

Selbstthätige Blutgaspumpe.

Von

A. Kossel und A. Raps.

(Der Redaction zugegangen am 15. Februar 1893.)

Die in dieser Abhandlung beschriebene Blutgaspumpe unterscheidet sich von den bisher für denselben Zweck construirten Apparaten dadurch, dass die Auspumpung selbstthätig erfolgt.¹⁾ Eine Ueberwachung dieses Theils der Operationen durch den Experimentator ist also überflüssig.

Das Princip, auf welchem die selbstthätige Bewegung des Quecksilbers beruht, ist von dem einen von uns, A. Raps, erfunden und vor zwei Jahren in den Annalen der Physik und Chemie mitgetheilt worden²⁾. Die auf diesem Princip beruhende Quecksilberpumpe hat in grossem Maassstab Eingang in die Technik gefunden und dadurch ist es möglich geworden, die automatischen Theile so vollkommen zu gestalten, dass ihre Handhabung eine sehr sichere und bequeme ist.

Obwohl das automatische Getriebe mit dem früher beschriebenen (A. Raps l. c.) vollkommen übereinstimmt, geben wir doch eine erneute kurze Darstellung desselben, um eine Uebersicht über die ganze Blutgaspumpe möglich zu machen.

¹⁾ H. Kronecker (Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1889, S. 280) und G. Hüfner (Ann. der Physik u. Chemie, N. F. I, S. 256, 1877) haben Pumpen beschrieben, bei welchen das Heben des Quecksilbers schon wesentlich erleichtert ist. Jedoch muss der Experimentator beständig zugegen sein.

²⁾ Ann. Phys. Chem. N. F. XLIII, S. 629, 1891. — Zeitschrift für Instrumentenkunde 1891, S. 256.

Betreffs mancher Einzelheiten verweisen wir auf die früheren Beschreibungen des einen von uns.

