfangsvolumen	101,90	11,2	0,6852 M.	66,09
Nach Anwendung von Kalihydrat	96,56	11,9	0,6809	63,01
Im Eud. <i>B</i> Anfangsvolumen	55,05	12,0	0,3159	16,12
Nach Zusatz von Sauerstoff	83,41	12,2	0,3444	26,66
Nach Verpuffung	67,15	12,2	0,3276	20,38
Nach Anwendung von Kalihydrat	31,05	12,0	0,2865	8,52
Nach Zusatz von Wasserstoff trocken . .	143,00	12,5	0,3990	54,56
Nach Verpuffung (trocken)	92,14	12,3	0,3516	31,00

Also 66,09 Vol. enthalten:

Kohlensäure 3,08

Kohlenoxyd 46,13

Sauerstoff 14,07

Stickstoff 2,81

2) Gase des normalen Blutes.

	V	t°	P	v
<i>FN 1</i> Anfangsvolumen	92,70	11,2	0,6580 M.	57,73
Nach Anwendung von Kalihydrat	32,50	11,8	0,5935	23,29
Im Eud. <i>B</i> Anfangsvolumen	41,35	12,0	0,2963	11,32
Nach Zusatz von Wasserstoff	167,10	11,9	0,4257	66,49
Nach Verpuffung	105,10	11,8	0,3625	35,48

Also enthalten 57,73 Vol. :

Kohlensäure 34,44

Sauerstoff 21,24

Stickstoff 2,05

Nach Zusatz von Säure erhalten:

	V	t°	P	v
<i>FN A</i> Nach Zusatz von Wasserstoff . . .	44,25	11,2	0,6994 M.	29,31
Nach Anwendung von Kalihydrat . . .	38,08	12,0	0,6988	25,50

Also gebundene Kohlensäure 3,81 Vol.

3) Gase des mit Kohlenoxyd behandelten Blutes.

	V	t°	P	v
<i>FN 2</i> Anfangsvolumen	63,20	11,2	0,6440 M.	38,50
Nach Zusatz von Wasserstoff	103,50	11,2	0,6828	66,91
Nach Anwendung von Kalihydrat	52,50	11,8	0,6278	31,61
Im End. <i>B</i> Anfangsvolumen	57,65	11,9	0,3150	16,83
Nach Zusatz von Sauerstoff	146,90	12,0	0,4066	55,77
Nach Verpuffung	98,05	12,1	0,3620	33,00
Nach Zusatz von Wasserstoff	290,50	12,0	0,5530	157,00
Nach Verpuffung	147,50	12,0	0,4091	56,19

Also enthalten 38,50 Vol.:

Kohlensäure 35,30

Sauerstoff 0,47

Stickstoff 2,64

Die gebundene Kohlensäure wurde erst den darauffolgenden Tag ausgepumpt.

	V	t°	P	v
<i>FN 4</i> Nach Zusatz von Wasserstoff . . .	67,89	11,9	0,7133 M.	45,73
Nach Anwendung von Kalihydrat . . .	57,91	12,0	0,7068	39,22

Also gebundene Kohlensäure 6,51 Vol.

Wenn wir in gleicher Weise diese Zahlen auf 100 Vol. Blut berechnen, erhalten wir:

	1) In dem vom Blute entfernten Kohlenoxyde.	2) Gase des normalen Blutes.	3) Gase des mit Kohlenoxyd behandelten Blutes.
Kohlensäure	3,11	25,66	26,16
Gebundene Kohlensäure	—	3,76	4,82
Sauerstoff	14,20	15,82	0,35
Stickstoff	2,83	1,53	1,96
Im Ganzen	20,14	46,77	33,29

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass beide Methoden für den Sauerstoff des Blutes nahe übereinstimmende Werthe liefern, dass also auch die Methode von Claude Bernard richtige Resultate gibt, wenn nur der Versuch mit der nöthigen Vorsicht ausgeführt wird. Das Volumen des zugefügten Kohlenoxydes bleibt ziemlich ungeändert; die geringen Differenzen zwischen dem zugefügten und dem vom Blute entfernten Gasvolumen können z. Th. wenigstens beruhen auf der Schwierigkeit, eine bestimmte Menge Gas aus einem in ein anderes Gefäss ohne jeglichen Verlust überzufüllen. Dass in das Kohlenoxyd stets etwas Kohlensäure hinaustritt, wie schon Claude Bernard bemerkt hat, geht auch aus meinen Versuchen hervor. Das einzige Räthselhafte bleibt der Umstand, dass das mit Kohlenoxyd behandelte Blut, wiewohl es an dieses Gas schon etwas Kohlensäure verloren hatte, im Vacuum doch stets mehr Kohlensäure abgab, als das normale, ohne dass sein Sauerstoff vermindert erschiene. Ob ein Theil des aufgenommenen Kohlenoxydes im Blute in Kohlensäure übergeführt wird, wage ich nur hypothetisch hinzustellen, sofern es mir bis jetzt noch nicht gelungen ist, das Kohlenoxyd wieder aus dem Blute zu gewinnen. Wenn sich die Sache so verhalten sollte, dann wäre die nächste Frage, woher stammt dieser Sauerstoff, durch den ein Theil von Kohlenoxyd in Kohlensäure übergeführt wird, was für Zersetzungen gehen im Blute vor, von welchen Umständen hängt es ab, ob mehr oder weniger Kohlenoxyd gebildet wird?*)

