

XXI.

Arbeiten aus dem Laboratorium für experimentelle Pharmakologie
zu Strassburg i. E.

117. Ein Beitrag zur Technik der künstlichen Durchblutung überlebender Organe.

Von

Dr. Carl Jacobj,

Privatdocent und Assistent am pharmakologischen Institut.

(Mit 7 Abbildungen.)

Im Verlauf einer Untersuchung über die Wirkungen des Phosphors, welche von Herrn Cand. med. Hauser im hiesigen Institut unternommen wurde und deren Veröffentlichung im Archiv für exp. Pathologie und Pharmakologie, in diesem Hefte ebenfalls erfolgt, sollten Versuche über den Einfluss des Phosphors auf die Fähigkeit der Gewebe Oxydationen und Synthesen auszuführen, an isolirten Organen angestellt werden. Ein klares Resultat konnte von derartigen Durchblutungsversuchen nur dann erwartet werden, wenn es möglich war, den in das Blut aufgenommenen Phosphor vor einer Oxydation durch den Sauerstoff der Luft zu schützen. Diese Bedingung wurde bei dem bisher von mir beschriebenen Durchblutungsverfahren¹⁾ nicht erfüllt, da in dem Hämatiseur die Arterialisirung des Blutes durch einen Luftstrom bewirkt wird, welcher sich mit dem venösen Blute auf einem längeren Wege mischend, dessen Kohlensäure aufnimmt und an Kalilauge beim Passiren einer mit solcher gefüllten Waschflasche abgibt, dem Blute gleichzeitig aus einem Gasometer entsprechende Mengen Sauerstoff zuführt.

Ich versuchte deshalb für den vorliegenden Zweck die Anordnung des Apparates in einer schon seit längerer Zeit von mir geplanten Weise derart zu verändern, dass die Arterialisirung, wie im Organismus sich durch die Lungenathmung vollzieht, indem das Blut nicht nur durch das betreffende Organ, sondern gleichzeitig auch durch die isolirte, künstlich geathmete Lunge des Thieres geleitet wird.

Da die neue Anordnung des Apparates manche Vortheile gegen-

1) Archiv f. exp. Path. u. Pharm. Bd. XXVI. S. 388. 1890.

über dem alten Verfahren bietet, die Handhabung eine einfache ist, und die Arterialisirung des Blutes in einer der natürlichen entsprechenden Weise erreicht wird, so dass eine Schädigung des Blutes sowie eine Beeinflussung der dem Blute zugesetzten Substanzen durch die directe Berührung mit Luft so gut wie ausgeschlossen sind und dieses Verfahren der Durchblutung vermuthlich auch bei anderen Untersuchungen mit Vortheil anzuwenden ist, so möge an der Hand der beigegebenen schematischen Zeichnung eine kurze Beschreibung desselben hier folgen.

Beschreibung des Apparates.

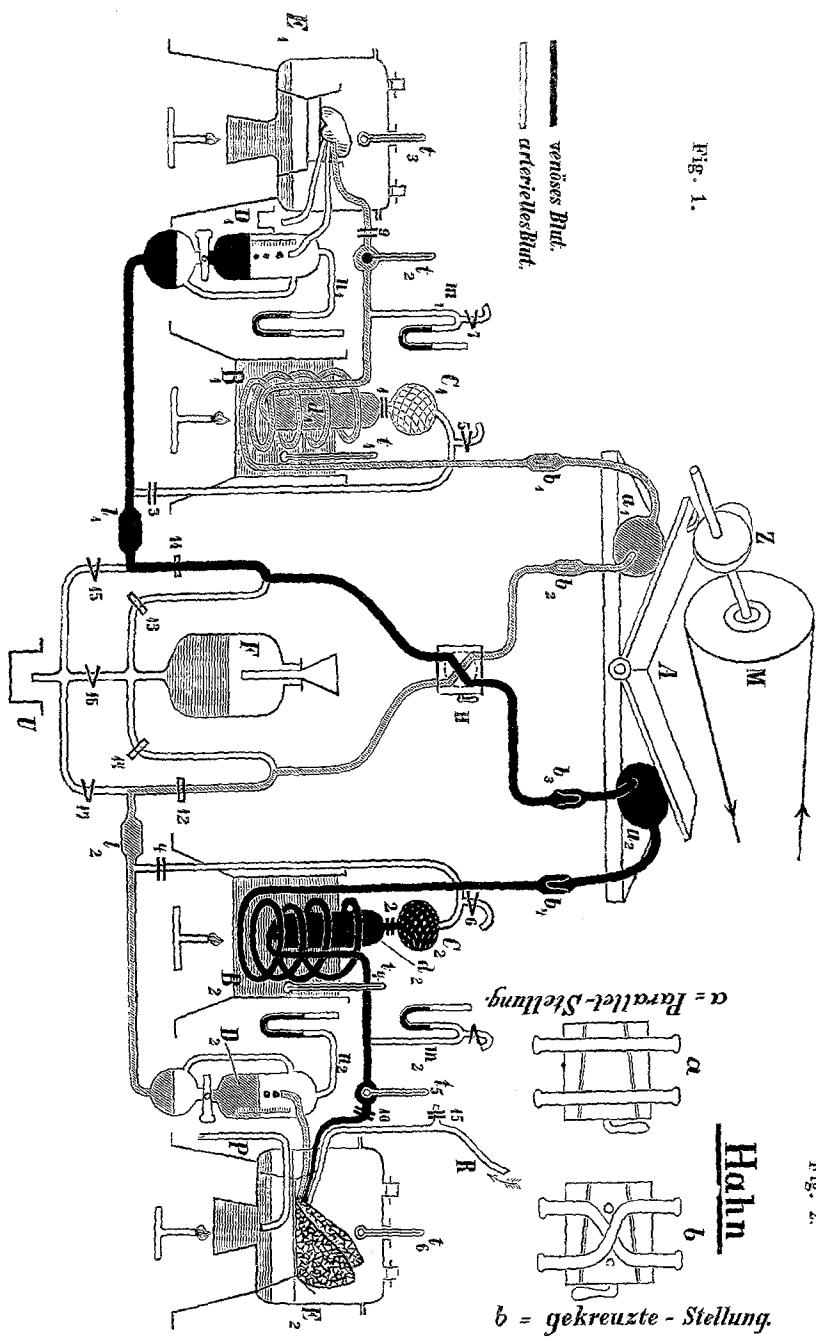
Es stellt der neue Apparat im Grunde genommen nur einen doppelten Hämatinator dar, dessen eine Hälfte den Blutstrom in dem speciell zu durchströmenden Organe unterhält und dessen andere Hälfte die Function des kleinen Kreislaufes übernimmt, indem sie das Blut durch eine künstlich geathmete natürliche Lunge leitet.