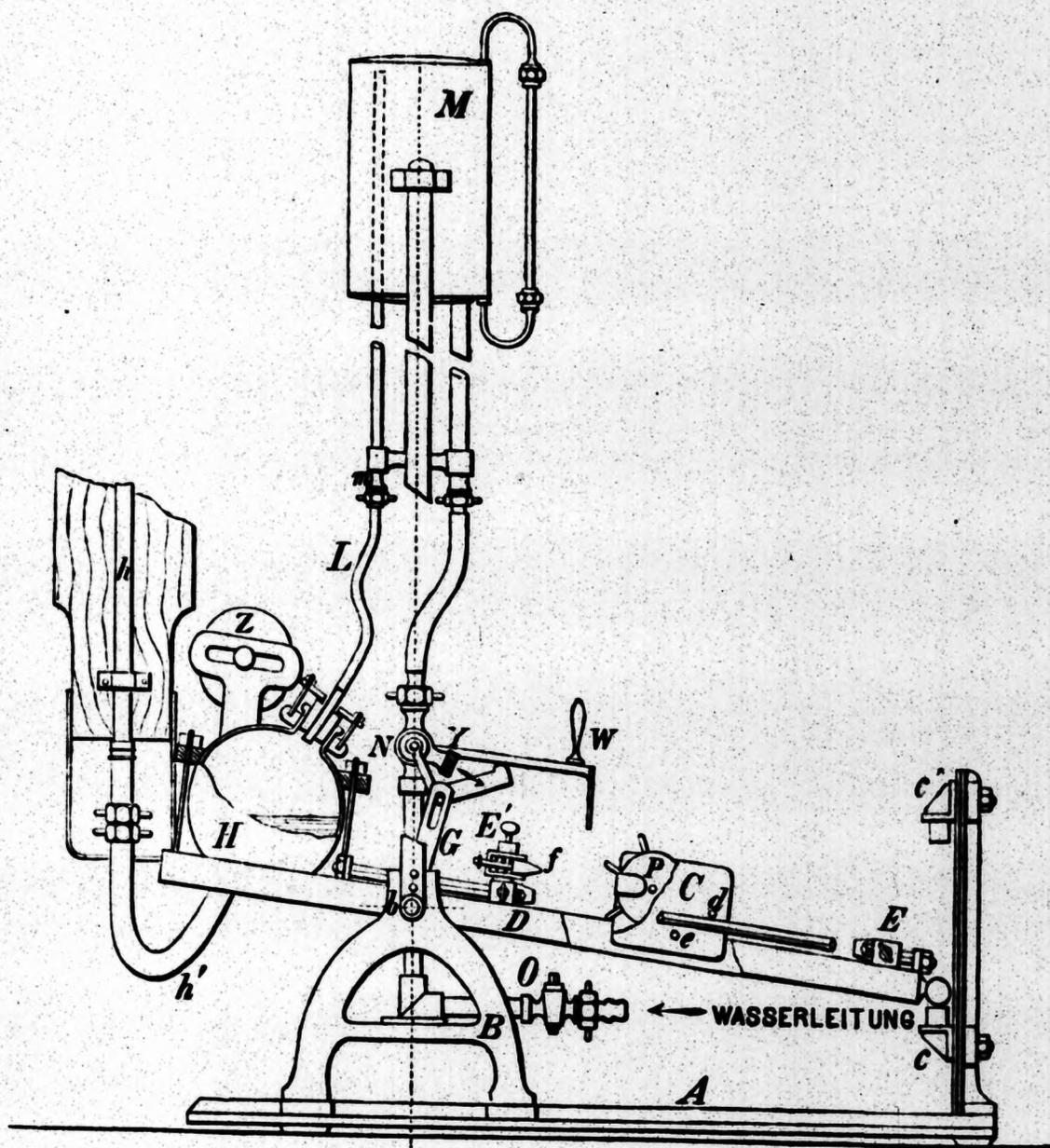


Fig. 1.

Dieser Theil der Pumpe ist in Fig. 1 dargestellt. Die Glaskugel H ist durch biegsame Schläuche mit der Pumpe, andererseits mit dem Windkessel M durch Vermittlung eines im oberen Theile desselben mündenden Rohres L in Verbindung. Die Glaskugel kann das Quecksilber aus der Pumpe in sich aufnehmen. In dem Boden des Windkessels mündet noch ein zweites Rohr, welches durch einen eigenthümlich construirten Dreiweghahn N entweder Druckwasser aus der Wasserleitung zuströmen oder das in den Windkessel eingetretene Wasser ausströmen lässt. Ein Glasrohr zeigt den Stand des Wassers im Windkessel an.

Bei der ersten Stellung des Dreiwegehahns N bewirkt das Druckwasser, welches durch das Rohr O zuströmt, eine Verdichtung der Luft im Windkessel und treibt das Quecksilber aus der Glaskugel H in die Pumpe. Bei der zweiten Stellung des Hahns fließt das Wasser durch einen an das Ansatzstück Y angefügten Schlauch aus dem Windkessel heraus. Der auf dem Quecksilber lastende Druck lässt nach und das Quecksilber fällt durch seine eigene Schwere aus der Pumpe in die Kugel H zurück. Man ist also im Stande, durch Drehung des Hahnes N das Quecksilber entweder in die Pumpe einströmen oder aus derselben austreten zu lassen.

Die Stellungen dieses Hahns werden nun durch folgende selbstthätige Vorrichtung verändert. Die Glaskugel H ruht auf der einen Seite einer aus einem Rahmen bestehenden Wippe D, deren andere Seite durch ein Laufgewicht C beschwert ist. Die Wippe wird in zwei Spitzenlagern getragen von dem Bock B, welcher sich auf dem eisernen Rahmen A erhebt. Die Bewegungen der Wippe werden durch zwei Gummipuffer c und c', der Lauf des Gewichtes durch zwei verstellbare Anschläge E und E' begrenzt. Wenn das Quecksilber bis zu einem bestimmten Niveau gesunken ist und die Hohlkugel bis zu einem bestimmten Gewicht beschwert hat, so ist das beim Anschlag E befindliche Laufgewicht C nicht mehr im Stande, der Kugel das Gleichgewicht zu halten. Die Wippe kippt nach der Seite der Kugel H über, zugleich bewegt sich das Laufgewicht nach E' zu. In diesem Moment wird durch den an der Wippe befestigten Hebel G der Dreiwegehahn N in eine solche Stellung gebracht, dass nunmehr Druckwasser in den Windkessel eintritt, die Luft zusammendrückt und die Austreibung des Quecksilbers aus der Hohlkugel H bewirkt. Das Quecksilber steigt also in die Pumpe hinein und das Gewicht der Hohlkugel vermindert sich soweit, dass die Wippe nach einiger Zeit in die frühere Lage zurückfällt, dann bewegt sich das Laufgewicht wieder nach E zu. In demselben Augenblick verändert auch der Hebel G seine Stellung und bringt eine Drehung des Dreiwegehahns N hervor. Infolge dessen wird jetzt die Verbindung der Druckwasserleitung mit dem Windkessel aufgehoben und das Abflussrohr

