110
2

Ueber die

in Folge mechanischer Atmungshindernisse eintretenden Veränderungen in den Atembewegungen.

Inaugural-Dissertation

der

medizinischen Fakultät zu Königsberg i. Pr.

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

vorgelegt und öffentlich verteidigt

am **März 1888, Mittags 12 Uhr,**

von

Albert Seelig,

prakt. Arzt.

DONO R. ACCADEMIA MEDICA

Opponenten:

Max Levy, cand. med.

Bernhard Weiss, cand. med.

BIBLIOTECA

Druck von A. Hensgrand's Nachfolger.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn

Prof. Dr. O. Langendorff

in Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Schon lange ist von Klinikern und Experimentatoren die Beobachtung gemacht, dass Verengerungen und Verschliessungen der Atemwege eine Vertiefung und Verlangsamung der Respiration herbeiführen. Während sich nun die Vertiefung teils aus der zur Ueberwindung des Hindernisses in vermehrtem Masse aufzuwendenden Atemanstrengung, teils aus der dyspnoischen Beschaffenheit des Blutes erklärt, sind die Ursachen der Atemverlangsamung nicht aufgeklärt.

Da ich nun in der Litteratur nur einige mehr oder minder annehmbare Meinungen, aber sehr wenige und zum Teil nicht einwurfsfreie Versuche — über die ich im Laufe der Arbeit berichten werde — gefunden habe, so habe ich auf Anregung und mit Unterstützung des Herrn Professor Langendorff eine Reihe von Untersuchungen am Kaninchen gemacht, die bereits früher mitgeteilt sind[1]). Nach Erscheinen dieser Arbeit hat Knoll[2]) Untersuchungen publiziert, in denen er besonders einen Teil unserer Resultate angreift, ich werde mir erlauben im letzten Teil meiner Arbeit Knolls Publikation zu besprechen, während ich weitere experimentelle Belege für meine Resultate in einer späteren Untersuchung zu geben beabsichtige.

Jetzt erlaube ich mir im Nachfolgenden meine Untersuchungen mitzuteilen, die — wie ich glaube — exakte, die Frage aufklärende Resultate geliefert haben.

Die erste Versuchsreihe wurde angestellt, um die Erscheinungen nach vollständigem Verschlusse der Atemwege zu beobachten, die Versuchsanordnung war folgende:

Ein Kaninchen wurde sehr tief mit Chloral narkotisiert, so dass jeder Willenseinfluss aufgehoben war, sodann tracheotomiert, die Aufzeichnung der Atmung geschah durch eine Knoll'sche Mediastinalcanüle oder durch eine in die Speiseröhre eingeführte weite Metallsonde, die mit einer Zeichentrommel verbunden war. Ein Doppelsekundenmagnet und ein Signalschreiber kontrolierten die

[1]) Pfluegers Archiv Bd. 39. 1886.

[2]) Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation. Sitzungsbericht der Kaiserl. Akademie. Bd. XCV. Abteilung III 1887.

Umdrehungsgeschwindigkeit des berussten Cylinders und markierten die Versuchseingriffe unter der Atmungscurve. An der Trachealkanüle befand sich ein kurzes Stück Gummischlauch, das momentan durch einen Quetschhahn verschlossen werden konnte.

In zahlreichen Versuchen hat die Abklemmung des Trachealschlauches jedes Mal eine Herabsetzung der Atmungszahl zur Folge. Die eintretende Frequenzverminderung konnte so beträchtlich sein, dass die während des Verschlusses erfolgenden Atmungen nicht einmal die Hälfte der Normalzahl ereichten. Beispiele hierfür finden sich in den später aufzuführenden Versuchen. Ueber die Atemvertiefungen gaben die Aufzeichnungen keinen verwertbaren Aufschluss; man sieht zwar deutlich an den Kurven die Atmungstiefe während des Verschlusses wachsen, aber dieses würde auch der Fall sein, wenn gar keine Zunahme der Tiefe stattgefunden hätte, da ja der intrathoracale Druck, den wir hier aufzeichnen, bei Verschliessung des Lungenzuganges — selbst bei völlig normal bleibender Atemanstrengung — stärkere Schwankungen zeigen muss als bei offnen Luftwegen. Indessen war in der Tat, wie schon der blosse Anblick lehrte, eine hochgradige Atemvertiefung verhanden.

Eine zweite Versuchsreihe beschäftigte sich damit, festzustellen, in welcher Weise eine Verengerung der Luftwege auf die Respiration wirke. Es wurde hierzu ein Verfahren angewandt, das ähnlich dem von Riegel[1]) angegebenen ist. Es wurde nämlich dem Kaninchen in die Trachea eine zweischenklige Glaskanüle eingebunden, deren einer Schenkel kurz und weit mit einem verschliessbaren Schlauchstückchen verbunden war, während der andere unter einem spitzen Winkel sich ansetzende Schenkel eine sehr enge Lichtung (0,5 oder 1,25 mm) besass. Wurde das weite Rohr verschlossen, so war das Tier gezwungen, durch das enge zu athmen. Die Aufzeichnung der Atmung geschah wieder vom Oesophagus aus.

Der Erfolg der Verengerung der Atemwege war in

[1]) Ziemssens Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie. Bd. IV. 2. Hälfte, Seite 217.

allen Versuchen derselbe, nämlich eine Verlangsamung der Atmung, jedoch erreichte dieselbe nie so hohe Werte wie bei völligem Verschlusse der Atemwege. In einem Falle sank die Atemfrequenz von 4,5—4,75 Atmungen in der Zeiteinheit (1 cm Papierlänge) auf 2,75—3,0, in einem andern von 14 auf 8, von 15 auf 8,5 (in 2 cm Papierlänge), von 8—9 auf 5—5,5 (in 1,5 cm), von 7 auf 4 (in 1 cm). — Die halbe Atmungszahl wurde jedoch niemals erreicht.

Bei den angestellten Versuchen fiel es auf, dass auf den Erfolg der Verschliessung resp. der Verengerung der Atemwege, sowie er sich in der Verminderung der Atemzahl zeigt, die Atemphase, in der der Verschluss eingeführt oder das Hindernis eingeschaltet wird, von grosser Bedeutung ist. Es zeigte sich nämlich, dass die Wirkung der Verschliessung resp. Verengerung der Atemwege am geringsten war nach Beendigung der Exspiration, am stärksten auf der Höhe der Inspiration. In letzterem Falle trat übrigens stets sofort nach der Verschliessung eine langdauernde Pause auf[1]), die bei den unten mitgeteilten Vergleichszählungen, da sie die Resultate zu sehr beeinflussen würde, nicht mit gerechnet ist.