Jede Hälfte des Apparates kann, wie man aus der Zeichnung Fig. 1 sieht, einen in sich abgeschlossenen Kreislauf darstellen.

Beiden Kreisen gemeinsam ist der doppelläufige Doppelhahn *H*, wie ihn Fig. 2 *a* und *b* im horizontalen Querschnitt zeigt. Der Hahn ist aus Messing hergestellt, und besteht aus einem würfelförmigen Mantel, der je zwei zuführende und zwei abführende Röhren trägt, welche in einer horizontalen, durch die Axe des Hahnes gehenden Ebene liegen. In diesem Mantel bewegt sich der Kern des Hahnes, der zwei Bohrungspaare besitzt.

Das eine Bohrungspaar durchsetzt den Kern der Art, dass die beiden Bohrungen miteinander parallellaufend bei Einstellung ihrer Oeffnungen auf diejenigen des Mantels die geradlinig gegenüberliegenden Röhren des Mantels miteinander verbinden und dementsprechend das durch das rechte Zuleitungsrohr tretende Blut zur rechtsseitigen, das durch das linke Zuleitungsrohr eintretende zur linksseitigen Abflussröhre führen, so dass beide Ströme also parallel gerichtet den Hahn passieren, wie die Fig. 2 *a* veranschaulicht.

Bei dieser Stellung des Hahnes bildet das Rohrsystem jeder Hälfte des Apparates einen in sich abgeschlossenen Kreis. In einer Ebene, welche mit der Ebene der eben beschriebenen Bohrungen des Hahnkanals um die Hahnaxe gedreht einen rechten Winkel bildet, befinden sich zwei weitere Bohrungen, welche in einem leichten Bogen an einander vorbeigehend sich derart überkreuzen, dass bei Einstellung ihrer vier Oeffnungen auf die des Mantels durch Drehung des Hahnes um 90° das Blut des rechten Zuflussrohres nach dem linken



Abflussrohr, das des linken Zuflussrohres aber zum rechten Abflussrohr geleitet wird, sich also bei dieser Stellung die Ströme im Hahnkerne kreuzen, wie die Fig. 2 *b* veranschaulicht.

Bei der letzteren Stellung des Hahnes werden die beiden Hälften des Apparates demnach in der auf Fig. 1 angedeuteten Weise miteinander so verbunden, dass das Blut in einem grossen Kreise sowohl die Lunge als das Organ passiert.

Im Uebrigen wurde im Wesentlichen für jede Hälfte des Apparates das alte Princip beibehalten, so dass hinsichtlich der genaueren Darstellung derjenigen Theile, welche bereits in dem von mir beschriebenen Hämatizador zur Verwendung kamen, auf jene erste Mittheilung¹⁾ verwiesen werden kann, und im Folgenden nur auf die durch die neue Anordnung bedingten Abweichungen näher eingegangen zu werden braucht.

Entsprechend den beiden Herzen im Organismus des Warmblüters, welche den grossen und kleinen Kreislauf mit Blut versorgen, haben wir auch in unserem Apparate (vgl. Fig. 1) zwei mit den stromrichtenden Ventilen b_1 b_2 b_3 b_4 versehenen Herzpumpen a_1 und a_2 , welche abwechselnd von der Wippe A zusammengepresst werden; die Wippe wird mittelst einer mit einem Motor verbundenen Excenter-scheibe Z auf und nieder bewegt.

Es entspricht a_1 dem linken a_2 , dem rechten Herzen. Die Herzpumpen saugen das Blut durch die Ventile b_2 und b_3 an, um dasselbe durch die Ventile b_1 und b_4 den in einem Gefäss mit Wasser von etwa 40° befindlichen Wärmespiralen B_1 und B_2 zuzutreiben. Am Ende dieser Spiralen befinden sich die Blasenfänger d_1 und d_2 , welche in dem Blut befindliche Luftblasen zurückhalten und zu entfernen erlauben. Der von der Luft völlig befreite Blutstrom, dessen Druck und Temperatur an den Manometern m_1 und m_2 und den Thermometern t_2 und t_3 abgelesen werden kann, tritt nun linker Hand in das zu durchströmende Organ, rechter Hand in die Lunge, beide Theile befinden sich in den Recipienten E_1 und E_2 in einer auf Körpertemperatur erhaltenen, mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre auf entsprechenden tellerförmigen Unterlagen, in welchen sich das Blut, bei eventuell eintretender Blutung der Organe, sammelt, so dass es wieder in die Circulation zurückgebracht werden kann. Aus den Venen der Organe tritt das Blut beiderseits in die Messgefässe D_1 und D_2 , welche sich in der erwähnten Mittheilung näher beschreiben finden.²⁾

1) Archiv f. exp. Path. u. Pharm. Bd. XXVI. S. 388. 1890.

2) Ebenda. Bd. XXVI. S. 392.