mit dem Windkessel in Verbindung gesetzt. Indem das Wasser aus dem Windkessel abfließt, strömt das Quecksilber in die Hohlkugel zurück, bis zu dem Zeitpunkt, wo das Gewicht dieser Hohlkugel die Wippe wieder zum Ueberkippen bringt. Durch Verschieben des Anschlags E kann man die Öffnungsdauer des Dreiwegehahns N und somit auch die Höhe bis zu der das Quecksilber in die Pumpe hineingetrieben wird, beeinflussen.

Folgende Momente wirken zusammen, um ein Stillstehen der Wippe in einer mittleren Stellung unmöglich zu machen.

1) Die an den Hebelarmen wirkenden Gewichte sind sehr gross, sodass die Reibung ihnen gegenüber wenig zur Geltung kommt; auch erleichtert das über der Wippe angebrachte feste Gewicht O das Umkippen, weil es das Gleichgewicht der Wippe und aller mit ihr verbundenen festen Theile zu einem labilen macht.

2) Während die Kugel H sich hebt, fliesst in Folge der Hebung des Quecksilberniveaus in H noch andauernd Quecksilber aus, ebenso strömt auch während des Sinkens von H Quecksilber hinein.

An diesen Automaten ist nun die eigentliche Blutgaspumpe (Fig. 2) angefügt. Dieselbe ist mit Benutzung des Töpler'schen Princip's hahnlos construirt. Unser Streben musste dahin gerichtet sein, den Widerstand, der sich beim Durchdrücken der Gase durch das Röhrensystem bot, möglichst gering zu machen und auf diese Weise die Zeitdauer der Austreibung möglichst zu verkürzen.

Dies kann nur dadurch geschehen, dass das Gas in einem Raum S gesammelt wird, in welchem ein absolutes Vacuum oder wenigstens ein sehr geringer Druck vorhanden ist. Ausserdem wird die ganze Pumpe dadurch vorbereitet, dass durch eine an s'' angefügte Wasserstrahlpumpe der ganze Raum so weit als möglich evacuirt wird. Wir benutzten eine Körting'sche Wasserstrahlpumpe, welche den ganzen etwa 6 Liter betragenden Inhalt der Pumpe in 2 1/2 Minuten bis auf die Tension des Wasserdampfes entleerte.

Die Bewegung des Quecksilbers wird durch folgende Vorrichtungen geregelt.