Die eben mitgeteilten Beobachtungen habe ich mich durch eine Reihe besonderer Versuche festzustellen bemüht. Eine Versuchsreihe, bei der die vollständige Verschliessung der Trachea in den verschiedenen Atmungsphasen ausgeführt wurde, diene als Beispiel: Die Atmungszahl ohne Abklemmung ist = 10 gesetzt, dann beträgt in 10 Einzelversuchen die Atemfrequenz während der Abklemmung:

Bei inspiratorischem Verschluss	Bei exspiratorischem Verschluss
6,1	7,2
5,3	6,8
4,2	7,5
5,4	6,7
	7,5
	8,0
Mittel = 5,25	Mittel = 7,28

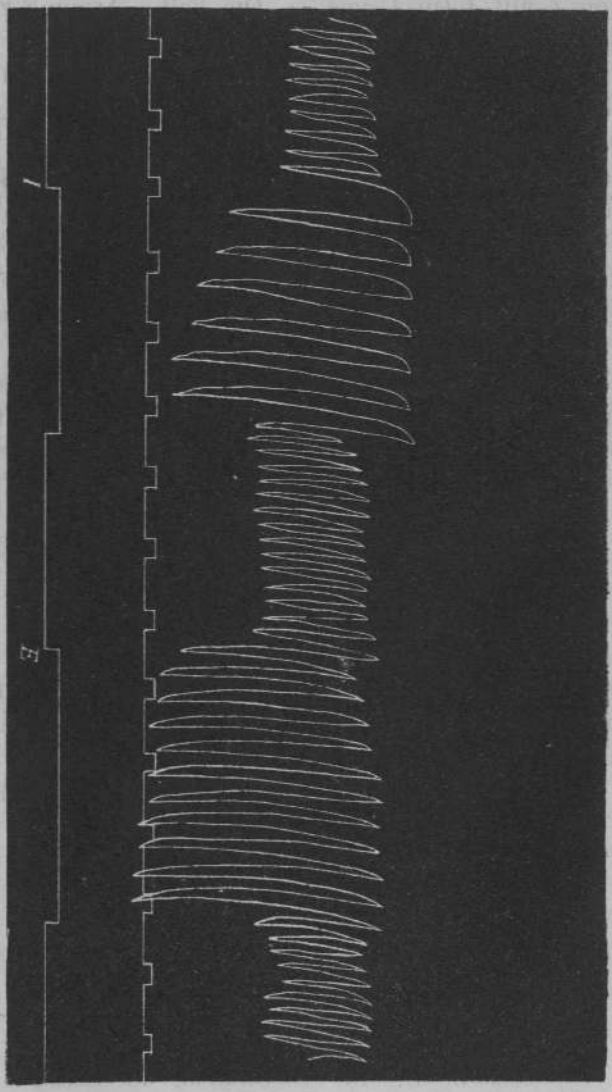
[1]) Siehe Breuer, Die Selbststeuerung der Atmung u. s. w. Sitzb. der Wiener Akademie, LVIII. Bd. 1868.

oder procentarisch ausgedrückt:

Bei inspiratorischem Verschluss (Mittel) = 47,5pCt.

Bei exspiratorischem Verschluss (Mittel) = 27,2pCt.

Figur 1 möge einen andern Versuch dieser Art graphisch erläutern.



Figur 1.

Mittelgrosse Kaninchen. Chloralhydrat. Knoll'sche Mediastinalkanüle.
Bei I inspiratorische, bei E exspiratorische Verschliessung der Luftröhre.
Zeitmarken = 5″.

Auch bei nicht vollständigem Verschluss der Atemwege zeigt sich ein Unterschied der Erfolge in- und exspiratorischer Verschliessung. Natürlich ist der Unterschied um so kleiner, je geringer der Grad der Verengerung ist. Hierfür mögen folgende beiden Beispiele genügen:

1. Atemfrequenz vor der Verengerung = 10
   - - während der Verengerung { Exspir. = 7,5 / Inspir. = 6,7
2. Atemfrequenz vor der Verengerung = 10
   - - während der Verengerung { Exspir. = 6,3 / Inspir. = 6,1

Nachdem nun festgestellt ist, dass Verschliessung resp. Verengerung der Atemwege eine Verlangsamung bedingt, fragt es sich, ob bei den angeführten Versuchen die Verlangsamung auf einem Einatmungs- und Ausatmungshindernisse, oder nur auf dem einen oder dem andern beruht.

Marey[1]) hat nach dieser Richtung hin Versuche am Menschen angestellt. Durch eine eigentümliche Ventileinrichtung konnte er beliebig die Einatmung oder die Ausatmung erschweren. In beiden Fällen sah Marey die Atmung langsamer werden und zwar war diejenige Atemphase verlängert, für die das Hindernis bestand: bei exspiratorischen Hindernissen zog sich die Ausatmung, bei inspiratorischen die Einatmung in die Länge. — Für uns können diese Versuche, die jedenfalls höchst exakt angestellt und beobachtet sind, insofern keine besondere Bedeutung haben, als Marey zu seinen Versuchen Menschen benutzte, die willkürlich ihre Atmung den veränderten Bedingungen anpassen konnten, während es uns darauf ankam, einen Mechanismus zu studieren, der selbsttätig auf die Einschaltung von Atmungshindernissen reagiert. Um dieses letztere zu erreichen, haben wir auch hier ausschliesslich gut narkotisierte Kaninchen benutzt.

Zur Einschaltung von phasischen Hindernissen, das heisst solcher, die nur eine Atmungsphase, Exspiration

[1]) Marey: La methode graphique 1878 p. 553.

oder Inspiration beschränken, benutzten wir folgende Anordnung:

Die Trachealkanüle eines Tieres ist mit einer dreizinkigen Metallröhre in Verbindung, deren mittelster Schenkel a mit einem kurzen Schlauch versehen ist, der schnell verschlossen werden kann. Die beiden andern Schenkel kommunizieren mit zwei kleinen Stehcylindern, die nach Art Müllerscher Ventile hergerichtet und mit Wasser gesperrt sind; das eine b gestattet nur Einatmung, das andere c nur Ausatmung. Der jedes Gefäss schliessende Kork gewährt noch je einer dritten bis auf den Boden reichenden Glaskanüle Durchtritt. Durch eine einfache Anordnung kann vor Anstellung jedes Versuchs jede der zuletzt erwähnten Röhren mit einem gemeinschaftlichen kleinen Wasserreservoir d in Verbindung gesetzt und dadurch je nach der Niveaustellung des Reservoirs die Sperrflüssigkeit der Müllerschen Ventile vermehrt oder verringert werden. Eine an der Aussenfläche beider Stehcylinder angebrachte Teilung lässt ablesen, wie viel Centimeter Wasser der In- oder Exspirationsstrom zu überwinden hat. Auf diese Weise können inspiratorische und exspiratorische Widerstände, jeder für sich oder beide zugleich, um messbare Werte verändert werden. Zum Zwecke der graphischen Darstellung stehen die beiderseitigen freien Atmungsröhren mit einer grossen Luftflasche in Verbindung, die ihrerseits mit einer Mareyschen Zeichentrommel verbunden ist.