Diese Messgefässe können durch die gegen Ende dieser Mittheilung eingehender zu schildernde Circulationswage ersetzt werden, welche die sie durchströmende Blutmenge unter völligem Abschluss der Luft fortlaufend genau zu registriren erlaubt. Aus den Messapparaten wird das Blut durch die den Nulldruck in den Venen constant erhaltenden Ventile l_1 und l_2 ¹⁾ wieder von den Herzen angesaugt. Wie beim einfachen Hämatiseur finden sich auch bei dieser neuen Anordnung in jedem Stromkreis je eine Nebenschliessung eingeschaltet, welche von den Luftfängern d_1 und d_2 abzweigend und vor den Ventilen l_1 und l_2 mündend durch Oeffnen oder Schliessen der Klemmen 3 und 4 erlaubt, den Ueberschuss des durch die Ventile b_1 und b_4 den Organen zugetriebenen Blutes unter Umgehung der Organe zu den entsprechenden Herzen durch die Ventile b_2 und b_3 wieder zurück zu führen und so eine Stauung des Blutes vor und in den Organen zu verhüten. In diese Nebenschliessungen und zwar unmittelbar hinter den Luftfängern sind zwei elastische Gummiballons C_1 und C_2 mit nicht allzu dicker Wand eingeschaltet. Dieselben haben in zusammengefallenem Zustande einen Durchmesser von 4 bis 5 cm und sind mit einem Fadennetz überspannt, welches sie bei übermässiger Steigerung des Blutdruckes vor einer Zerreissung schützt.²⁾ Diese Ballons dienen in dem sonst zum grössten Theile aus Glasröhren bestehenden starren Rohrsysteme als elastische Theile, entsprechend der elastischen Wand des natürlichen Arteriensystems, gleichzeitig dienen sie aber auch als Reservoir, welche ein zu plötzliches Ansteigen und Abfallen des Druckes in den Arterien der Organe verhüten. Die zwischen den eigentlichen Luftfängern und diesen Ballons angelegten Klemmen 1 und 2 ermöglichen die elastische Wirkung der Ballons zu reguliren und durch Oeffnen und Schliessen nach Belieben einen härteren oder weicheren Puls mit grösserer oder kleinerer Druckschwankung herzustellen. Da man auch die bei der einzelnen Compression von den Herzballons ausgeworfenen Blutmenge durch das Verschieben der Ballons a_1 und a_2 unter der Herzwippe und ebenso den Blutdruck durch die Menge des in das System aus dem Reservoir F angesaugten Blutes zu variiren vermag, so ist man in der Lage, jede beliebige Art des Pulses bei beliebigem Blutdruck künstlich zu erzeugen.

1) Vgl. Archiv f. experim. Pathologie u. Pharmakologie. Bd. XXIX. S. 27 und 28. 1891.

2) Man bringt diese Ballons zweckmässig so an, dass sie senkrecht hängen, damit die sich in ihnen ansammelnde Luft durch die Klemmen 5 und 6 leicht entweichen und aus der Circulation entfernt werden kann.

Füllung des Apparates.

Bei der Füllung des Apparates verfährt man in folgender Weise: Die in den Recipienten E_1 und E_2 endenden, das Blut den Organen später zuführenden und abführenden beiden Schlauchenden werden je durch ein Glasröhrchen, welches zunächst die Stelle des Organs einnimmt, miteinander verbunden, darauf werden bei Parallelstellung des Hahnes H (Fig. 2a) die Klemmen 16 und 3 bis 8 die Hähne an den Maassgefässen und Klemmen 11 und 12 geschlossen, die Klemmen 13 und 14, 1 und 2, 9 und 10 und 15 und 17 dagegen geöffnet; unter die Ausflussöffnung bei U wird ein Glas gestellt, welches das dort austretende Blut auffängt. Die nun in Bewegung gesetzte Wippe A lässt die Ballons a_1 und a_2 aus dem Reservoir F das Blut ansaugen und füllt die beiden Rohrsysteme und die Maasscylinder mit Blut. Dabei giebt man durch zeitweiliges Oeffnen der Klemmen 5 und 6 der Luft Gelegenheit aus den Luftfängern und Ballons C_1 und C_2 zu entweichen. Tritt das Blut bei 15 und 17 wieder aus, so schliesst man diese Klemmen und öffnet gleichzeitig die Klemmen 11 und 12, worauf das Blut zu circuliren beginnt. Jetzt werden die Klemmen 9 und 10 so weit geschlossen, dass nur noch ein schwacher Strom hindurchtritt, wobei der Druck an den Manometern m_1 und m_2 entsprechend der aus dem Reservoir F angesaugten Blutmenge steigt. Das in dem oberen Theile der Maassgefässe befindliche Blut lässt man nun durch Oeffnen der an den Maassgefässen befindlichen Hähne in die kleinen unteren Reservoirs eintreten, so dass diese bei späteren Messungen, sofern nicht die Circulationswaage eingeschaltet werden soll, nie ganz sich entleeren können.

Ist der Druck an den Manometern m_1 und m_2 auf etwa 60 bis 80 mm gestiegen, so schliesst man 13 und 14 und lässt durch kurzes Oeffnen der Klemmen 7 und 8 das Blut in die Manometer eintreten. Bei entsprechender Lagerung der Ballons a_1 und a_2 und ihrer Ventile gelingt es leicht alle noch im Apparat befindliche Luft den Luftfängern d_1 und d_2 zu zutreiben, von wo aus man sie durch die Ballons C_1 und C_2 aus den Klemmen 5 und 6 entweichen lässt. Ist das ganze Rohrsystem bis auf den in den Maassgefässen nöthigen Luftraum in der beschriebenen Weise sorgfältig von Luft befreit, wobei der Druck wieder herabsinkt, so öffnet man zunächst die Klemme 13 wieder und lässt aus dem Reservoir F noch so viel Blut ansaugen, bis der Druck am Manometer m_1 100—120 mm beträgt, dann schliesst man dieselbe und lässt durch Oeffnen von Klemme 14 den Druck in der rechten Hälfte des Apparates soweit steigen, dass Manometer m_2 20 bis 30 mm zeigt.

Der Apparat, in dessen beiden Theilen das Blut einstweilen noch getrennt und unter den angegebenen Druckverhältnissen circulirt, ist nun zur Aufnahme der Organe bereit.

Beim Einsetzen der Organe beginnt man mit der Lunge, in deren Arterie, Vene und Trachea vorher je eine Kanüle gut eingebunden ist. Sie wird in den rechten Kreislauf, dessen Druck, wie erwähnt, nicht über 30 mm betragen darf, eingeschaltet. Zu diesem Zweck schliesst man zunächst die Klemme 10 und öffnet Klemme 4 so weit, dass das Blut durch die Nebenschliessung ungestört weiter circuliren kann; das an Stelle des Organs interimistisch eingeschaltete Röhrchen wird sodann entfernt, und an die mit Blut gefüllte Arterienkanüle der Lunge der das Blut zuführende Schlauch unter Vermeidung von Lufteintritt angesetzt, die Klemme 10 langsam geöffnet, Klemme 4 dahingegen wieder ganz, Klemme 2 aber so weit geschlossen, dass das Manometer m_2 einen Druck von 20 mm mit einer Pulsschwankung von 10 mm Hg zeigt.