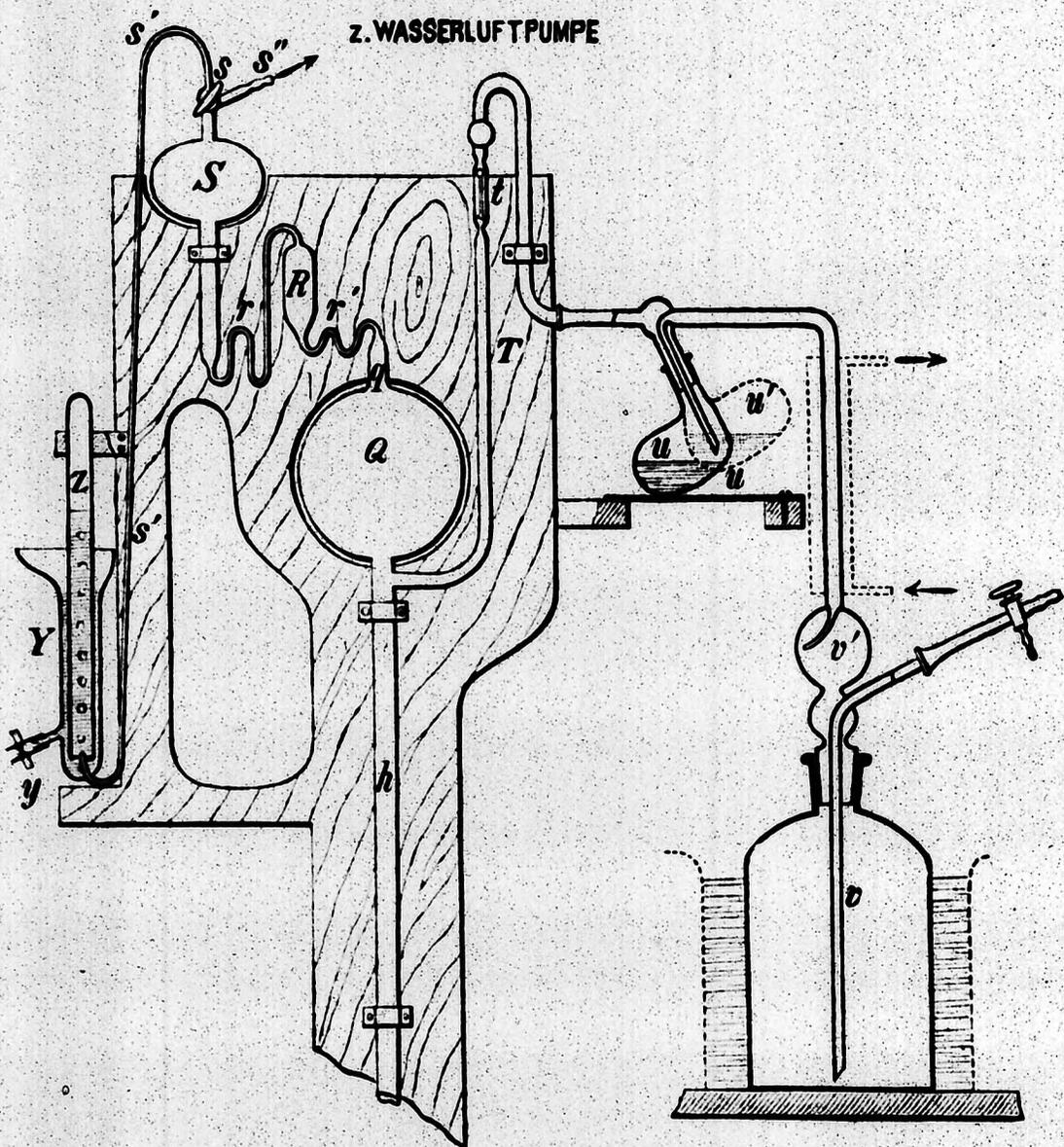


Fig. 2.

Zur Aufnahme des Quecksilbers dient die Pumpenkugel Q, welche durch das Rohr h und den Gummischlauch h' mit der Kugel H (s. Fig. 1) in Verbindung steht. Die Kugel ist durch den Ansatz q verbunden mit den gebogenen Röhren r r', welche nach dem Princip von Toepler einen Abschluss bewirken können. Andererseits zweigt sich von dem Rohr h das aufsteigende Rohr T ab, welches zur Waschflasche U und den Räumen v und v' führt. Indem das Quecksilber beim Ansteigen die Pumpenkugel Q erfüllt, verdrängt es die Luft aus dieser, gleichzeitig steigt es in dem Rohr T auf, indem es die Verbindung zwischen T und Q aufhebt. Einem etwaigen Uebersteigen wird

ein Ziel gesetzt durch das Glasventil t . Andererseits erfüllt das Quecksilber die Räume r' , R , r und schiebt die Luft vor sich her, bis es in die Kugel S eintritt. Diese Kugel ist durch einen Dreiwegehahn s verschlossen, welcher einerseits den Weg s'' nach der Wasserstrahlpumpe öffnet, andererseits das Barometerrohr s' mit der Kugel S in Verbindung setzt. Das Rohr s' mündet im Boden eines Quecksilberbehälters Y , in welchen das mit Quecksilber gefüllte Absorptionsrohr Z eingesenkt wird.