In vielen Fällen wurde jedoch auch hier an Stelle der Athmungsflasche die Oesophaguskanüle verwendet.

Bei dem Beginne des Versuchs atmet das Tier unbehindert durch den mittelsten Schenkel der erwähnten Gabelröhre, dann wird dieser geschlossen und das Tier muss durch die Ventile atmen, deren Widerstände leicht beliebig verändert werden können.

Zunächst zeigt sich, dass auch bei Minimalsperrung der Ventile und trotz möglichster Kürze und Weite der Verbindungsstücke die Einschaltung derselben in den Atmungsweg die Respiration verlangsamt: die Frequenz

sank in mehreren Einzelversuchen bei möglichst geringer Wasserhöhe in beiden Flaschen von 5 auf 3 Atmungen in 6 Sekunden.

Wurde nun der exspiratorische Widerstand gesteigert, während der inspiratorische auf seinem Minimalwert blieb, so entstand eine Zunahme der Atemverlangsamung, und zwar war die Frequenz um so geringer, je höher die vor dem Exspirationsstrome zu überwindenden Hindernisse waren; vermehrte man dagegen den Inspirationswiderstand bei Minimalstand des exspiratorischen, so trat nicht nur keine Verlangsamung, sondern in einzelnen Fällen unzweifelhaft eine Frequenzzunahme gegenüber der bei Minimalwiderständen herrschenden Frequenz ein.

Waren endlich beide Widerstände gross, so war die dadurch veranlasste Herabsetzung der Atmungszahl nicht ganz so bedeutend, wie sie bei Einschaltung des gleichen exspiratorischen und bei gleichzeitigem inspiratorischen Minimalwiderstande gewesen war. Endlich ist noch zu erwähnen, dass bei hohem In- und Exspirationswiderstand die Verlangsamung beträchtlicher war, wenn die Einschaltung des Hindernisses während der Inspiration besonders auf der Höhe derselben stattfand, während bei einseitigen Hindernissen ein solcher Unterschied nicht deutlich und konstant zu beobachten war.

Folgende Versuchsbeispiele mögen das Gesagte illustrieren.

Versuch 1.

Ein kleines, schwarzes Kaninchen wird durch Chloral tief narkotisiert, sodann die Trachea in angegebener Weise mit den Müllerschen Ventilen, deren Minimalwiderstand 1—2 ccm H_2O beträgt, verbunden. Die Aufzeichnung der Atmung geschieht durch die Oesophagussonde.

Die Einschaltung der Ventile geschah durch Verschluss des freien Schenkels des gegabelten Trachealrohres und zwar immer in der Exspiration:

Die erste Tabelle giebt die angestellten Versuche in ihrer natürlichen Reihenfolge wieder. Zu jedem Einzelversuche ist aus den, unmittelbar der Einschaltung

vorausgehenden Zeichnungen die Normalfrequenz berechnet und zwar für eine Zeitdauer, die in der Regel der Dauer der Abklemmung nahezu entsprach, so dass also die Zahlen der dritten und vierten Kolumne bedeuten: auf a Atmungen mit Widerstand kommen b Atmungen bei ganz frei gegebener Respiration, die zweite Kolumne enthält die Widerstände. Die Höhe der eingeschalteten Wassersäule ist als Index dem Inspirations- oder Exspirationszeichen (I oder E) beigefügt. Die fünfte Kolumne endlich bringt die für die Normalfrequenz 10 berechneten Widerstandsfrequenzen.

Tabelle I.

No.	Widerstand	Normalfrequenz	Widerstandsfrequenz	Auf 10 Normalatmungen kommen nach Einschaltung der Widerstände
1	I_2 E_2	12,5	7	5,6
2	I_2 E_6	22	5	2,3
3	I_2 E_4	40	10	2,5
4	I_4 E_2	15,5—16	10	6,4—6,2
5	I_6 E_2	16,5	11	6,7
6	I_7 E_4	8,5	6-5,25-4,5-3,25[1])	7,0—3,8
7	$I_{1\cdot6}E_{1\cdot1}$	15	10	6,7
8	I_7 $E_{1\cdot1}$	14	10—11	7,—7,8
9	I_7 E_4	15	10	6,7
10	$I_{1\cdot6}E_4$	20—24	6—8	3,0—3,3
11	$I_{1,6}E_4$	18,5	5	2,7

Die folgende Tabelle stellt die auf 10 Normalatmungen berechneten Atmungen nach Einschaltung der Widerstände zur Uebersicht systematisch zusammen.

[1]) Die Verlangsamung ist progressiv. Abklemmung dauert ca. 75".

Tabelle II.

Widerstände	Auf 10 Normalatmungen kommen nach Einschaltung der Ventile:
$I_{1\cdot6}E_{1\cdot1}$	6,7
I_2 E_2	5,6
I_2 E_4	2,5
$I_{1\cdot6}E_4$	3,0—3,3
$I_{1\cdot6}E_4$	2,7
I_2 E_6	2,3
I_4 E_2	6,2—6,4
I_6 E_2	6,7
I_7 $E_{1\cdot1}$	7,1—7,8
I_7 E_4	3,8—7,0 (successiv)
I_7 E_4	6,7

Die durch die Minimalwiderstände 1,1—2 ccm H_2O an sich schon veränderte Frequenz erleidet somit eine bedeutende Verringerung, wenn einseitig der Ausatmungswiderstand — selbst nur um wenige Centimeter — gesteigert wird. Nimmt dagegen allein der Einatmungswiderstand zu, so ist die Frequenz sogar grösser, wie wenn bei gleichem Exspirationswiderstand der inspiratorische auf dem Minimalwerte verharrt hätte. Diese Frequenzzunahme wird um so deutlicher, je höher der Inspirationswiderstand steigt.

Versuch.