Es tritt nun das Blut in die Lunge ein und füllt deren Gefässe; sobald das Blut aus der Venenkanüle zu treten beginnt, wird diese mit dem zum Maassgefäss führenden Schlauche verbunden, so dass das aus der Vene abfliessende Blut vom Herzen a_2 wieder angesaugt werden kann. Da beim Füllen der Gefässe der Lunge der Blutdruck meist stark absinkt, so muss nun durch Oeffnen von Klemme 14 für Zufuhr neuen Blutes gesorgt werden, doch ist stets darauf zu achten, dass der Blutdruck nicht über 30 mm steigt, da es sonst leicht zu Hämorrhagien in der Lunge kommt. Jetzt wird die Trachealkanüle mit der für die künstliche Athmung bestimmten Vorrichtung durch das Rohr R in Verbindung gesetzt. Man kann sich zur Herstellung der künstlichen Athmung der Lunge eines Münck'schen Trommelgebläses bedienen, in dessen Luftstrom ein Miescher'scher Athemschieber eingeschaltet wird, welcher durch Unterbrechung der Zufuhr von comprimierter Luft die Lunge in beliebigen Zeitintervallen abwechselnd aufbläst und ihr dann unter Entweichen der Luft durch die Klemme 15 wieder zusammenzufallen gestattet. Die Stärke der Luftintreibung wird in diesem Falle durch die an dem T -Rohr befindliche Klemme 15, wie bei der gewöhnlichen künstlichen Athmung regulirt, und es ist zweckmässig, bei dieser Art der Athmung die Lunge zwar ergiebig aber doch nicht ad maximum aufzublasen und die expiratorischen Pausen so einzurichten, dass die Lunge Zeit hat, wieder so weit zusammenzufallen, dass einerseits ein ergiebiger Luftwechsel, andererseits aber keine Ueberdehnung derselben stattfindet. Während der Athmung nimmt bei

Ist die Lungencirculation in Stand gesetzt, so wird in das linke System in gleicher Weise das betreffende Organ eingeschaltet und sobald auch hier die Circulation hergestellt und der Blutdruck auf 100—120 mm wieder gebracht ist, wird der Hahn H um 90° gedreht, was durch eine am Hahngriff angebrachte Sperrvorrichtung ohne Schwierigkeit zu erzielen ist. Hierdurch werden die beiden Systeme in der oben beschriebenen Weise der Art verbunden, dass das aus der Vene des Organs austretende dunkel venöse Blut von der Herzpumpe a_2 der Lunge, das aus der Lungenvene fließende, schön hellrothe arterialisirte Blut von der Herzpumpe a_1 angesaugt dem Organe wieder zugeführt wird, wie dies auf Fig. 1 durch die Schraffirung angedeutet ist. Es bleibt nun nur noch die Regulirung der Pulse und des Blutdruckes übrig durch Oeffnen oder Schliessen der Klemmen 1, 2, 3, 4. Wenn nicht eines der Organe durch Blutung zu einem Blutverluste in dem geschlossenen Röhrensysteme führt, circulirt die eingebrachte Blutmenge stundenlang durch beide Organe, indem die dunkel auf der Zeichnung gehaltenen Theile mit venösen, die heller schraffirten mit schön arteriellisirtem Blute gefüllt sind. Es kann ein geringes Absinken des Blutdruckes auch eintreten, wenn es sich um Durchblutung einer Niere handelt, sofern aus den stets mit Canülen zu versehenden Ureteren grössere Flüssigkeitsmengen austreten, auch durch die Athmung scheint das Blut etwas Wasser zu verlieren, wodurch ebenfalls ein Sinken des Blutdruckes eintreten kann. Alle diese Verluste können ohne Störung dadurch ergänzt werden, dass man durch Oeffnen der Klemme 13 aus dem Reservoir F entsprechende Blutmengen in den Lungenkreislauf ansaugen lässt. In dieses Reservoir kann auch das durch Blutung aus den Organen verloren gegangene und auf den oben erwähnten Unterlagen aufgefangene Blut wieder zurückgebracht werden. Sollen Lösungen dem Blute zugesetzt werden, so injicirt man dieselben am besten mit einer Injectionsspritze von Klemme 15 aus in das circulirende Blut.

Soll der Apparat nach beendeten Versuche und behufs Untersuchung des Blutes entleert werden, so werden, nachdem der Hahn H wieder in die Parallelstellung (Fig. 2 a) gebracht ist, zunächst nach Schliessen der Klemmen 9 und 10 an Stelle der Organe wieder die Schalttröhrchen eingesetzt. Man öffnet dann die Klemmen 9, 10, 15, 17, 13 und 14 sowie die Hähne an den Maassgefässen D_1 und D_2 und schliesst Klemme 11 und 12. Unter den Abfluss U wird das für die Aufnahme des abfließenden Blutes bestimmte Gefäss gesetzt. Es saugen nun die Herzpumpen zunächst den eventuell im Reservoir F

enthaltenen Rest des Blutes ¹⁾ und dann Luft an und treiben alles Blut durch die Messgefässe und die geöffneten Klemmen 15 und 17 aus. Durch Einbringen von Kochsalzlösung in das Reservoir und zeitweiliges Oeffnen von 3 und 4, sowie 11 und 12 lassen sich die zurückgebliebenen Blutreste völlig ausspülen, so dass man auch für quantitative Bestimmungen die gesammte Blutmenge bequem ohne Verluste aus dem Apparat wieder gewinnen kann.

Ist das Blut durch $\frac{1}{2}$ proc. Kochsalzlösung ausgespült, so kann man noch einige Zeit den Apparat mit gewöhnlichem Wasser nachspülen. Der Apparat ist dann für eine neue Durchblutung gereinigt, nur muss man vor derselben nur noch einmal mit $\frac{1}{2}$ proc. Kochsalzlösung die Reste zurückgebliebenen gewöhnlichen Wassers ausspülen. Eine gründliche Reinigung, bei welcher die Theile auseinander genommen werden müssen, ist, wenn die Ausspülungen in der beschriebenen Weise gründlich und stets zuerst mit $\frac{1}{2}$ proc. Kochsalzlösung, die ein Ausfallen von Eiweiss verhütet, vorgenommen werden, erst nach mehreren 5—6 Durchblutungen erforderlich.