*) Das Hämatokrystallin scheint durch das Kohlenoxyd nicht verändert zu werden. Wenigstens konnte Dr. Meyer aus dem vergifteten Blute diese Substanz ebenso leicht krystallisirt erhalten, als aus dem unversehrten.

Ich wollte diese Versuche mehrten, und vor Allem noch das Verhalten der gebundenen Kohlensäure studiren, bin aber leider genöthigt, diese Arbeiten vorläufig abzuberechnen.

Da meine Bestimmungen der Gase des aus der *Carotis* von Hunden ohne Luftzutritt gewonnenen Blutes, namentlich was die darin gefundenen Sauerstoffmengen anbetrifft, sowohl von den Setschenow'schen als auch den Sczelkow'schen*) nicht unerheblich abweichen, so füge ich die Endresultate übersichtlich hinzu behufs der Vergleichung. Die Zahlen beziehen sich auf 100 Th. Blut.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kohlensäure	22,49	26,44	21,17	25,66	29,90	34,66
Sauerstoff	8,87	8,10	7,45	15,82	9,88	7,72
Stickstoff	1,01	1,20	1,33	1,53	1,54	1,97
Im Ganzen	32,37	35,74	29,95	43,01	41,32	44,35

Worin es begründet sein mag, dass ich nach anscheinend derselben Methode fast durchweg erheblich weniger Sauerstoff bekommen habe, als Setschenow und Sczelkow, in einigen Fällen sogar weniger Sauerstoff als Meyer nach der Bunsen'schen Auskochungsmethode, vermag ich nicht anzugeben. Da jedoch einerseits die verschiedenen Methoden in verschiedenen Fällen zu sehr ungleichen Resultaten führen, andererseits aber ich in demselben Blute nach den beiden von mir verglichenen Methoden fast genau dieselben Zahlen für den Sauerstoffgehalt erhalten habe, so bleibt wohl nur die Annahme übrig, dass der Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes mit den physiologischen Zuständen erheblich wechsele. Je kräftiger das Thier, je blutkörperreicher sein Blut, desto mehr Sauerstoff kann es aufnehmen. In der That waren die Thiere, die mir zu Gebote standen, zum grössten Theil schwach und bereits vorher zu anderen physiologischen Experimenten benutzt. In dem einzigen Falle, in dem ich beinahe 16% Sauerstoff erhielt, war es ein kräftiger, lebensfrischer Ziehhund, dem ich das Blut entzog.

Wie oben erwähnt wurde, habe ich zur Prüfung des Apparates die Gase des frischen mit Luft geschüttelten defibrinirten Kalbsblutes bestimmt. Da man oft in die Verlegenheit kommt, mit frischem vom Schlachthof geholtem Blute operiren zu müssen, und es dann von einigem Interesse wäre zu wissen, wie sich die Gase dieses mit Luft geschüttel-

*) Sczelkow, in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie 1862. Februar, Band XLV.

ten Blutes verhalten, so fand ich mich veranlasst, auch die Endresultate einiger gelungenen Versuche mitzutheilen. Die Zahlen beziehen sich auf 100 Th. Blut.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kohlensäure	19,49	19,55	16,40	24,52	25,49	19,48
Sauerstoff	11,46	9,50	8,54	15,04	13,96	15,47
Stickstoff	2,96	0,96	0,73	1,38	1,31	1,79
Im Ganzen	33,91	30,01	25,67	40,94	40,76	36,74

Wenn man diese Tabelle mit der vorigen vergleicht, so sieht man, dass die Gase des frischen mit Luft geschüttelten Rinds- oder Kalbsblutes wenig von den Gasen des arteriellen Hundebutes differiren. Man kann also mit gutem Gewissen, wenigstens zu manchen derartigen Versuchen, auch defibrinirtes mit Luft geschütteltes Kalbsblut brauchen.