Mittelgrosses, graues, männliches Kaninchen. Tiefe Chloralnarkose-Vorbereitungen wie oben. Anfangswiderstand des Ventils = 3 ccm H_2O. Bei diesem Versuche wurde noch besonders die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, dass die Einschaltung der Widerstände in einer besimmten Atmungsphase, entweder genau während der Exspiration oder der Inspiration stattfand; hierüber giebt eine Kolumne in der folgenden Tabelle Auskunft:

No.	Widerstand	Normal-frequenz	Widerstands-frequenz	Phase der Einschaltung der Widerstände	Auf 10 Normalatmungen kommen nach Einschaltung der Widerstände
1	I_3E_3	10,5	7		6,7
2	I_8E_3	10,25	7		6,8
3	" "	14,75	10	E	6,8
4	" "	7,5	5		6,7
5	" "	7,25	5	I	6,0
6	I_3E_8	9	5	I	5,5 [1])
7	" "	14	7	E	5,0
8	" "	8	4	I	5,0
9	" "	8	4	E	5,0
10	I_8E_8	7,5	5		6,7
11	" "	10	6	I	6,0
12	" "	7	6	E	8,6
13	" "	9—9,5	8	E	8,9
14	" "	3,75	2	I	5,3

Es sei hier besonders auf die letzte Spalte aufmerksam gemacht, welche die auf 10 Normalatmungen berechnete Frequenz angiebt. Man sieht auch hier, wie die durch den von vorneherein gesetzten Widerstand verminderte Atemfrequenz sich nicht ändert, wenn der inspiratorische Teil desselben sich beträchtlich erhöht, dass dagegen eine bedeutende Frequenzverminderung statthat, wenn bei gleichbleibendem inspiratorischen der Ausatmungswiderstand steigt. Endlich ist aus der Tabelle zu ersehen, dass, wenn beide Widerstände wachsen, die Frequenz weniger sinkt, wie wenn der exspiratorische sich allein in demselben Sinne und um denselben Wert geändert hätte, ja dass, wenn die Einschaltung der Widerstände nicht in der inspiratorischen Phase geschah, die Frequenzverminderung geringer sein konnte wie bei Einschaltung der Minimalwiderstände: die Einschaltung des hohen Einatmungswiderstandes muss also sogar beschleunigend gewirkt haben.

Ein ganz ähnliches Ergebnis erhielten wir, wenn wir

[1]) Wird die erste Athmung nach der Abklemmung mit berücksichtigt, so wird dieser Wert zu 5,2.

statt der Wasserventile leichtgehende Klappenventile (nach dem Muster der von Ewald und Kobert[1] angegebenen) verwendeten, bei denen durch Verengerung der mit der Luft communizierenden Oeffnungen In- oder Exspiration in beliebigem Grade erschwert werden konnte. Auch hier setzte Verengerung der Exspirationsöffnung die Atmungszahl herab, während bei Beschränkung des Inspirationsweges die Zahl derselben sich nicht änderte.

Aus allen diesen Versuchen geht hervor, dass, während Ausatmungshindernisse die Atmung beträchtlich zu verlangsamen im Stande sind, Einatmungshindernisse jedenfalls keine Frequenzverminderung, unter Umständen sogar eine Zunahme der Atmungszahl herbeiführen. Daraus folgt, dass, wenn Hindernisse im Atmungsschlauch für beide Phasen bestehen, wie es z. B. der Fall ist, wenn durch ein enges Rohr geatmet wird, nicht, wie vielfach angenommen wird, die Beschränkung der Einatmung, sondern die der Ausatmung es ist, die zu der bekannten, von uns oben genauer studierten Atemverlangsamung führt.

Worauf beruht nun die Verlangsamung? Schon die Thatsache, dass Verengerung oder Verschliessung der Atemwege die Atmung verlangsamt, mehr noch die Erfahrung, dass die Verschliessung auf der Höhe der Einatmung wirksamer ist als die exspiratorische, und dass rein inspiratorische Hindernisse wirkungslos, exspiratorische dagegen sehr wirksam sind, alle diese Ergebnisse machten es wahrscheinlich, dass bei der Entstehung der untersuchten Atemverlangsamung die durch den Versuchseingriff veränderte Spannung des Lungengewebes und die peripherische Ausbreitung der N. vagi in ihm beteiligt sei.

Im Sinne der bekannten Hering-Breuer'schen Experimente liess sich die ganze Erscheinungsreihe bequem erklären, wie sich denn auch schon in der Breuer'schen Ab-

[1]) Ewald und Kobert. Ist die Lunge luftdicht? Pfluegers Archiv Bd. 31. Seite 167.

handlung[1]) Andeutungen dieser Art (wir verweisen besonders auf den Schlussparagraphen derselben) finden, während systematische Versuche, wie wir sie angestellt, gänzlich fehlen.

Es braucht nicht im Einzelnen ausgeführt zu werden, dass gerade diejenigen Bedingungen, unter denen wir die Atmung sich verlangsamen sahen, eine gesteigerte Lungengewebsspannung und dadurch Vaguszerrung herbeiführen mussten. — Nur eines sei hier besonders erwähnt. Es ist klar, dass die Spannung am grössten sein muss, wenn der Trachealverschluss in der Inspirationshöhe, am geringsten, wenn er im Moment tiefster Exspiration stattfindet. Ist nämlich das erstere der Fall, so wird die durch die inspiratorische Aufblähung schon stark gespannte Lunge bei den vergeblichen Aus- und Einatmungsbestrebungen in noch stärkere Spannung geraten müssen. Dass hierbei beide Phasen die Lungenspannung steigern, ist sehr wahrscheinlich, denn, obwohl von der äussern Luft abgeschlossen, muss sich die an sich schon inspiratorisch ausgedehnte Lunge bei einer weiteren Vergrösserung des Thoraxraumes und der dadurch herbeigeführten Verringerung des sie umgebenden Druckes weiterdehnen. — Tritt exspiratorische Verkleinerung des Thoraxraumes ein, so muss in Folge des vergeblichen Verkleinerungsbestrebens der Lunge die Spannung gesteigert werden.

Wird der Trachealverschluss im Momente der tiefsten Exspiration eingeführt, also, wenn die Lunge collabiert ist, so wird natürlich die Gesammtspannung viel geringer sein.