Es lassen sich die Durchblutungen mit aus dem Schlachthaus bezogenen Organen ausführen. Man wird dann der Grösse der Organe wegen meist nur die eine Hälfte einer Kalbs- oder Schweine- lunge benutzen. Müssen die Organe ganz frisch sein, so wird man auf solche von Hunden angewiesen sein. Hier bietet es indessen gelegentlich eine gewisse Schwierigkeit, Thiere von genügender Grösse zu erhalten, um die zur Füllung des Apparates und der Organe erforderliche Blutmenge zu gewinnen. Verfügt man über etwa 800 ccm normalen Blutes, so sind die Bedingungen für die Durchblutung am günstigsten, da man dann mit unverdünntem Blute die Circulation unterhalten kann, in welchem Falle an den Organen auch nach mehrstündiger Dauer der Durchblutung (4—6 Stunden) weder Oedeme noch sonst irgend etwas Abnormes zu bemerken ist. Ist der zur Verfügung stehende Hund so klein, dass er die nöthige Blutmenge nicht zu liefern vermag und man eine Verdünnung des Blutes vornehmen muss, so wächst mit dem Grade der Verdünnung die Gefahr, dass Oedeme auftreten, welche sich natürlich am störendsten an der Lunge bemerkbar machen, bei welcher es zum Uebertritt von Flüssigkeit in die Alveolen und Bronchien kommt, wodurch der Gaswechsel sehr geschädigt wird. Um aber auch bei Anwendung solcher kleineren, die genügende Blutmenge nicht liefernder Versuchsthiere

1) Soll derselbe besonders abgelassen werden, so geschieht dies vorher, indem bei Verschluss der Klemmen 13, 14, 15, 17, Klemme 16 geöffnet wird, worauf sich bei *U* der Inhalt von *F* entleert.

die Bedingungen für die Durchblutung möglichst günstig zu gestalten, verfabre ich folgendermaassen. Das narkotisirte Thier wird aufgebunden tracheotomirt und in Arteria carotis und in eine Vena jugularis je einer Canüle eingebunden. Ist dem Hunde die Hauptmasse seines Blutes aus der Carotis entzogen, so wird diese abgeklemmt, das gewonnene Blut defibrinirt und collirt, und nun durch die Venencanüle eine dem Bedarf entsprechende Menge (200—400 ccm) einer nach Dr. Albaneses¹⁾ Angabe angefertigten, isotonisch und isoviscösen schwach alkalischen Gummikochsalzlösung einfliessen gelassen, welcher 50 ccm eines nach der Angabe Haycraft's²⁾ aus 10—20 Blutegeln hergestellten Extractes zugesetzt ist. Diese Lösung passirt vor dem Eintritt in die Vene eine in warmem Wasser befindliche Glasspirale, in welcher sie auf 38° erwärmt wird. Bei der in dieser Weise ausgeführten Infusion erholt sich das moribunde Thier meistens wieder etwas. Nachdem die Lösung einige Zeit, etwa 10 Minuten im Thiere circulirt hat, wird dasselbe völlig verbluten gelassen und die hierbei gewonnene zweite Portion Blut nach dem Defibriniren (meist gerinnt dieselbe freilich wegen des zugesetzten Blutegel-extracts nicht) mit der ersten (!) Portion des normalen Blutes vereinigt.

Das defibrinirte und collirte Gemisch wird dann zum Füllen des Apparates benutzt. Man kann auf diese Weise die Blutmenge auch bei kleinen Thieren auf jedes beliebige Maass bringen und das gewonnene Gemisch wird stets für die Durchblutung günstiger sein wie ein nachträglich mit Kochsalz- oder Gummilösung verdünntes Blut, und zwar deshalb, weil einmal bei dem Ausspülen des Körpers die gesammte Blutmenge des Thieres ausgenutzt wird, zum anderen weil die Lösung, nachdem sie einige Zeit im Organismus circulirt hat infolge eines Austausches der Bestandtheile zwischen ihr und den Geweben eine Zusammensetzung annimmt, welche der des Blutserums doch entschieden näher steht als es bei der ursprünglich einlaufengelassenen Gummikochsalzlösung der Fall ist.

Der Zusatz von Blutegelextract, den ich schon seit mehreren Jahren stets verwende, bietet aber noch den Vortheil, dass auch in den zu durchströmenden Organen, während deren Präparation keine Gerinnungen auftreten, so dass sofort bei Eröffnung der künstlichen Circulation ein reichlicher Blutstrom durch das gesammte Organ tritt und es zu Trombosirung mit folgender Stauung in einzelnen Gefässgebieten, sowie zu Hämorrhagien nicht kommen kann, auch wenn

1) Archiv f. exp. Path. u. Pharm. Bd. XXXII. S. 297. 1893.

2) Ebenda. Bd. XVIII. S. 209. 1884.

man das erste aus der Vene abfliessende Blut direct in den Apparat zurückfliessen lässt.