Ich habe auch noch Versuche angestellt, welche zeigen, dass die drei verschiedenen Gase des Blutes mit sehr verschiedener Leichtigkeit aus demselben entweichen. Ich führe hier einen mit frischem Kalbsblut angestellten Versuch an, bei dem die bei erster und zweiter Erzeugung des Vacuums gewonnenen Gase einerseits, und die dann noch vom Blut im Vacuum abgegebenen in besonderen Gefässen aufgefangen wurden. Nach angestellter Analyse erhielt ich folgende schon auf 100 Th. Blut berechnete Zahlen.

I. In der ersten Portion fand ich:

Kohlensäure 15,72

Sauerstoff 9,77

Stickstoff 1,06

Im Ganzen 26,55

II. Die zweite Portion erwies sich als bestehend aus:

Kohlensäure 17,77

Sauerstoff 4,18

Stickstoff 0,12

Im Ganzen 22,07

Es wird also der Sauerstoff und der Stickstoff viel leichter im Vacuum vom Blute abgegeben, als die Kohlensäure. — Hierdurch wird uns wenigstens einigermaassen klar, warum Meyer, dessen Vacuum im Verhältniss zum Rauminhalt des Blutes so gering war, auch so geringe Mengen freier Kohlensäure aus dem Blute erhalten habe. —

Da man bei Anstellung vergleichender Versuche über die Zusammensetzung der Gase verschiedener zu derselben Zeit aufgefangener Blutarten nur eine Portion sofort in Arbeit nehmen kann, während man die andern vorläufig bei Seite stellt, so schien es mir von Wichtigkeit zu sein, mich darüber zu belehren, ob und wie die Gase des aus dem Organismus entfernten, ohne Luftzutritt aufbewahrten Blutes ihre Zusammensetzung ändern, und von welchen Umständen diess hauptsächlich abhängt. Es folgen zwei zu dem Zweck mit arteriellem Hundeblood angestellte Versuche.

Versuch I. Es wurden zwei ganz gleiche Portionen Blut abgemessen; aus der einen pumpte ich sofort die Gase; die andere liess ich bei der Zimmertemperatur (13° C.) wohl zugeklemmt und der grösseren Sicherheit halber in Quecksilber eingesenkt bis zum nächsten Tage stehen. Die angestellte Analyse zeigte folgende Zusammensetzung der aus beiden Blutportionen ausgepumpten Gase:

I. Die Gase der Blutportion, die sofort in Arbeit genommen wurde, zeigten, auf 100 Th. Blut berechnet, folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure	29,90
Sauerstoff	9,88
Stickstoff	1,54

Im Ganzen 41,32

II. Die Gase der Blutportion, die 24 Stunden bei 13° C. aufbewahrt wurde, erwiesen sich als bestehend aus:

Kohlensäure	32,61
Sauerstoff	7,83
Stickstoff	1,04

Im Ganzen 41,48%

Versuch II. Es wurden drei ganz gleiche Portionen Blut abgemessen; aus der einen gewann man sofort die Gase, die zweite stellte man zugeklemmt und in ein Quecksilbernäpfchen eingesenkt in Eis, die dritte unter Anwendung derselben Vorsichtsmaassregeln in Wasser, dessen Temperatur constant zwischen 28—33° C. erhalten wurde. Nach 24 Stunden entfernte man die Gase aus den beiden übrigen Blutportionen.

I. Gase, die sofort aus dem Blute mittelst der Gaspumpe gewonnen wurden, zeigten folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure	34,66
Sauerstoff	7,72
Stickstoff	1,97

Im Ganzen 44,35%

II. Gase der zweiten Portion, die 26 Stunden in Eis aufbewahrt wurde, bestanden aus:

Kohlensäure	31,60
Sauerstoff	7,47
Stickstoff	1,11
<hr/>	
Im Ganzen	40,18%

III. Gase der dritten Blutportion, die man 24 Stunden bei einer Temperatur von 28—33° C. stehen liess, erwiesen sich als bestehend aus:

Kohlensäure	40,95
Sauerstoff	1,02
Stickstoff	0,67
<hr/>	
Im Ganzen	42,64%

Man sieht aus diesen Versuchen, dass das Blut ausserhalb des Organismus weiter fortfährt, Kohlensäure zu bilden, und da es von der äussern Luft abgeschlossen ist, den im Blut enthaltenen Sauerstoff zur Bildung von Kohlensäure verwendet. Die Menge des verbrauchten Sauerstoffs ist fast ausschliesslich von der Temperatur abhängig; bei der Zimmertemperatur (13° C.) wurde in 24 Stunden ungefähr der vierte Theil der ganzen Sauerstoffmenge verbraucht, bei 28—33° C. wurde beinahe der ganze Sauerstoff zur Kohlensäurebildung verwandt, während in Eis aufbewahrtes Blut noch nach 26 Stunden die ganze Sauerstoffmenge unangetastet enthielt. Bei Anstellung vergleichender Versuche, bei denen man nicht alle Blutportionen auf einmal vornehmen kann, ist es daher dem Zwecke vollkommen entsprechend, die vorläufig bei Seite gestellten Blutportionen in Eis aufzubewahren, wie bereits Sczelkow und Andere gethan haben. Wenn sich's nur um Vergleich des Sauerstoffgehaltes verschiedener Blutarten handelt, so ist in diesem Falle die Claude Bernard'sche Methode von unschätzbarem Werth, sowohl in Rücksicht auf ihre leichte Ausführbarkeit, als auch darauf, dass der durch Kohlenoxyd entfernte Sauerstoff bei Gegenwart jenes Gases, wie schon Claude Bernard bemerkt und ich bestätigt gefunden habe, unangetastet bleibt (vergl. Exp. II). Man kann sich leicht mehrere solche Gefässe, wie ich in der Figur 2 abgebildet habe, verschaffen, und so fast zu derselben Zeit aus mehreren Blutportionen den Sauerstoff entfernen. Die so vereinfachte Bestimmung des Sauerstoffgehaltes des Blutes wird hoffentlich zu interessanten Aufschlüssen über die Frage führen, in wiefern die Menge des Sauerstoffs von der Nahrung, der Lebensweise u. s. w. abhängt. Claude Bernard hat ja schon

nach dieser Methode den Sauerstoffgehalt des zu einer Drüse zufließenden und von ihr abfließenden Blutes bestimmt.

Schliesslich erlaube ich mir noch einige Worte in Bezug auf die von Meyer modificirte Gaspumpe zu sagen. Statt des abgebildeten zur Erzeugung des Vacuums dienenden Gefässes, das hauptsächlich zu Versuchen mit Blut erbaut wurde, kann man in dem Falle, wo man mit einer gut zurückfließenden Flüssigkeit zu thun hat, und wo es darauf ankommt; die ganze von ihren Gasen befreite Flüssigkeit möglichst ohne Verlust durch das in die Wanne führende Rohr *M* in ein anderes Gefäss hinüberzutreiben, Gefässe brauchen, an denen der kugelförmige Theil *b* fehlt, und bei welchem ebenso, wie bei Ludwig's Apparat ohne weiteres das Ansatzrohr *d* frei in das ellipsoidisch gestaltete Vacuum mündet. Ein solches einfaches Gefäss wandte ich z. B. an, um die Weinsäurelösung von ihren Gasen zu befreien. Mit einer geringen Modification liesse sich auch der Apparat leicht so einrichten, dass zwei getrennte Portionen Blut gleichzeitig evacuirt werden könnten, was für vergleichende Versuche von Wichtigkeit sein könnte. Man brauchte nur statt eines, zwei Evacuationsgefässe entsprechend mit dem Eingangs- und Ausflussrohr zu verbinden, und zwar der Art, dass jeder für sich durch einen Hahn abgesperrt werden könnte. Man könnte alsdann, ohne eine merklich grössere Menge Quecksilbers zu bedürfen, indem man abwechselnd das eine oder das andere Gefäss füllte oder leerte, zu gleicher Zeit zwei Portionen Blut auspumpen.

Zur Werthbestimmung gerbsäurehaltiger Materialien.

Von

Robert Wildenstein.

(Mit Abbildungen auf Tafel I.)

Werden Streifen von schwedischem Filtrirpapier, die vorher mit einer Auflösung eines Eisenoxydsalzes gleichmässig imprägnirt worden, unter Beobachtung eines bestimmten gleichmässigen Verfahrens, in verdünnte Lösungen von Gerbsäure verschiedenen Gehaltes getaucht und getrocknet, so zeigen solche Papierstreifen selbst dann noch, wenn der Gehalt an Gerbsäure der verwendeten Flüssigkeiten nur wenig von einander abweicht, eine deutlich wahrnehmbare, hellere oder dunklere Färbung von gerbsaurem Eisenoxyd. Diese Reaction ist in der That nicht allein empfindlich genug, um von mehreren vorliegenden gerbsäurehaltigen Materialien in kürzester Zeit das reichhaltigste herauszufinden, sondern