Es ist fernerhin verständlich, dass sich diese Einflüsse nicht in gleichem Masse geltend machen, wenn der Verschluss nur ein teilweiser ist. Es ist auch klar, dass bei erschwerter Inspiration und freigegebener Exspiration keine Vermehrung der Lungenspannung, also auch keine Atmungsverlangsamung eintreten kann. Es kann in diesem Falle sogar eine Entlastung der Lungen eintreten, in Folge deren unter Umständen eine Vermehrung (s. o.) der Atem-

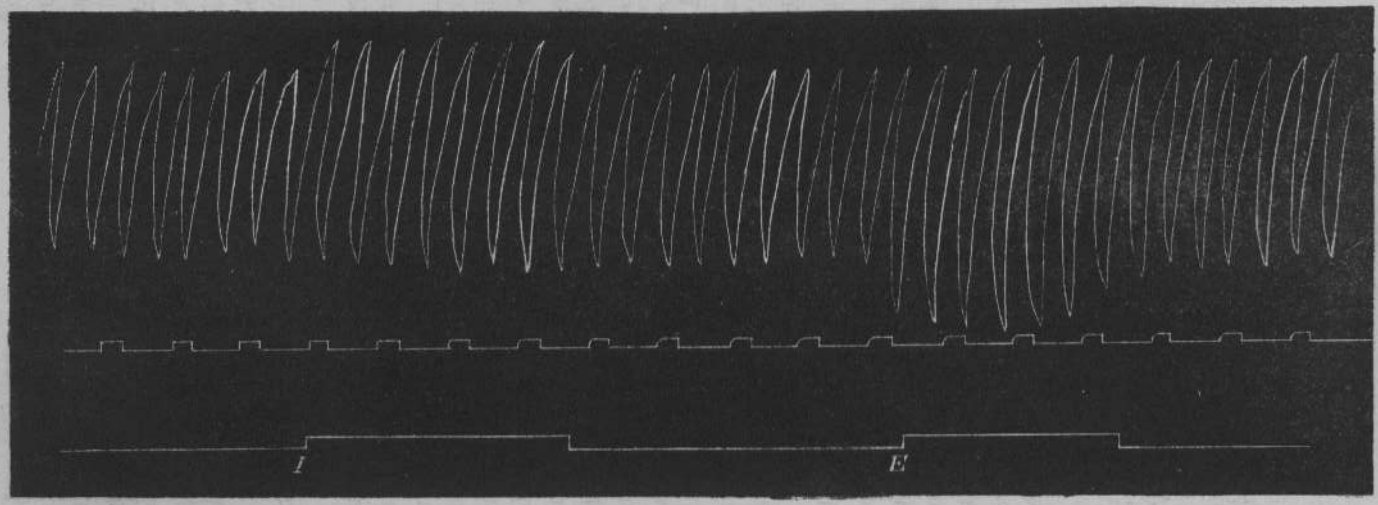
[1]) a. a. O.

frequenz entstehen muss. Sehr hoch muss dagegen die Spannung des Lungengewebes werden, wenn bei unbehinderter Inspiration die Exspiration beschränkt ist (ein Versuch, den bereits Breuer in ähnlicher Weise und mit gleichem Resultate angestellt hat).

Sind die angestellten Ueberlegungen richtig, und beruht also die Verlangsamung auf einer Spannungszunahme und dadurch bedingter Zerrung der Vagusfasern, so muss notwendigerweise die Durchschneidung der vagi die Atemverlangsamung unmöglich machen. Und das ist in der That der Fall, wie es zahlreiche Versuche gelehrt haben. In allen Fällen, in denen die zuerst geschilderten Erscheinungen bei Einschaltung von Widerständen aufgetreten waren, blieben sie nach Vagusdurchschneidung ausnahmslos fort: weder Verschliessung, noch Verengerung, gleichzeitig ob sie exspiratorisch oder inspiratorisch geschah, weder Einschaltung von Einatmungs- noch von Ausatmungshindernissen führte zu irgend einer Aenderung der Atmungszahl.

Wurde nur ein Vagus durchschnitten, so blieb die Verlangsamung nicht vollständig aus, jedoch war sie geringer, wie bei Integrität beider Nerven. So war die Verlangsamung bei Abklemmung der Trachea in einem Falle 4,5 : 10, nach Durchschneidung des einen N. vagus betrug sie nur 6,25 : 10. Doch ist die Veränderung in manchen andern Fällen unbedeutender gewesen und zuweilen fehlte sie ganz; der noch unverletzte Nerv ersetzte den durchschnittenen.

Die in Figur 2 wiedergegebene Kurve entstammt demselben Tier, dessen Verhalten vor der Vagus-Durchschneidung Figur 1 illustrierte. Jetzt sind beide Vagi durchschnitten, weder die inspiratorische noch exspiratorische Verschliessung hat jetzt Erfolg.



Figur 2.
Tier und Versuchsanordnung wie in Fig. 1.
Die Vagi sind durchschnitten.
Bei I inspiratorische, bei E exspiratorische Verschliessung der Luftröhre.
Zeitmarken = 5".

Gegen die Beweiskraft dieser Versuche könnte man vielleicht folgendes einwenden: Die Atemverlangsamung, die der Einschaltung der Hindernisse folge, beruhe nicht auf Vaguszerrung, sondern darauf, dass zur Ueberwindung der Hindernisse mehr Zeit nötig sei als bei den normalen Atmungswiderständen[1]), nach Durchschneidung der Vagi aber sei die eintretende Atemverlangsamung bereits so, dass zur Ueberwindung eines Hindernisses keine weitere Verlangsamung notwendig sei, aus diesem Grunde falle dann die Erscheinung fort. Obgleich diese Ueberlegung schon dadurch unwahrscheinlich wird, dass, wie oben gezeigt ist, inspiratorische Hindernisse die Atmung gar nicht verlangsamen, so wurde doch noch folgender Versuch angestellt. Ein Kaninchen wird durch combinierte Vergiftung mit Chloralhydrat und Morphin in einen Zustand aussergewöhnlich verlangsamter Atmung versetzt. Die Respirationszahl war tief unter die nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung gewöhnlich vorhandene gesunken. Trotzdem wirkte Verschliessung der Atemwege ebenso verlangsamend wie bei Tieren mit normaler Atemfrequenz, und erst nach Durchschneidung der Vagi blieb jede Verlangsamung aus.

Anhangsweise sei hier noch einer Thatsache Erwähnung gethan, welche lehrt, dass schon verhältnismässig kleine und über die normalen Bedingungen nicht hinausgehende Atemhindernisse einen Einfluss auf die Atemfrequenz ausüben.

Wenn ein Tier die normalen Luftwege zur Atmung benutzt, muss notwendigerweise der lange und widerstandsreiche Weg durch die Nase einen Einfluss auf die Atemfrequenz ausüben. In der That zeigt es sich, dass, wenn man ein Kaninchen tracheotomiert, die Atemzahl sich erheblich vermehrt.