Handelt es sich bei einem Versuch, z. B. bei einer Nierendurchblutung behufs Gewinnung normalen Harns, darum, die Zeit zwischen der Ausschaltung der normalen und der Eröffnung der künstlichen Circulation möglichst zu verringern, so kann man dies bei Benutzung grösserer Versuchsthiere dadurch erreichen, dass man zunächst den gut narcotisirten Thieren die für die Füllung der einen Hälfte des Apparates, welche den Blutstrom in dem Organe zu unterhalten hat, nöthige Blutmenge, etwa 3—400 ccm entzieht, dann diese Hälfte des Apparates zur Aufnahme des Organes fertig stellt, und nun im lebenden Thiere unmittelbar unter der Abzweigung der Nierenarterien und Venen die Aorta und Vena abdominalis abklemmt und in das unterhalb der Klemme gelegene Ende der beiden Gefässe nachdem sie peripher nochmals abgebunden sind, die Canülen einsetzt. Sind die Canülen dann mit Blut gefüllt und mit dem Apparat verbunden, so wird oberhalb der Nierenarterien und Venen die Aorta und Vena abdominalis durch eine Doppel ligatur abgebunden und in demselben Augenblick die Klemme unterhalb geöffnet, so dass sofort mit der Ausschaltung der natürlichen Circulation die künstliche hergestellt ist. Jetzt wird die Aorta und Vena abdominalis beiderseits zwischen den Doppel ligaturen durchschnitten, die Nieren präparirt und aus dem Thiere herausgenommen, während sie vom Apparat durchströmt sind, in einen entsprechenden Recipienten übertragen. Es wird nun, sobald das Thier völlig verblutet ist, die Lunge präparirt und in die zweite Hälfte des Apparates eingesetzt. Inzwischen wird die Arterialisirung des aus der Nierenvene austretenden Blutes dadurch bewirkt, dass man dasselbe aus der Vene an der Wand eines Trichters, auf der es sich auszubreiten und zu lüften Gelegenheit hat, direct in das Reservoir zurückfliessen lässt, um es von hier bei entsprechender Einstellung der Klemme 13 wieder vom Herzen ansaugen und dem Organe zuführen zu lassen.

Die Circulationswage.

Wie bereits Eingangs erwähnt, liegt ein besonderer Vortheil dieses neuen Durchblutungsverfahrens darin, dass das Blut behufs Arterialisirung während der Durchblutung nicht mehr mit Luft in unmittelbare Berührung gebracht zu werden braucht. Es erschien deshalb, nachdem dies erreicht war, auch wünschenswerth, die sonstige Berührung des Blutes mit Luft, zumal bei der Messung des die Organe passirenden Blutstroms, auszuschliessen und an Stelle der bisher angewandten Messgefässe eine Vorrichtung treten zu lassen, die den

Blutstrom, ohne ihn in irgend einer Weise zu stören, unter völligem Abschluss der Luft zu messen erlaubt, und zwar womöglich der Art, dass eine registrirende, continuirliche Messung ermöglicht wird.

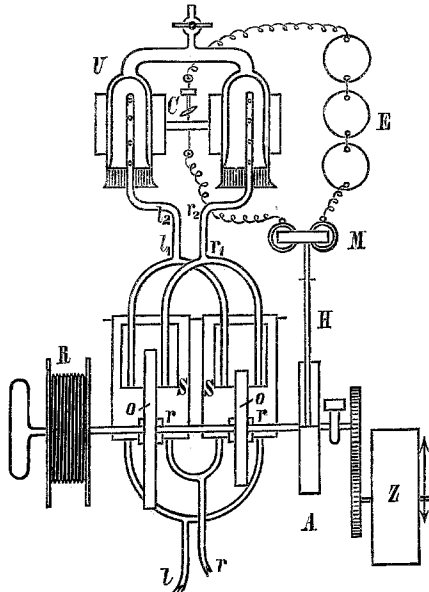


Fig. 4.

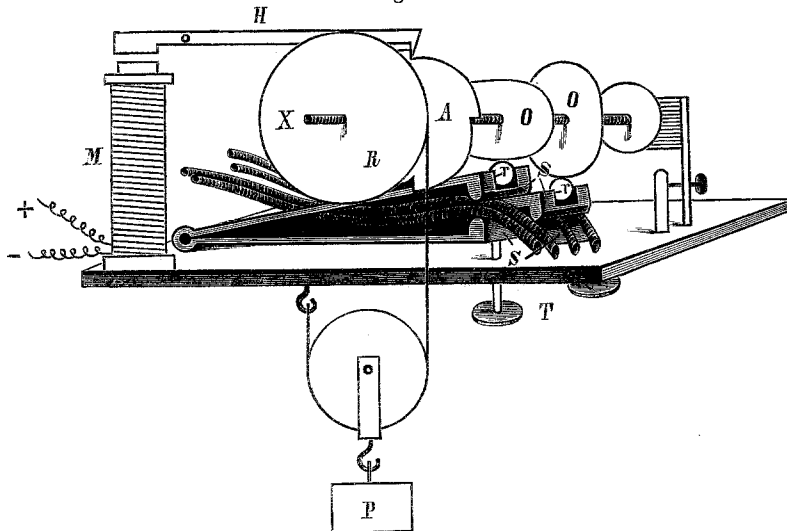


Fig. 5.

Diesem Zwecke entspricht der im Folgenden beschriebene Apparat, den man vielleicht als Circulationswage bezeichnen kann.

Der Apparat, wie ihn Fig. 4 von oben gesehen veranschaulicht, besteht aus 2 Haupttheilen, welche in Fig. 5 und 7 getrennt schematisch in Seitenansicht wiedergegeben sind. Den einen Theil bildet ein Stromwender mit Hülfe einer Doppelklemme Fig. 5, welche vier neben einander laufende Gummischläuche paarweise abwechselnd durch Compression zu verschliessen und zu öffnen erlaubt. Diese Schläuche sind in der auf Fig. 6 veranschaulichten Weise so miteinander verbunden, dass bei Verschluss des Paares *I* Zuleitungsrohr *r* und *r*₁ und das Abflussrohr *l* mit *l*₁ verbunden ist, während bei Verschluss von Paar *II* *r* mit *l*₁ und *l* mit *r*₁, also beide über Kreuz verbunden sind.

Der Verschluss und die Oeffnung der beiden Schlauchpaare geschieht durch die zwei auf Fig. 5 sichtbaren in ihren freien Enden mit abgerundeten Wülsten versehenen Scharniere *S*, deren unterer Theil durch eine Schraube *T* in beliebiger Stellung fixirbar, deren Obertheil je mit einer Rolle *r* versehen ist, über welche die beiden an einer gemeinsamen Axe befestigten ovalen Scheiben *O O* laufen, so dass sie die beweglichen Schenkel der Scharniere abwechselnd niederdrücken und wieder durch die Elasticität der zwischen ihren Wülsten durchgezogenen Gummischläuche auffedern lassen. Die beiden ovalen Scheiben sind an der gemeinschaftlichen Axe so befestigt, dass die langen Axen der Ovale senkrecht zu einander stehen und also jedes Mal, wenn das eine Oval mit der zugehörigen Scharnierklemme das eine Schlauchpaar durch Compression verschliesst, das andere Oval dem zu ihm gehörigen Scharnier erlaubt, sich zu heben, so dass das betreffende Schlauchpaar dadurch für den Strom durchgängig wird.