Das in die Kugel S eintretende Quecksilber kann also die in S enthaltene Luft bei der ersten Stellung des Hahns s' in das Absorptionsrohr Z oder bei anderer Stellung des Hahns durch das Rohr s'' aus dem Apparat her austreiben. Wenn es sich nur um das Austreiben der atmosphärischen Luft aus der Pumpe handelt, bleibt die Verbindung von s mit s'' zunächst offen und die in s eingetretene Luft wird durch die Wasserstrahlpumpe abgesaugt.

Die Momente an der Wippe sind so bemessen, dass dieselbe umschlägt, sobald das Quecksilber in die Kugel S einzutreten beginnt, dann sinkt das Quecksilber wieder zurück. Der Quecksilberfaden reißt nun an zwei Stellen ab, in r und in r' . Es bildet sich also in den Räumen R' und Q ein absolutes Vacuum, während in S in Folge der Wirkung der Wasserstrahlpumpe die Tension des Wasserdampfes herrscht. Sobald das Quecksilber in dem Rohr T bis zur Mündung von T in h gesunken ist, strömt aus den hinter dem Ventil gelegenen Theilen U , v , v' Luft in die Pumpenkugel Q , unmittelbar darauf beginnt das Quecksilber wieder zu steigen und die Luft wird aus Q in den Raum S übergeführt. Jetzt dringt das Quecksilber wieder bis zur Mündung des Rohres r in S vor, dann sinkt es und das Spiel wiederholt sich.

Nachdem die grösste Menge der Luft fortgeschafft ist, setzt man noch eine Vorrichtung in Thätigkeit, die zur Beschleunigung des Auspumpens dient. Diese Vorrichtung bewirkt, dass nicht jedes bei einmaligem Heben des Quecksilbers gewonnene Luftbläschen für sich den Weg in die Kugel S zurückzulegen braucht. Vielmehr werden die Bläschen zunächst in R aufgefangen und nur die bei sechs

Hüben gesammelte Luft wird von R nach S befördert. Zu diesem Zweck ist das Laufgewicht C mit einem Rädchen P versehen, an welchem sich eine Aussparung befindet, die bei einer gewissen Stellung des Rädchens P in einen an dem Anschläge E' befestigten hölzernen Zapfen f einfällt. Die Momente an der Wippe sind so gewählt, dass in diesem Falle die Öffnungsdauer des Hahns N (nach der Druckwasserleitung zu) lang genug ist, um ein Ansteigen des Quecksilbers bis zu dem Eingang in die Kugel S zu ermöglichen. Wenn hingegen bei einer andern Stellung des Rädchens P der Zapfen f gegen die Peripherie des Rädchens anstößt, so kann das Laufgewicht C nicht so nahe an die Achse der Wippe heranrücken als im ersten Fall. Die Öffnungsdauer des Hahns N ist jetzt eine kürzere und das Quecksilber treibt die Luft nur bis in den Raum R.

Zu Beginn der Auspumpung bleibt das Rädchen in der ersten Stellung und jede Luftblase wird für sich in den Raum S übergetrieben. Sobald die entleerten Luftblasen nur noch sehr gering sind, klappt man den in der Nähe des Hahns N angebrachten Hebel W herunter. Jetzt kann auch die Wasserluftpumpe abgestellt werden. Bei jeder achsenwärts gerichteten Bewegung des Laufgewichts schlägt einer der sechs Zapfen des Rädchens P gegen den Hebel W und es erfolgt eine Drehung des Rädchens um ein Sechstel des Kreises. Bei je fünf Stellungen des Rädchens stößt der Zapfen f gegen die Peripherie, bei jeder sechsten Bewegung des Laufgewichts fällt er in die Aussparung und nun erfolgt ein Uebersteigen der gesammelten Luftbläschen aus R nach S.