Diese von mir beobachtete Thatsache ist auch schon

[1]) Riegel a. a. O. Seite 211.

von andern gesehen worden. Marckwald[1]) teilt mit und belegt es durch Kurven, dass, wenn man einem Kaninchen eine Gadsche Kanüle in die Luftröhre eingelegt hatte, bei Nasenstellung der Kanüle die Respirationsfrequenz geringer war, wie bei freier Kommunikation der Trachea mit der Atmosphäre.

Gewiss würde auch hier jeder Unterschied fortfallen, wenn man vorher beide Vagi durchschnitte.

In einer neueren bereits oben erwähnten Publikation wendet sich Knoll gegen einen Punkt der vorliegenden Arbeit.

Knoll giebt nämlich, ausgehend von theoretischen Erwägungen, experimentellen Erfahrungen und Beobachtungen am Krankenbette an, dass nicht die exspiratorischen, sondern nur die inspiratorischen Hindernisse die Atmung zu verlangsamen imstande sind.

Zunächst erhebt er Bedenken gegen die von uns angewandte Wasserventilmethode. Er rügt daran, dass bei Erhöhung der in- resp. exspiratorischen Widerstände in den Müllerschen Ventilen jedes Mal beide Widerstände verändert werden, und zwar wachse bei Erhöhung des exspiratorischen auch der inspiratorische, und umgekehrt. Das ist richtig, aber die Fehlerquelle ist deshalb gering, weil in demselben Augenblick, in welchem das eine (beabsichtigte) Hindernis durchbrochen wird, notwendiger Weise auch das andere (nicht beabsichtigte) sofort verschwinden muss. Für die darauf folgende Phase kann es somit nicht mehr in Betracht kommen.

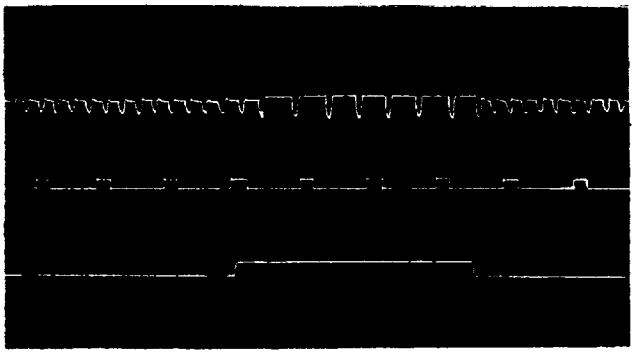
Zudem kann dieser Fehlerquelle eine Bedeutung für die Art der von uns gewonnenen Resultate schon deshalb nicht beigelegt werden, weil dadurch unsere Ergebnisse notwendiger Weise in einem für uns ungünstigem Sinne beeinflusst werden müssten, da, wie oben gezeigt, bei erhöhtem exspiratorischem und gleichzeitig erhöhtem inspiratorischem Widerstande die Verlangsamung nicht so

[1]) Marckwald: Die Atembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen. Zeitschrift für Biologie 1886. Seite 10 und 11.

bedeutend ist als bei einseitig erhöhtem exspiratorischem, und umgekehrt müsste ja, wenn sich zugleich mit erhöhtem Inspirationswiderstand der exspiratorische steigerte, eine Verlangsamung, jedesfalls nie eine Beschleunigung — wie wir sie beobachtet haben — eintreten.

Bei Gelegenheit der Einwürfe gegen die Methode erwähnt Knoll auch, es könne bei Aufzeichnung des intrathorakalen Druckes durch die Oesophagussonde vorkommen, dass der graphische Apparat eine Atembewegung aufzeichne, während das Tier den Widerstand garnicht überwinde. Dieselbe Beobachtung ist auch von uns gemacht, und wir haben deshalb bei Auszählung der Atmungskurven nur diejenigen benutzt, die nach vollständiger Ueberwindung der Atmungshindernisse gezeichnet waren.

Die drei beigefügten Tafeln mögen unsere Behauptungen durch Kurven belegen.

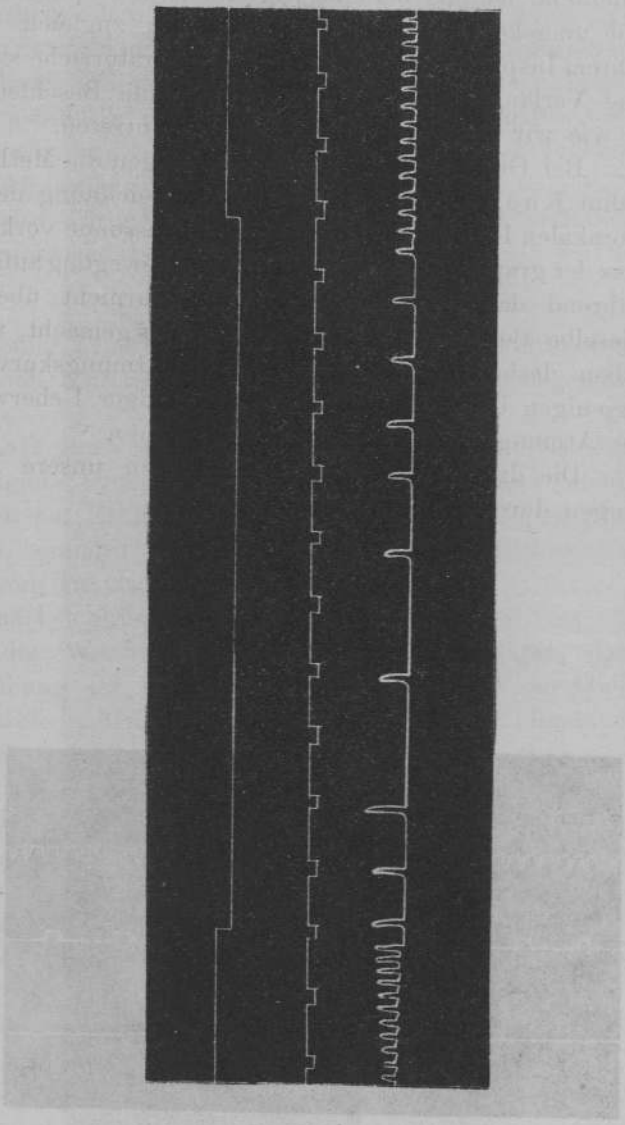


Tafel III.