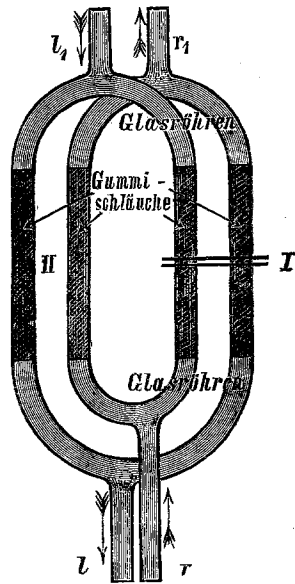


Fig. 6.

An der gleichen Axe wie die Ovale ist eine mit vier Zahneinschnitten versehene runde Scheibe *A* so befestigt, dass die vier Einschnitte den vier Enden der beiden langen Axen der Ovale, d. h. den Stellungen entsprechend, bei welchen je ein Schlauchpaar ad maximum geöffnet, das andere geschlossen ist. Ueber dieser letzten Scheibe schleift ein Sperrhaken *H*, welcher an dem Anker eines Elektromagneten *M* befestigt ist, so dass, sobald der Magnet den

bei der Auf- und Niederbewegung der dabei ihre horizontale Stellung beibehaltenden Waagschalen ohne Reibung abzurollen vermögen.

Die etwa 3—4 cm im Durchmesser habende *U*-Röhre ist an ihren beiden Enden durch je einen Gummikorken *G* (vgl. Fig. 3) geschlossen, welcher in der Mitte eine Röhre durchtreten lässt, die im Innern des Rohres einen mit mehreren Seitenöffnungen versehenen Schlauch (vgl. Fig. 3) von etwa 10 cm Länge trägt. Ueber diese beiden Schläuche aber ist beiderseits ein am Gummikork fest anliegender länglicher Beutel aus ganz dünnem weichen Gummi gezogen, welcher nach dem Einsetzen der Korke in das Rohr, die durch den durchlochten Schlauch eintretende Flüssigkeit innerhalb des *U*-Rohres absperrt, sich aber entsprechend dem Zu- oder Abfluss von Flüssigkeit ohne irgend einen nennenswerthen Widerstand zu bieten entfallen und zusammenlegen kann. Der zwischen den beiden Ballons liegende Raum lässt sich nun von einem an der Mitte der Krümmung des *U*-Rohres gelegenen und mit einem kleinen Hahn versehenen Ansatzröhrchen aus mit einer kalt gesättigten Chlorcalciumlösung füllen. Wird diese Füllung des Rohres mit Chlorcalcium vorgenommen, während der eine Ballon mit Flüssigkeit (Blut, Kochsalzlösung) gefüllt, der andere dagegen völlig leer ist, so muss nun zunächst beim Auflegen des *U*-Rohres auf die Wage, die mit dem das Chlorcalcium enthaltenden Schenkel belastete Wagschale infolge des höheren specifischen Gewichtes dieser Lösung niedersinken, beim Eintreiben von Flüssigkeit in den bisher leeren Ballon und bei dessen Entfaltung wird die Chlorcalciumlösung in den anderen Schenkel der *U*-Röhre getrieben werden und hierdurch einerseits die Entleerung des bis dahin gefüllten Ballons herbeiführen, andererseits aber nun auch infolge ihres höheren specifischen Gewichtes die andere Wagschale zum Sinken bringen.

Sind die beiden aus jenen Gummiballons durch die beiden Korke austretenden Röhren r_2 und l_2 (Fig. 7), welche zunächst in horizontaler Ebene nach innen rechtwinkelig gebogen sind, dann aber nach beiderseitiger abermaliger rechtwinkliger Biegung hart nebeneinander parallel und horizontal verlaufen, mit den beiden in gleicher horizontaler Ebene sich befindenden Röhren r_1 und l_1 des den Strom wendenden Compressoriums durch zwei etwa 20 cm lange Gummischläuche beweglich verbunden.

Fliesst z. B. bei Compression des Schlauchpaares I (Figur 6) durch die Röhren r , r_1 , r_2 das Blut zum rechten Gummiballon des *U*-Rohres, so wird es hierbei die Chlorcalciumlösung in den linken Schenkel des *U*-Rohres hinübertreiben, und es muss entsprechend

dem Zufluss auf dieser Seite gleichzeitig zu einem Abfluss der Flüssigkeit aus dem linken Gummibeutel durch die Röhren l_2 , l_1 , l kommen. Bei dieser Entleerung des Ballons auf der linken Seite und bei dem damit verbundenen Uebertritt der Chlorcalciumlösung in diesen Schenkel des U-Rohres nimmt aber entsprechend der Differenz der specifischen Gewichte des Blutes und jener gesättigten Chlorcalciumlösung das Gewicht auf dieser Seite zu, auf jener sich mit Blut füllenden aber ab, es wird also entsprechend der Entleerung des linken Ballons die Schale dieser Seite niedersinken und die Zunge der Wage einen Ausschlag nach links kommen. Es befindet sich in der Ebene, in welcher sich das obere Ende der aus einem feinen federnden Stahlstreifen hergestellten Wagezunge sonst frei hin und her bewegt, eine nach unten keilförmig zulaufende etwa 1—1,5 mm dicke Hartgummiplatte, wie sie Fig. 7a schräg von vorn, Fig. 7b von oben zeigt. An ihrer seitlichen in der aus Fig. 7a ersichtlichen abgerundeten Kante sind in der Rundung beiderseits Platinstreifen, einen Theil der glatten Rundung bildend, eingelassen. Diese etwa 0,5 mm breiten Streifen stehen in leitender Verbindung mit dem in der Mitte der Platte befindlichen Messingstifte, der seinerseits bestimmt ist, die Platte mittelst einer Schraube in entsprechender Stellung an der kleinen Messingsäule V , Figur 7, zu fixiren. Diese Platte wird zur eigentlichen Schwingungsebene der Wagenzunge etwas schräg gestellt, so dass die Zunge, wenn sie einen Ausschlag nach jener Seite macht, auf welcher die Platte ihre Schwingungsebene schneidet, gezwungen wird, an der Hartgummiplatte federnd entlang zu gleiten, wobei sie aus ihrer eigentlichen Bahn gedrängt wird. Sobald sie aber mit ihrer Spitze das Ende der Platte erreicht hat, gleitet sie über die abgerundete Ebene in ihre ursprüngliche Schwingungsebene, also auf die andere Seite der Platte ab und streift dabei einen Augenblick über den dort angebrachten Platinstreifen. Verbindet man nun die Wage mit der an ihr leitend befestigten Zunge mit dem einen Pole einer elektrischen Batterie und führt von dem andern Pole dieser Batterie die Leitung durch den Elektromagneten des Stromwenders zu dem isolirten, die Richtungsplatte tragenden Metallsäulchen V , so wird, sobald die Zunge über den Contact der Abrundung der Hartgummiplatte abgleitet, für einen Moment der Stromkreis geschlossen sein und es genügt dies, um von dem Elektromagneten durch das Anziehen seines Ankers den Sperrhaken H auslösen zu lassen, so dass die die ovalen Scheiben O tragende Axe durch das Gewicht in Bewegung versetzt wird. Diese Bewegung wird aber schon nach einer Vierteldrehung wieder arretirt, da mit dem Abgleiten der Zunge von der Hartgummi-