Sobald die Luft aus der Pumpe völlig entfernt ist, schafft man in dem Raum S ein absolutes Vacuum, indem man den Hahn s so dreht, dass die Verbindung von S nach s' geöffnet, die nach s'' geschlossen ist und nun die in S enthaltene Luft durch die Barometerröhre s' völlig hinaus treibt. Man kann dies leicht bewirken, indem man mit dem Fuss den die Kugel H tragenden Theil der Wippe niederdrückt, oder durch ein untergeschobenes Brett festhält; dann wird die Wippe am Umkippen verhindert und das

Quecksilber steigt so lange bis die Wippe losgelassen wird.¹⁾ Sobald die Luft aus der Kugel S und dem Barometerrohr s' völlig herausbefördert ist, lässt man die Wippe fallen. Beim Zurücksinken des Quecksilbers bildet sich in S ein Vacuum, indem der Quecksilberfaden in dem Rohr s' in Barometerhöhe abreisst.

Nun schliesst man den Hahn s sowohl nach s' wie nach s'' ab, füllt das Gefäss Y mit Quecksilber an und taucht das mit Quecksilber gefüllte Rohr L so in die Wanne Y ein, dass es die aus s'' entleerten Gase aufnehmen kann. Nachdem man das überflüssige Quecksilber aus dem mit Kautschukschlauch und Quetschhahn versehenen Abfluss y herausgelassen hat und S mit s' durch passende Drehung von s in Verbindung gesetzt hat, ist die Pumpe für die Aufnahme des Blutes bereit.

Zu diesem Zweck dient das Gefäss v, welches mit dem Blutgefäss in bekannter Weise (ev. unter Einschaltung eines Geppert'schen Messapparates) in Verbindung gesetzt wird. Wir haben einen flachen Boden gewählt, um eine schnelle Entleerung der Gase aus der dünn ausgebreiteten Blutschicht zu bewirken und einen Einschluss von Gas durch das eingetrocknete Blut möglichst zu vermeiden. (Zur Verhinderung des schnellen Eintrocknens kann auch das Rohr v' mit einem Liebig'schen Kühler umgeben werden). Zum Trocknen der Blutgase dient die Waschflasche U, welche theilweise mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt ist. Zu Anfang befindet sie sich in der Stellung U'. Dann muss das Gas durch die Schwefelsäure hindurchstreichen. Sobald in Folge der Entleerung der Gase der Druckunterschied der verschiedenen Theile des Apparates so gering geworden ist, das beim Sinken

¹⁾ Es ist zweckmässig, während dieser Manipulation den Zufluss des Druckwassers zu unterbrechen, wenn das Wasser bis zum oberen Ende des Wasserstandrohres im Windkessel M gestiegen ist, um ein Uebersteigen des Wassers aus dem Cylinder M in den Ballon H unmöglich zu machen. Der Druck der in M comprimierten Luft genügt dann auch ohne fortdauerndes Nachströmen von Wasser, um das Quecksilber bis zum Hahn s hinaufzutreiben.

des Quecksilbers keine Blasen mehr durch die Schwefelsäure hindurchstreichen, dreht man das Gefäss in die Lage U. Dann streicht die Luft an der Oberfläche der concentrirten Schwefelsäure vorbei. Jetzt ist das Blut auch schon soweit eingetrocknet, dass nur noch eine geringe Menge Wasser vorhanden ist, deren Absorption keine Schwierigkeiten bereitet. Die Ueberführung der Blutgase in den Raum S und aus diesem in das Rohr Z wird in der oben beschriebenen Weise bewirkt.

Ein bedeutender Vortheil der selbstthätigen Einrichtung ist der, dass die Räume v und v' sehr gross gemacht werden können, ohne dass die Mühe des Experimentators dadurch vermehrt wird. Die Entleerung nimmt in diesem Falle nur eine längere Zeit in Anspruch. Durch die Vergrösserung der Räume wird nicht nur eine schnellere Entleerung der Blutgase bewirkt, sondern auch die Gefahr des Ueberschäumens herabgesetzt ¹⁾.

Physikalisches Institut und chemische Abtheilung des
physiologischen Instituts in Berlin.

¹⁾ Der Preis dieser Blutgaspumpe ist noch nicht genau festgestellt worden, er wird, mit allem Zubehör, ungefähr 400 Mark betragen.