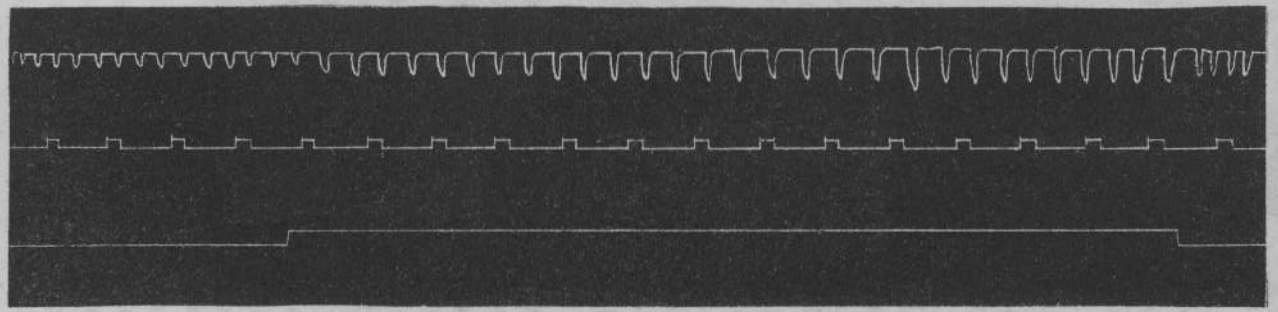
Kleines schwarzes Kaninchen.

Als Widerstand in den Atemorganen: Müllersche Ventile E_2I_2 Wasser.

Zeitmass 5".



Tafel IV.
Tier und Versuchsanordnung wie in Tafel III.
Widerstand I_2E_4.



Tafel V.
Tier und Versuchsanordnung wie in Tafel IV
Widerstand I_7E_{14}.

Uebrigens haben wir selbst die Mängel der Methode nicht verkannt und sind deshalb bestrebt gewesen durch Anwendung eines ganz anderen Prinzips (der Ewald-Kobertschen Ventile) die sich uns aufdrängenden Fragen zu lösen, aber auch diese Ventile erfüllten nicht alle an sie gestellten Forderungen.

Trotz der Bedenken, die Knoll gegen die Verwendung der Müllerschen Ventile vorgebracht hat, hat er selbst mit diesen eine Reihe von Untersuchungen angestellt und ist dabei zu andern Resultaten gelangt als wir. Wir halten es nicht für unmöglich, dass die Abweichung seiner Resultate von den unsrigen darin ihren Grund hat, dass er entweder nicht oder aus zu grosser Aengstlichkeit nicht genügend die Chloralnarkose zu Hilfe genommen hat. Knoll glaubt nämlich, dass durch sehr tiefe Chloralnarkose die Reflexerregbarkeit gefährdet werde. Wir können jodoch in der tiefen Chloralnarkose durchaus keine Beeinträchtigung, sondern vielmehr eine Sicherung der Resultate sehen, da ja dieselbe die Atmungsreflexe, worauf es hier nur ankommt, durchaus nicht aufhebt und die hemmenden sogar steigert. Wenn man z. B. bei einem Kaninchen, dessen Narkose so tief ist, dass der Lidreflex kaum merkbar ist, die Lunge von der Trachea aus aufbläst, so entsteht durch Reizung der hemmenden Vagusfasern ein langdauernder Atmungsstillstand. Es erhellt hieraus, dass die tiefe Chloralnarkose durchaus passend für unsere Versuche ist, in denen es darauf ankam jede willkürliche Regulation auszuschliessen.

Knoll hat auser der Wasserventilmethode noch zwei andere Methoden benutzt, die auch wir in einigen Versuchen anzuwenden versucht haben.

Er hat nämlich statt der Ventile ein Stück frischen Kaninchendarms eingeschaltet, das die Inspiration vollständig hemmen, die Exspiration aber unbehindert lassen soll. — Knoll hat nun nichts über die Länge des von ihm angewandten Darmstückes angegeben, was nach den von uns angestellten Versuchen durchaus von Wichtigkeit wäre; es stellte sich nämlich heraus, dass ein längeres Stück Darm (3 cm) schon ein exspiratorisches Hindernis setzte, und

ein kurzes Stück ($1^1/_2$ cm) zwar kein exspiratorisches Hindernis abgab, bei der Inspiration aber sofort vollständig eingestülpt wurde und dann natürlich für die folgende Exspiration ein Hindernis bot. Abgesehen von diesen Mängeln der Methode, hat dieselbe für uns auch insofern keine Bedeutung, als bei ihr der Inspiration ein unüberwindliches Hindernis entgegengestellt ist, was wir in keinem unserer hierher gehörigen Versuche gethan haben.

Wir halten es durchaus für ausserhalb unserer Versuchsgrenzen liegend, unüberwindliche Hindernisse einzuschalten, und glauben, dass solche Hindernisse höchst wahrscheinlich vollständig andere Bedingungen setzen würden. Unsere Behauptungen dehnen sich nur auf solche Versuche aus, bei denen in die Atemwege noch überwindliche Hindernisse eingeschaltet werden.

Ferner hat Knoll zu seinen Untersuchungen leicht gehende Klappenventile angewandt. Auch wir haben — ausser den bereits oben erwähnten Kobert-Ewaldschen Ventilen — noch Versuche mit leicht gehenden Ventilen angestellt, die auf folgende Weise konstruirt waren.

Eine kleine, 2 cm lange, $^1/_2$ cm weite Glasröhre wurde schräg abgeschnitten und davor ein 150 μ dickes, mit dem Mikrotom geschnittenes Blättchen aus Hollundermark als Ventil durch einen sehr weichen, dünnen Faden an der Glasröhre befestigt. Eine solche Glasröhre wurde in den einen Schenkel einer Y förmigen Kanüle so eingekittet, dass sie als Inspirationsventil, eine zweite in den anderen Schenkel so, dass sie als Exspirationsventil funktionierte. Die Blättchen sind so dünn und leicht, dass das erste Ventil nicht die Inspiration, das andere nicht die Exspiration behinderte. Absolut fest schliessen beide nicht, was ja auch nicht nötig ist. Ueber jeden der beiden Schenkel der Y förmigen Kanüle wurde nun ein Schlauch gezogen, der durch eine Klemme beliebig verengert werden konnte. Aber auch diese Ventile führten zu keinen sicheren Resultaten, da — ein Uebelstand bei allen derartigen Ventilen — das Exspirationsventil in sehr kurzen Zeit durch den feuchten Exspirationsstrom insofern geschädigt wurde, als es sehr bald in Folge seines

festen Haftens an der Glasröhre ein beachtenswertes Exspirationshindernis abgab.