platte der Strom auch sogleich wieder geöffnet wird, so dass der Magnet den Anker freigiebt und der Sperrhaken durch eine Feder in den nächsten Einschnitt des Sperrrades einfällt. Da durch die ausgeführte Drehung der Axe um 90° die Richtung des Blutstromes umgekehrt worden ist, so wird es jetzt zur Füllung des eben entleerten Ballons und zu einer Austreibung des Inhaltes des vorher gefüllten Ballons kommen, bis infolge des hierdurch wieder nach der anderen Seite hin verlegten Uebergewichts jene Wagschale soweit hinabgesunken ist, dass die Wagenzunge nun auf der anderen Seite der Contactplatte ableitend von neuem die Umschaltung des Stromes durch Auslösung einer weiteren Vierteldrehung bewirkt.

Es ist klar, dass bei der Wage, wie dieselbe bisher beschrieben wurde, der die Stromumschaltung bedingende Contact jedesmal zu Stande kommen wird, sobald die Gewichts Differenz auf beiden Seiten genügt, um die verschiedenen, durch die Anordnung des Apparates bedingten constanten Widerstände, wie die Reibung der Wagenzunge durch den Contact, den Torsionswiderstand, der das U-Rohr mit dem Compressorium verbindenden Schläuche u. s. w. zu überwinden.

Da nun diese Widerstände verhältnissmässig klein sind, so würde die Umschaltung schon durch den Eintritt geringerer Flüssigkeitsmengen jedesmal eintreten, als für den Zweck einer längeren Strommessung erwünscht ist, wo die einzelne Umschaltung am besten nach einem Volumenwechsel von 50 ccm erfolgt, ausserdem aber gleitet die Zunge, wenn sie die Kante überschritten und der durch ihre Federwirkung gesetzte Widerstand damit plötzlich nachlässt, leicht zu schnell ab, um einen für die Auslösung des Sperrhakens genügenden Stromschluss herzustellen. Um diesen Uebelständen abzuweichen, wurden unter den Wagschalen die beiden Federn *F* (Fig. 7) angebracht, auf welche der Führungsstab der Wagschalen beim Niedersinken stösst. Diese Federn bilden einen weiteren Widerstand, der je nach der Stärke der benutzten Federn und nach der variirbaren Länge derselben beliebig vergrössert oder verringert werden kann.

Hierdurch wird es möglich, die Wage so einzustellen, dass die Umschaltung des Stromes bei einer ganz bestimmten Menge des eingeflossenen Blutes jedesmal eintritt und damit ist die Möglichkeit einer Messung gegeben.

Da die Zahl der ausgeführten Umdrehungen der die ovalen Scheiben tragenden Axe durch Uebertragung auf ein Zeigerwerk dort abgelesen werden kann, so ist ohne Schwierigkeit die Menge des durch den Apparat geflossenen Blutes am Schlusse eines Ver-

suches zu bestimmen. Man braucht nur die Zahl der ausgeführten Vierteldrehungen mit der jeder Umschaltung entsprechenden Blutmenge zu multipliciren. Es erlaubt aber die Anordnung auch die Stromgeschwindigkeit graphisch darzustellen, und ihre Veränderungen hierdurch genau zu controlliren. Zu diesem Zwecke schaltet man in den Stromkreis, welcher den Elektromagneten versorgt, noch ein elektrisches Signal ein, dessen Feder die jedesmaligen Umschaltungen neben einer die Zeit markirenden Schreibvorrichtung auf den laufenden Papierstreifen eines Ludwig'schen Kymographion markirt. Da sich ferner an dem gleichen Kymographion die Blutdruck- und Pulscurve mittelst eines Manometers auftragen lässt, so ist Gelegenheit geboten, bei der künstlichen Durchblutung die Abhängigkeit der Stromgeschwindigkeit von dem Blutdruck und der Art der Pulsschwankungen in objectiver Weise darzustellen. Endlich aber scheint mir nicht ausgeschlossen, dass derartige Versuche über die Geschwindigkeit des Blutstromes auch am lebenden Thiere angestellt werden können, indem man den Apparat in den Blutstrom einer Arterie oder Vene einschaltet, nachdem vorher das Blut des Thieres durch Blutegelextract ungerinnbar gemacht worden ist. Da die Circulationswage keinerlei Widerstand dem Strome bietet, und da die Pulsschwankung und der Druck sich durch dieselbe fortzusetzen vermögen, so wird durch den Apparat an sich der Strom nicht wesentlich verändert werden und es können vielleicht gröbere Schwankungen in der Menge des durchfliessenden Blutes auf diese Weise nachgewiesen werden. Ich hoffe nach den verschiedenen Richtungen demnächst Versuche anstellen und ihre Resultate mittheilen zu können.