Wir müssen daher für derartige Versuche den Müllerschen Ventilen vorläufig noch immer den Vorzug geben.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass unsere Versuche und Resultate nicht, wie Knoll meint, im Gegensatz zu den Hering-Breuerschen Versuchen und den sich daraus ergebenden theoretischen Voraussetzungen stehen, sondern, wie bereits früher erwähnt, auf denselben fussen und dieselben zum Teil erweitern. Was endlich die Beobachtungen am Krankenbette betrifft, so scheinen uns dieselben in sofern nicht massgebend zu sein, als wir uns keinen Fall denken können, bei dem rein inspiratorische Hindernisse vorhanden sind, es sind vielmehr die inspiratorischen stets mehr oder weniger mit exspiratorischen kombiniert.

Zum Schlusse erlaube ich mir, Herrn Geheimrat Professor Dr. Hermann für die Bereitwilligkeit, mit der er mir die Hilfsmittel des hiesigen physiologischen Institutes, in welchem sämmtliche vorstehenden Versuche angestellt wurden, zur Verfügung stellte, sowie Herrn Professor Dr. Langendorff für die Anregung und Unterstützung, die er mir durch Rat und That hat zuteil werden lassen, hiermit meinen herzlichsten Dank zu sagen.

Thesen.

I.

Der Spray ist bei chirurgischen Operationen überflüssig.

II.

Der Wendung darf die Extraktion nur bei bestimmten Indikationen sofort folgen.

Vita.

Am 9. Juli 1863 bin ich, Albert Seelig, zu Königsberg i. Pr geboren und besuchte das Altstädtische Gymnasium, das ich Ostern 1882 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um mich dem Studium der Medizin zu widmen.

Während meiner Studienzeit weilte ich bis auf mein fünftes Semester, das ich in Tübingen zubrachte, in Königsberg. Am 15. März 1884 bestand ich das tentamen physicum und am 1. März 1888 das Staatsexamen, am 20. März das Examen rigorosum.

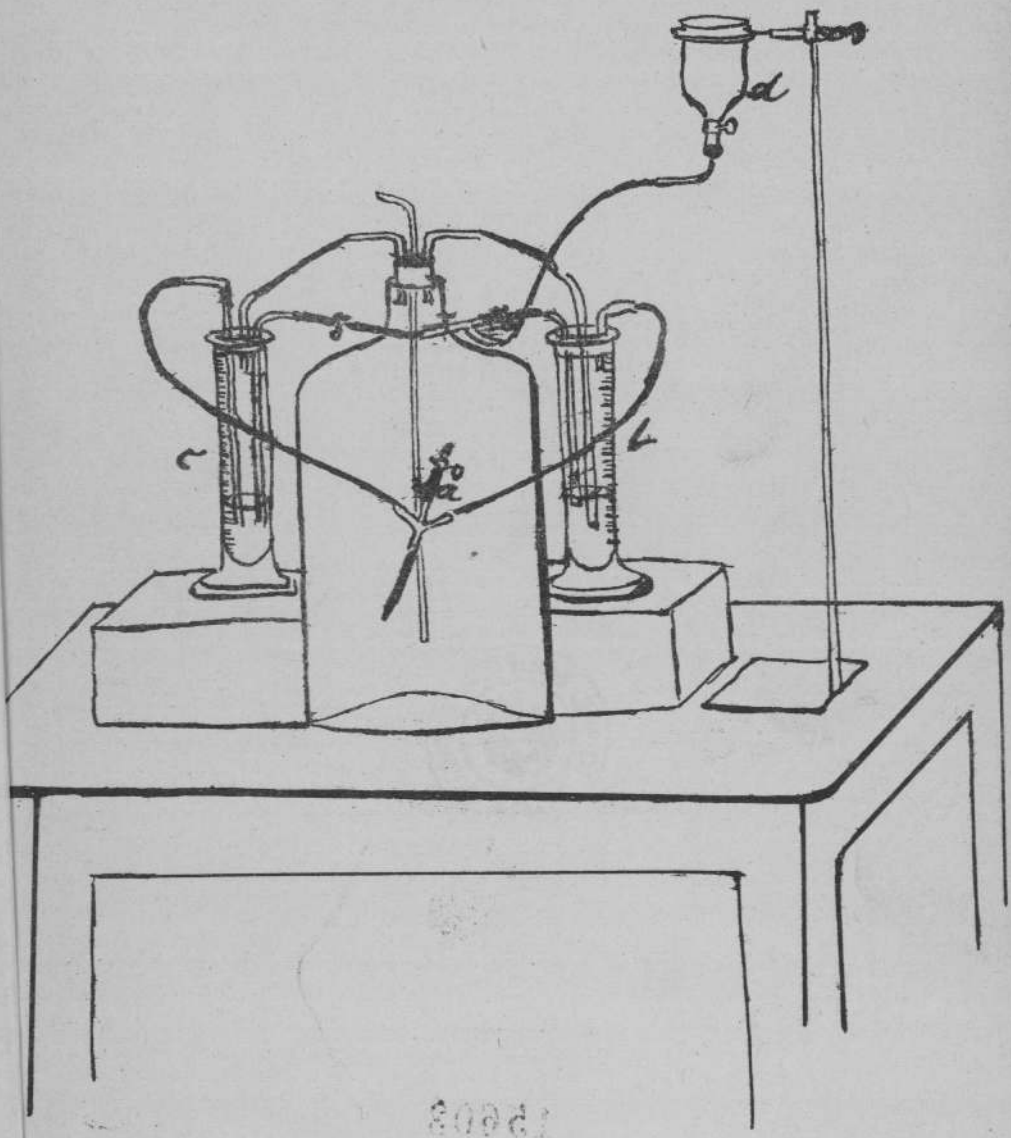
Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen resp. Kliniken und Kurse folgender Herren Professoren und Privatdozenten

in Tübingen: Bruns, v. Liebermeister, Nagel, Vierordt, Wagenhäuser, Ziegler,

in Königsberg: Albrecht, Baumgarten, Beneke†, R. Caspary†, J. Caspary, Chun, Dehio, Dohrn, Elster, Grünhagen, Hertwig, Hirschfeld, Jacobson, Jaffé, Langendorff, Lossen, Meschede, Merkel, Mikulicz, Muenster, Naunyn, Neumann, Pincus, Ritthausen, Samuel, Schneider, Schoenborn, Schreiber, Schwalbe, Seydel, Stelter, Vossius, v. Wittich†, Zander.

Allen diesen meinen verehrten Lehrern spreche ich meinen herzlichsten Dank aus.

15603


d
c
b
a